

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet strojarstva i brodogradnje

DIPLOMSKI RAD

Mentor

dr.sc. Neven Duić

Dragomir Pavković

Zagreb, 2009.

SAŽETAK

Tema ovog rada je određivanje potencijala smanjenja potrošnje energije i korištenja obnovljivih izvora u obrazovnim zgradama.

U prvome dijelu zadatka napravljen je energetska pregled Osnovne škole Davorina Trstenjaka u Zagrebu i predložene mjere povećanja energetske učinkovitosti. U drugome dijelu zadatka napravljena je analiza potrošnje energije u obrazovnom sustavu Republike Hrvatske prema idejama sadržanim u Strategiji energetskeg razvoja Republike Hrvatske te prema vlastitom modelu predviđanja potrošnje.

Iz rezultata su jasno vidljive kako mogućnosti uštede energije u obrazovnom sustavu, tako i neke nelogičnosti u Strategiji energetskeg razvoja Republike Hrvatske.

SUMMARY

This diploma thesis covers the topic of determining the potential for reducing the energy consumption and for introducing renewable energy sources in educational buildings.

In the first part of the diploma thesis an energy audit of Elementary school Davorin Trstenjak in Zagreb has been made and measures for improving energy efficiency have been given. The second part of the thesis contains an analysis of Croatia's educational system's energy consumption. Analysis is based on ideas contained in the Green paper on energy strategy as well as on a personal model for energy consumption forecast.

Based on the results, we can clearly see the possibilities of saving energy in educational system as well as some illogicalities in the Green paper on energy strategy.

Izjava

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno, koristeći znanje stečeno tijekom studija na Fakultetu strojarstva i brodogradnje u Zagrebu, služeći se navedenom literaturom.

Zahvala

Zahvaljujem se mentoru dr.sc. Nevenu Duiću i dipl. ing. Tomislavu Pukšecu na pruženoj prilici, pomoći i savjetima koje su mi davali prilikom izrade ovog rada. Također se zahvaljujem osoblju Osnovne škole Davorina Trstenjaka na susretljivosti, ljubaznosti i pomoći kod prikupljanja podataka o njihovoj školi.

Zahvaljujem se također službi za korisnike ISGE sustava na pruženim savjetima i pristupu ISGE sustavu jer bi bez njihove pomoći izrada ovoga rada bila gotovo nemoguća.

I na kraju, zahvaljujem se Jeleni i svojoj obitelji na podršci koju su mi pružali i razumijevanju za sve moje situacije tijekom studija.

Sadržaj

Popis oznaka.....	1
Popis skraćenica	3
Popis slika	4
Popis tablica	5
1. Uvod	6
2. Metodologija	8
2.1 Metodologija energetskeg pregleda objekta	8
2.1.1. Arhitektonsko stanje zgrade	8
2.1.2 Postojeće stanje toplinskih potrošača u zgradi	8
2.1.3 Postojeće stanje električnih potrošača u zgradi	8
2.1.4 Postojeće stanje sanitarnih čvorova u zgradi.....	9
2.1.5 Potencijalna poboljšanja.....	9
2.1.6 Mogućnosti korištenja obnovljivih izvora energije.....	9
2.1.7 Tehno-ekonomski proračun.....	10
2.2 Metodologija predviđanja potrošnje energije obrazovnog sustava do 2050. godine	11
2.2.1. Model predviđanja potrošnje fonda obrazovnih zgrada	12
2.2.1.1 Broj živorođenih.....	12
2.2.1.2 Broj objekata u fondu obrazovnih zgrada	13
2.2.1.3 Broj učenika u osnovnim školama	14
2.2.1.4 Broj učenika u srednjim školama	14
2.2.1.5 Broj djece u vrtićima	15
2.2.1.6 Broj studenata koji pohađaju visokoobrazovne ustanove	15
2.2.1.7 Oplošje objekata	16
2.2.1.8 Potrošnja topline.....	16
2.2.1.9 Potrošnja električne energije	20
2.2.1.10 Potrošnja vode	23
2.3 Metodologija određivanja emisija CO ₂	24
3. Rezultati	25
3.1 Rezultati energetskeg pregleda objekta.....	25
3.1.1 Stanje školske zgrade	25
3.1.1.1 Arhitektonsko stanje zgrade	25
3.1.1.2 Postojeće stanje toplinskih potrošača u zgradi	26
3.1.1.3 Postojeće stanje električnih potrošača u zgradi.....	27
3.1.1.4 Postojeće stanje sanitarnih čvorova u zgradi.....	28
3.1.2 Pregled računa	29
3.1.3 Potencijalna poboljšanja.....	32
3.1.4 Potrošnja električne energije nakon zamjene rasvjetnih tijela	33
3.1.5 Potrošnja vode nakon ugradnje štedljive armature	33
3.1.6 Tehno-ekonomski proračun isplativosti smanjenja toplinskih gubitaka	33
3.1.6.1 Slučaj kada škola i dalje koristi daljinsko grijanje.....	35
3.1.6.2 Slučaj kada škola prelazi na vlastito grijanje korištenjem kotla na drvene pelete	38
3.1.6.3 Slučaj kada škola prelazi na vlastito grijanje korištenjem toplinske pumpe....	41
3.2 Potrošnja energije u obrazovnom sustavu	44
3.2.1 Potrošnja energije u obrazovnom sustavu prema osnovnom scenariju Strategije energetskeg razvoja Republike Hrvatske	44
3.2.2 Potrošnja energije obrazovnog sustava prema Modelu.....	48
3.2.2.1 Statistička područja Hrvatske	48

3.2.2.2	Informacijski sustav za gospodarenje energijom (ISGE).....	50
3.2.2.3	Broj živorođenih.....	53
3.2.2.4	Broj učenika u osnovnim školama	53
3.2.2.5	Broj učenika u srednjim školama	55
3.2.2.6	Broj djece u dječjim vrtićima	57
3.2.2.7	Broj studenata koji pohađaju visokoobrazovne ustanove	58
3.2.2.8	Potrošnja energije prema tipu objekta	58
3.2.2.8.1	Potrošnja energenata i vode osnovnih škola	59
3.2.2.8.2	Potrošnja energenata i vode srednjih škola	62
3.2.2.8.3	Potrošnja energenata i vode vrtića	65
3.2.2.8.4	Potrošnja energenata i vode visokoobrazovnih ustanova.....	67
3.2.2.9	Povećanje površine u obrazovnom sustavu.....	68
3.2.2.10	Potrošnja energije cjelokupnog obrazovnog sustava	70
3.2.2.10.1	Ukupna potrošnja energije	70
3.2.2.10.2	Potrošnja energije prema vrsti energije.....	72
3.4	Emisije CO ₂ uzrokovane potrošnjom energije obrazovnog sustava	74
3.4.1	Emisije CO ₂ prema Strategiji	74
3.4.2	Emisije CO ₂ prema Modelu	76
4.	Zaključak	80
5.	Literatura	81

Popis oznaka

Oznaka	Jedinica	Opis
$a_{3\text{god}}$	%	koeficijent koji određuje koliko je učenika upisalo trogodišnje programe
$a_{4\text{god}}$	%	koeficijent koji određuje koliko je učenika upisalo četverogodišnje programe
a_i	%	postotak električne energije koji se uštedi zahvatima
a_v	%	postotak vode koji se uštedi zahvatima na objektu
A_{o+i}	m ²	oplošje obnovljenih i izgrađenih objekata
A_{podj}	m ²	oplošje objekata obuhvaćenih podjelom
A_{spec}	m ²	specifično oplošje objekata obuhvaćenih podjelom
c_{vG}	-	faktor koji uzima u obzir ventilacijske gubitke
Dm	-	broj dana grijanja u mjesecu
e_v	%	postotak djece koji je upisan u vrtiće
h	sat	broj sati grijanja
IRR	%	unutrašnja stopa povrata investicije
m	-	mjesec
N_{0-6}	-	broj djece starosti od 0 do 6 godina
N_o	-	broj učenika koji pohađaju osnovne škole na određenom statističkom području
N_s	-	broj učenika koji pohađaju srednje škole na određenom statističkom području
N_v	-	broj djece u vrtićima na određenom statističkom području
q_{EG}	kWh/objektu	specifična potrošnja topline po objektu
Q_{EG}	kWh	potrošnja topline objekata koji koriste električnu energiju za grijanje
q_{OG}	kWh/objektu	specifična potrošnja topline po objektu
Q_{OG}	kWh	potrošnja topline objekata koji koriste ostale energente za grijanje
Q_{o+i}	kWh	očekivana potrošnja topline obnovljenih i novoizgrađenih objekata

Oznaka	Jedinica	Opis
Q_{UK}	kWh	ukupna potrošnja topline objekata
q_v	m^3 /objektu	specifična potrošnja vode po objektu
$Q_{v,u}$	m^3	ukupna potrošnja vode u pojedinoj godini
$Q_{v,UŠT}$	m^3	uštete u potrošnji vode
R	-	broj živorođenih na statističkom području
U	W/m^2k	koeficijent prolaza topline
U_{sr}	W/m^2K	srednji koeficijent prolaza topline
W_{EG}	kWh	potrošnja električne energije objekata koji koriste električnu energiju za grijanje
w_{iEG}	kWh/objektu	specifična potrošnja električne energije po objektu
w_{iOG}	kWh/objektu	specifična potrošnja električne energije po objektu
W_{OG}	kWh	potrošnja električne energije objekata koji koriste ostale energente za grijanje
W_{UK}	kWh	ukupna potrošnja električne energije objekata
$W_{UŠT,i}$	kWh	uštete koje se mogu ostvariti zahvatima
z	-	generalno: godina za koju se računaju određeni podaci
Z_{ioz}	-	broj objekata, unutar podjele prema broju djece, koji će se izgraditi u sustavu
Z_{ooz}	-	broj objekata, unutar podjele prema broju djece, koji će se otvoriti u sustavu
Z_{zoz}	-	broj objekata, unutar podjele prema broju djece, koji će se zatvoriti u sustavu
Z_{oz}	-	broj objekata, unutar podjele prema broju djece
$\Delta\theta_m$	$^{\circ}C$	razlika unutrašnje projektne i srednje vanjske temperature za pojedini mjesec u godini

Popis skraćenica

Skraćenica	Opis
ASHRAE	Američko udruženje inženjera koje se bave grijanjem, klimatizacijom i rashladnom tehnikom
CLF	cooling load factor
CLTD	cooling load temperature differential
CO ₂	ugljični dioksid
CLTD	cooling load temperature differential
ECG	Electronic Control Gear
EU	Europska unija
Eurostat	Statistički ured Europske zajednice
ISGE	Informacijski sustav za gospodarenje energijom
SCL	solar cooling load factor
UNDP	Program Ujedinjenih naroda za razvoj

Popis slika

Slika 3. 1: Oštećena i otpala žbuka na fasadi školske zgrade.....	25
Slika 3. 2: Velike staklene površine na školi / krovnište izrađeno od salonit ploča	26
Slika 3. 3: Člankasti radijatori sa ručnim ventilima	27
Slika 3. 4: Rasvjeta u školi	28
Slika 3. 5: Pisoari i slavine u sanitarnim čvorovima	29
Slika 3. 6: Potrošnja topline škole u 2007. i 2008. godini.....	30
Slika 3. 7: Potrošnja električne energije škole u 2007. i 2008. godini	31
Slika 3. 8: Potrošnja vode škole u 2007. i 2008. godini	32
Slika 3. 9: Udjeli potrošnje električne energije pojedinog podsektora u sektoru usluga	45
Slika 3. 10: Udjeli pojedinih energenata u potrošnji energije u sektoru usluga.....	45
Slika 3. 11: Potrošnja energije do 2030. godine u sektoru usluga prema osnovnom scenariju Strategije.....	46
Slika 3. 12: Potrošnja energije prema osnovnom scenariju Strategije	47
Slika 3. 13: Statistička područja Republike Hrvatske	50
Slika 3. 14: Potrošnja topline osnovnih škola u Republici Hrvatskoj prema demografskim scenarijima	60
Slika 3. 15: : Potrošnja električne energije osnovnih škola u Republici Hrvatskoj prema demografskim scenarijima	60
Slika 3. 16: Potrošnja vode osnovnih škola u Republici Hrvatskoj prema demografskim scenarijima	61
Slika 3. 17: Potrošnja topline srednjih škola u Republici Hrvatskoj prema demografskim scenarijima	63
Slika 3. 18: Potrošnja električne energije srednjih škola u Republici Hrvatskoj prema demografskim scenarijima	63
Slika 3. 19: Potrošnja vode srednjih škola u Republici Hrvatskoj prema demografskim scenarijima	64
Slika 3. 20: Potrošnja topline dječjih vrtića u Republici Hrvatskoj prema demografskim scenarijima	66
Slika 3. 21: Potrošnja električne energije dječjih vrtića u Republici Hrvatskoj prema demografskim scenarijima	66
Slika 3. 22: Potrošnja vode dječjih vrtića u Republici Hrvatskoj prema demografskim scenarijima	67
Slika 3. 23: Potrošnja energenata i vode u visokoobrazovnim ustanovama	68
Slika 3. 24: Povećanje oplošja objekata obrazovnog sustava	69
Slika 3. 25: Ukupna potrošnja energije obrazovnog sustava Republike Hrvatske.....	71
Slika 3. 26: Potrošnja topline obrazovnog sustava prema demografskim scenarijima	73
Slika 3. 27: Potrošnja električne energije obrazovnog sustava prema demografskim scenarijima	74
Slika 3. 28: Emisije CO ₂ prema osnovnom scenariju Strategije	75
Slika 3. 29: Emisije CO ₂ dobivene Modelom prema demografskom scenariju sa niskim fertilitetom i niskom migracijom.....	78
Slika 3. 30: Emisije CO ₂ dobivene Modelom prema demografskom scenariju sa srednjim fertilitetom i srednjom migracijom	78
Slika 3. 31: Emisije CO ₂ dobivene Modelom prema demografskom scenariju s visokim fertilitetom i visokom migracijom.....	79

Popis tablica

Tablica 3. 1: Nazivna snaga električnih potrošača	28
Tablica 3. 2: Potrošnja topline škole u 2007. i 2008. godini	29
Tablica 3. 3: Potrošnja električne energije škole u 2007. i 2008. godini	30
Tablica 3. 4: Potrošnja vode škole u 2007. i 2008. godini	31
Tablica 3. 5: Troškovi prije zahvata	35
Tablica 3. 6: Troškovi nakon zahvata	36
Tablica 3. 7: Dobit, neto dobit i izračun IRR	37
Tablica 3. 8: Troškovi prije zahvata	38
Tablica 3. 9: Troškovi nakon zahvata	39
Tablica 3. 10: Dobit, neto dobit i izračun IRR	40
Tablica 3. 11: Troškovi prije zahvata	41
Tablica 3. 12: Troškovi nakon zahvata	42
Tablica 3. 13: Dobit, neto dobit i izračun IRR	43
Tablica 3. 14: Potrošnja energije prema osnovnom scenariju Strategije	47
Tablica 3. 15: Broj živorođenih prema demografskim scenarijima	53
Tablica 3. 16: Broj učenika u osnovnim školama prema demografskim scenarijima	54
Tablica 3. 17: Broj učenika u srednjim školama prema demografskim scenarijima	55
Tablica 3. 18: Broj djece u vrtićima prema demografskim scenarijima	57
Tablica 3. 19: Broj studenata koji pohađaju visokoobrazovne ustanove	58
Tablica 3. 20: Potrošnja energenata i vode osnovnih škola u Republici Hrvatskoj prema demografskim scenarijima	59
Tablica 3. 21: Potrošnja energenata i vode srednjih škola u Republici Hrvatskoj prema demografskim scenarijima	62
Tablica 3. 22: Potrošnja energenata i vode dječjih vrtića prema demografskim scenarijima ..	65
Tablica 3. 23: Potrošnja energenata i vode u visokoobrazovnim ustanovama	68
Tablica 3. 24: Oplošje objekata obrazovnog sustava	69
Tablica 3. 25: Ukupna potrošnja energije obrazovnog sustava Republike Hrvatske	70
Tablica 3. 26: Ukupna potrošnja energije obrazovnog sustava po vrsti energije prema demografskim scenarijima	72
Tablica 3. 27: Emisije CO ₂ prema osnovnom scenariju Strategije	75
Tablica 3. 28: Emisije CO ₂ dobivene Modelom prema demografskim scenarijima	77

1. Uvod

Moderni stil života podrazumijeva sve veću upotrebu energije u svrhu postizanja sve veće učinkovitosti i komfora, pa je upotreba energije svakim danom sve veća. Trenutno se većina energetske potreba čovječanstva namiruje upotrebom vrlo štetnih fosilnih goriva, a u budućnosti će se ta goriva morati zamijeniti čistim izvorima energije u obliku obnovljivih izvora energije ili nuklearne energije. Zbog sve većeg utjecaja na svakodnevni život i kvalitetu života energija je postala glavni strateški resurs razvijenih država. U povijesti su se razni ratovi pokretali zbog nedostatka vode, nedostatka hrane, otklanjanja izravne opasnosti, iz vjerskih pobuda ili zbog jednostavnog povećanja teritorija. Da bi se održala stabilna opskrba energijom u zadnje vrijeme se pokreće sve više ratova kojima se pokušavaju osvojiti područja bogata energetske resursima, pa tako energetske bogatstvo zapravo nekim državama nanosi puno zla [1].

Umjesto osvajanja područja bogatih prirodnim resursima i neodrživog povećanja potrošnje istih trebalo bi u prvome redu raditi na racionalnom ponašanju i učinkovitijem korištenju energije. Na taj se način energija može manje koristiti, bolje iskoristiti, a kvaliteta života može se samo poboljšati. Iako mnogi u prvi plan stavljaju financijsku dobrobit, energetska učinkovitost i štednja energije doživljavaju svoj pravi smisao prvenstveno utjecajem na globalne klimatske promjene a time i povećanu brigu za okoliš [2].

U budućnosti će vanjski troškovi okoliša biti uključeni u cijenu energije te će energetske učinkoviti objekti biti vrlo važni. Energetske pregledi su jedna od najkorisnijih stvari kojima se može povećati energetska učinkovitost u europskim zemljama [3].

Globalno zatopljenje i njegovi razni učinci na život na Zemlji posljedica su dugogodišnjeg akumuliranja takozvanih stakleničkih plinova (CO_2 , CH_4 , NO_2 , itd.) u višim slojevima atmosfere [4]. Emisije ovih plinova rezultat su intenzivnih ljudskih aktivnosti poput izgaranja fosilnih goriva, uništavanja šuma, promjena u načinu korištenja zemljišta, itd. Procjenjuje se da se pomoću koncentracije CO_2 u atmosferi može objasniti oko 50% efekata globalnog zagrijavanja budući da je njegova koncentracija možda prešla granicu sposobnosti prirodne apsorpcije od strane ekosustava [5].

Kao važan čimbenik budućeg planiranja postupaka glede potrošnje energije javlja se potreba za informacijom o mogućoj potrošnji u budućnosti, mogućnostima uštede i smanjenja emisije CO_2 . Zadatak ovog diplomskog rada jest ustanoviti potencijal ušteda energije kroz povećanje energetske učinkovitosti i korištenje obnovljivih izvora energije u obrazovnom sustavu Republike Hrvatske.

Energetska učinkovitost je važan čimbenik kada govorimo o objektima u obrazovnom sustavu. Energija predstavlja velik udio troškova objekata te je njome uglavnom definirana toplinska i optička ugodnost korisnika objekata [6].

Škole su vrlo prikladni subjekti za primjenu mjera za povećanje energetske učinkovitosti i kvalitete zraka u njima. Ovi zahvati su opravdani jer mogu promovirati održivost budućim generacijama te u isto vrijeme osigurati udobnu i zdravu edukacijsku okolinu [7]. Učionica je osnovna i najvažnija prostorija na kojoj treba proučiti toplinsku ugodnost i potrošnju energije. Djeca provode najveći dio vremena u učionicama koje su jedinstvene u odnosu na ostale prostorije jer su vrlo napučene. Prema tome, od velike je važnosti i prikladna ventilacija [8].

Zadatak je podijeljen na dva dijela. U prvom dijelu napravljen je energetska pregled osnovne škole u Zagrebu te se predlažu mjere za povećanje energetske učinkovitosti i smanjenje potrošnje energenata. Odabrana je Osnovna škola Davorina Trstenjaka u Zagrebu, na adresi Krčka 3. Škola je izgrađena 1956. godine, nadograđena 1964. godine [9] i od tada na njoj nisu izvođeni nikakvi zahvati u smislu povećanja energetske učinkovitosti. Jednom je zamijenjeno krovništvo i dimenzionirana toplinska stanica kako bi u novosagrađenom krilu moglo biti izvedeno centralno grijanje. Prema stanju objekta, ova škola je idealan primjer niske energetske učinkovitosti obrazovnog sustava Republike Hrvatske, te prilika da se pokaže kako se može povećati energetska učinkovitost i što se može učiniti da se smanji potrošnja energije u obrazovnom sustavu.

U drugom dijelu zadatka analizirana je potrošnja energije fonda obrazovnih zgrada u Republici Hrvatskoj te je napravljena procjena potrošnje energije u fondu obrazovnih zgrada do 2050. godine. Pri analiziranju i procjeni potrošnje do 2050. godine napravljena su dva scenarija. U prvom scenariju napravljena je procjena prema Strategiji energetskog razvoja Republike Hrvatske [10] dok je u drugome scenariju napravljeno vlastito predviđanje s obzirom na demografsku sliku Republike Hrvatske u budućnosti, te povećanje energetske učinkovitosti fonda obrazovnih zgrada. Također, prikazane su emisije CO₂ za oba scenarija potrošnje te se može jasno vidjeti razlika u rezultatima predviđanja potrošnje, a vezano uz to i emisija CO₂, prema Strategiji energetskog razvoja Republike Hrvatske i prema vlastitom predviđanju.

2. Metodologija

2.1 Metodologija energetskog pregleda objekta

2.1.1. Arhitektonsko stanje zgrade

Arhitektonsko stanje zgrade potrebno je odrediti posjetom objektu te pronalaženjem građevinske dokumentacije. Iz građevinske dokumentacije moguće je odrediti dimenzije zgrade koje su važne za proračune toplinskog i rashladnog opterećenja te proračun potrebnog osvjetljenja. Ukoliko je građevinska dokumentacija nedostupna ili je vrlo loše kvalitete, a što je moguće ukoliko se radi o vrlo starom objektu, potrebno je navedene dimenzije procijeniti prilikom posjeta objektu. Iz posjeta zgradi moguće je odrediti generalno stanje objekta, proučiti oštećenja na samoj građevini ukoliko postoje te procijeniti što je moguće učiniti kako bi se stanje poboljšalo. Nadalje, možemo saznati informacije o toplinskoj izolaciji prisutnoj na objektu, vrsti i tipu prozora što će nam pomoći da odredimo kakve zahvate i u kolikoj mjeri treba izvesti na objektu kako bi se energetska slika objekta mogla poboljšati.

2.1.2 Postojeće stanje toplinskih potrošača u zgradi

Prilikom posjeta objektu potrebno je odrediti i zabilježiti sve toplinske potrošače, njihov toplinski učin te njihovo stanje. Pri tome može biti od velike pomoći eventualna tehnička dokumentacija ukoliko je dostupna. Moguće je navedene informacije saznati i iz razgovora s osobljem škole, naročito s domarima koji se brinu za objekt te mogu pružiti kvalitetne informacije. Broj toplinskih potrošača možemo iskoristiti za uspoređivanje stanja nakon predložene sanacije i dobivanje informacije o potencijalu uštede energije, dok će nam njihovo trenutno stanje reći o potrebi njihove zamjene ili servisiranja.

2.1.3 Postojeće stanje električnih potrošača u zgradi

Prilikom posjeta objektu potrebno je odrediti i zabilježiti sve potrošače električne energije, potrošnju koju ostvaruju te njihovo stanje ukoliko je od važnosti. Pri tome se vjerojatno najbolje osloniti na osoblje škole, a posebno domare koji imaju pristup svim aparatima i brinu se za njihov rad te mogu pružiti najbolje informacije bez dodatnog ometanja ostatka ljudi u objektu. Potrebno je zabilježiti vrstu rasvjetnih tijela kako bi se odredilo da li zadovoljavaju trenutne standarde osvjetljenosti obrazovnih objekata što se može odrediti vlastitim promatranjem ili razgovorom s domarima. Iz ovih informacija možemo odrediti potencijalna poboljšanja u kvaliteti rasvjete, a time i učeničkog standarda, te potencijalna

smanjenja potrošnje uklanjanjem eventualno suvišnih aparata ili zamjenom starih aparata novim energetski učinkovitima.

2.1.4 Postojeće stanje sanitarnih čvorova u zgradi

Prilikom posjeta ili u razgovoru s domarima potrebno je odrediti stanje u sanitarnim čvorovima. Pažnju treba obratiti na vrstu i stanje ventila na pisoarima i slavinama. Slavine bi trebale biti opremljene perlator mrežicama a pisoari štedljivim automatskim ventilima kako bi se postigle maksimalne uštede u potrošnji vode. Iz zabilježenog stanja možemo odrediti potrebu za ugradnjom navedenih mjera štednje vode te potencijalne uštede u potrošnji.

2.1.5 Potencijalna poboljšanja

Na temelju promatranog stanja školske zgrade može se dati prijedlog potencijalnih zahvata kojima bi se mogla poboljšati energetska učinkovitost. Prvo i osnovno, potrebno je zamijeniti stare drvene prozore, eventualne staklene stijene i metalne okvire staklenih površina novom PVC [11] ili aluminijskom stolarijom [12] sa IZO staklima te na zidove i stropove prema negrijanom tavanu zgrade staviti toplinsku izolaciju. Time se mogu ostvariti značajne uštede u potrošnji topline za grijanje. Upotrebom rekuperatora otpadne topline zraka mogu se ostvariti daljnje uštede na toplinskim gubicima ventilacije. Što se električnih uređaja tiče, potrebno je zamijeniti sve stare fluorescentne cijevi i žarulje sa žarnom niti novim štedljivim rasvjetnim tijelima, te eventualno ukloniti električne bojlere, ukoliko postoje, i ostvariti dovod tople vode iz toplinske stanice. Ukoliko se u školu uvede centralni klimatizacijski i ventilacijski sustav, tada pojedinačne klima-jedinice nisu više potrebne. Potrošnja vode mogla bi se smanjiti upotrebom perlator mrežica na slavinama te instalacijom automatskih ventila na pisoarima u muškim WC-ima.

2.1.6 Mogućnosti korištenja obnovljivih izvora energije

Prema zatečenom stanju u objektu moguće je procijeniti određene načine na koje bi se mogli implementirati obnovljivi izvori energije.

Za grijanje prostora moguće je koristiti centralizirani toplinski sustav, no otvara se i mogućnost korištenja kotla na drvene pelete, ili toplinskih pumpi, kojima bi se osiguravala dovoljna količina topline za grijanje. Drveni peleti i toplinske pumpe su isplativi obnovljivi izvori energije koje treba promicati i čija će upotreba u budućnosti biti sve isplativija, a ukoliko će se poštovati međunarodne norme o zaštiti okoliša gotovo će postati imperativ.

Za dobivanje električne energije škola bi mogla instalirati solarne fotonaponske panele kako bi pokrila troškove električne energije, no svakako bi to bilo učinkovitije koristiti u južnijim krajevima.

2.1.7 Tehno-ekonomski proračun

Prije same izrade tehno-ekonomskog proračuna potrebno je još prikupiti podatke o potrošnji u prethodnim godinama. Za to se možemo poslužiti računima koji se mogu dobiti u računovodstvu škole.

Na temelju prikupljenih podataka te prijedloga potencijalnih poboljšanja i mogućnosti korištenja obnovljivih izvora energije, moguće je napraviti tehno-ekonomski proračun koji će pokazati isplativost pojedinih zahvata koje bismo željeli izvesti na objektu. Za izradu tehno-ekonomskog proračuna potrebno je ustanoviti potrošnju energije koja će se javiti nakon izvođenja predviđenih zahvata.

Toplinsko opterećenje računa se pomoću norme EN12831 [13] te se na taj način dobiva potreban toplinski učin svih ogrjevnih tijela u školi. Također, potrebno je odrediti godišnju potrošnju topline za školu, podatak koji će se koristiti za određivanje procjene isplativosti projekta na godišnjoj bazi i koji se može lako povezati s troškovima.

Određivanje rashladnog opterećenja zgrade vrši se korištenjem CLTD/SCL/CLF metode [14] kako bi se moglo zaključiti o potrebama za hlađenjem. Nadalje, potrebno je odrediti rasvjetno opterećenje nakon ugradnje novih, štedljivijih rasvjetnih tijela, potrošnju električne energije nakon eventualne zamjene aparata te procijeniti uštede u potrošnji vode.

Kako bi se procijenila isplativost određenih investicija potrebno je i odrediti kolika će biti investicija u povećanje energetske učinkovitosti što se može približno odrediti iz raznih cjenika tvrtki.

U ovom radu bit će prikazano određivanje isplativosti investicije samo za slučaj da se povećava energetska učinkovitost u smislu smanjenja toplinskih gubitaka.

Pri izradi tehno-ekonomskog proračuna potrebno je uzeti u obzir povećanje cijena energije te poreze na dobit do koje dolazi zbog ušteda u potrošnji energije.

Iz godišnje potrošnje topline za grijanje mogu se izračunati troškovi grijanja prije i nakon zahvata. Troškovi održavanja procjenjuju se na petogodišnjoj bazi. Razlika troškova grijanja prije zahvata i nakon zahvata predstavlja uštedu koja je ostvarena zbog zahvata povećanja energetske učinkovitosti. Razlika uštede i troškova održavanja predstavlja ostvarenu dobit na koju se mora platiti porez u odgovarajućem iznosu. Nakon plaćanja poreza ostaje neto dobit s kojom se kreće u procjenu isplativosti projekta. U nultu godinu stavlja se

investicijski trošak a u svaku sljedeću prethodno izračunata neto dobit. Za procjenu isplativosti koristi se funkcija IRR u Excelu™ koja nam daje informaciju o unutrašnjoj stopi povrata investicije [15].

2.2 Metodologija predviđanja potrošnje energije obrazovnog sustava do 2050. godine

Model predviđanja potrošnje energije obrazovnog sustava (u daljnjem tekstu: Model) koristi se demografskim scenarijima kako bi se odredila potreba za prostorima za održavanje nastave, a samim time i potreba za energijom. Model je napravljen prema tri demografska scenarija prema kojima je određen broj učenika, a u skladu s njim i broj objekata potreban za izvođenje nastave. Demografski scenariji uzeti su iz projekcija stanovništva Državnoga zavoda za statistiku u kojima su sadržane projekcije kretanja broja živorođenih do 2050. godine [16]. Iz razlika u broju učenika može se odrediti koliko je novoga prostora potrebno ili koliko je prostora viška u obrazovnom sustavu za pojedinu godinu. Prema tome se korigira broj objekata kojim je određena potrošnja obrazovnog sustava.

Unutar svakog scenarija objekti su podijeljeni prema tipu na dječje vrtiće, osnovne škole, srednje škole i visokoobrazovne ustanove. Za svaki tip ustanove prikupljeni su podaci o potrošnji energenata i vode u 2008. godini putem ISGE sustava [17] te izravno od obrazovnih objekata putem e-pošte.

Također, potrebno je škole podijeliti i prema pripadnosti određenoj regiji ili području. Najpovoljnije je koristiti unaprijed određena statistička područja koja određuje Eurostat [18] za svaku državu. Važnost podjele tipova objekata prema statističkim područjima očituje se u razlici potrošnje energije od područja do područja te se na taj način to nastojalo uzeti u obzir pri ukupnom bilanciranju potrošnje

Nakon što su tipski objekti podijeljeni prema pripadnosti statističkom području pristupilo se podjeli objekata prema broju učenika koji u njima borave tijekom dana. Važnost ove podjele leži u tome da nisu sve škole jednake te da npr. potrošnja male područne škole sa manje od 200 učenika nije ista kao potrošnja velike gradske škole s više od 500 učenika te se nastojalo uzeti i to u obzir pri bilanciranju potrošnje.

Nakon podjele objekata prema broju učenika napravljena je obrada podataka prikupljenih iz ISGE sustava [15] i od obrazovnih ustanova. Za svako statističko područje određen je postotak ustanova sa određenim rasponom broja učenika, postotak učenika koji pohađaju te objekte te prosječne vrijednosti potrošnje energije i vode (po objektu) za te objekte. Ovi podaci prikupljeni su za 2008. godinu, te je ta godina polazišna točka Modela.

Podaci za 2008. godinu su najsvježiji, a rijetki su objekti unosili svoje podatke o potrošnji retrogradno više od godinu, eventualno dvije.

Iz obrađenih podataka i ranije određenih podataka o broju ustanova izračunata je potrošnja energije i vode osnovnih škola, srednjih škola i vrtića za baznu godinu (2008.), te se na temelju tih podataka kreće dalje u predviđanje potrošnje korištenjem Modela. Podaci o potrošnji visokoobrazovnih ustanova procijenjeni su na temelju dostupnih podataka o ostalim obrazovnim ustanovama u Republici Hrvatskoj. To je učinjeno iz razloga što u ISGE sustav [15] visokoobrazovne ustanove još nisu implementirane, a pokušaji pribavljanja potrebnih ili dovoljnih podataka od Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa te samih visokoobrazovnih ustanova nisu urodili plodom.

Detaljan opis modela, načina računanja potrošnje i svih bitnih parametara može se vidjeti u sljedećem podpoglavlju 2.2.1 Model daje rezultate prema svim gore navedenim podjelama te je za ukupnu potrošnju energije i vode potrebno zbrojiti sve potrošnje po podjelama unutar jedne godine. Na temelju toga može se vidjeti kakav je trend potrošnje energije i vode u obrazovnom sustavu. Za očekivati je da će potrošnja padati jer se u realnim razmišljanjima ne predviđa porast broja živorođenih, a predviđa se porast energetske učinkovitosti i sve veća štednja energije.

2.2.1. Model predviđanja potrošnje fonda obrazovnih zgrada

Predviđanje potrošnje fonda obrazovnih zgrada vrši se prema broju objekata koji se nalaze u fondu. Broj objekata u fondu obrazovnih zgrada ovisi o broju djece koja pohađaju nastavu, odnosno o potrebi za prostorom, dok je broj djece koja pohađaju nastavu funkcija broja živorođenih. U daljnjim podpoglavljima bit će detaljno objašnjen način računanja potrošnje i ostalih relevantnih parametara.

2.2.1.1 Broj živorođenih

Na temelju statističkih informacija [19] Državnog zavoda za statistiku po statističkim su regijama poznate vrijednosti broja živorođenih od godine 2000. do 2007. Broj živorođenih po statističkim regijama za godine 2008. do 2050. izračunat je iz ukupnog broja živorođenih sadržanog u projekcijama stanovništva Republike Hrvatske do 2050 godine [16]. Pri tome su korištena tri demografska scenarija Državnog zavoda za statistiku: projekcija stanovništva uz niski fertilitet i nisku migraciju, projekcija uz srednji fertilitet sa srednjom migracijom te projekcija sa visokim fertilitetom uz visoku migraciju. Spomenuti broj živorođenih po regijama računa se prema pretpostavljenim postocima živorođenih u pojedinim statističkim

regijama. Taj se postotak dobiva za svaku godinu ekstrapolacijom na temelju poznatih podataka. Za izračun broja učenika u obrazovnom sustavu potreban nam je i broj živorođenih od 1990. do 2000. godine. Ovaj je podatak dobiven ekstrapolacijom unatrag na temelju poznatih podataka. Prema scenarijima Državnog zavoda za statistiku broj živorođenih do 2050. godine najviše pada u scenariju sa niskim fertilitetom i niskom migracijom, nešto slabije opada prema scenariju sa srednjim fertilitetom i srednjom migracijom, dok prema scenariju sa visokim fertilitetom i visokom migracijom broj živorođenih raste. Najrealističnije bi bilo za očekivati da se ostvari demografski scenarij sa srednjim fertilitetom i srednjom migracijom kao neka vrst prosjeka.

2.2.1.2 Broj objekata u fondu obrazovnih zgrada

Obrazovne zgrade podijeljene su na osnovne škole, srednje škole, dječje vrtiće te visokoobrazovne ustanove. Svaki od tipova obrazovnih zgrada raščlanjen je na obrazovne zgrade prema pripadnosti statističkom području [20]. Unutar statističkog područja tipovi objekata podijeljeni su prema broju djece koja pohađaju nastavu tijekom dana, a kako je ranije objašnjeno. Broj objekata unutar podjele prema broju djece računa se na temelju poznatog broja objekata u godini koja prethodi godini izračuna te pretpostavljenog tempa izgradnje i zatvaranja objekata u godini za koju računamo broj objekata. Tempo izgradnje i zatvaranja objekata određen je prema broju učenika unutar podjele objekata za pojedinu godinu i predstavlja potrebu za dodavanjem ili smanjenjem prostora za održavanje nastave. Broj objekata unutar podjele prema broju djece za baznu godinu određen je kao postotak ukupnog broja objekata prema tipu objekta, a prema podacima iz ISGE sustava [17].

Tempo obnove objekata pretpostavljen je prema očekivanom razdoblju između redovitih obnova objekata na 3% objekata godišnje.

Broj objekata prema tipu (osnovne, srednje škole, vrtići, visokoobrazovne ustanove) unutar statističkog područja računa se zbrajanjem broja objekata prema tipu po podjelama za svako statističko područje, a ukupan broj objekata prema tipu računa se zbrajanjem broja objekata prema tipu u svim statističkim područjima. Ukupan broj objekata u obrazovnom sustavu jednak je zbroju svih objekata prema tipu. Broj objekata računa se prema formuli:

$$Z_{oz}^z = Z_{oz}^{z-1} + Z_{ioz}^z - Z_{zoz}^z ; \text{ gdje je:}$$

Z_{oz} - Broj objekata unutar podjele prema broju djece,

Z_{ioz} - broj objekata unutar podjele prema broju djece koje će se izgraditi u sustavu,

Z_{zoz} - broj objekata unutar podjele prema broju djece koje će se zatvoriti u sustavu,

z - godina za koju se računa broj objekata unutar podjele prema broju djece.

2.2.1.3 Broj učenika u osnovnim školama

Broj učenika u osnovnim školama računa se za svaku godinu jednadžbom koja obuhvaća one učenike koji tek upisuju prvi razred osnovne škole te one koji ju završavaju. Zbog pojednostavljenja se pretpostavlja da svi koji su rođeni ulaze u sustav obrazovanja i završavaju ga na vrijeme. Prema tome, broj učenika koji upisuju prvi razred osnovne škole jednak je broju živorođene djece šest godina prije godine za koju računamo broj učenika, dok je broj učenika koji završavaju osmi razred osnovnih škola jednak broju živorođene djece četrnaest godina prije godine za koju računamo broj učenika. Broj učenika u osnovnim školama računa se prema formuli:

$$N_o^z = N_o^{z-1} + R^{z-6} - R^{z-14}; \text{ gdje je:}$$

N_o - broj učenika koji pohađaju osnovne škole na određenom statističkom području,

R - broj živorođenih na statističkom području,

z - godina za koju se računa broj učenika.

Broj učenika u osnovnim školama u baznoj godini određen je također na ovaj način jer u trenutku izrade ove analize nisu bile dostupne najnovije statističke informacije o broju učenika u obrazovnom sustavu za 2008. godinu.

2.2.1.4 Broj učenika u srednjim školama

Broj učenika u srednjim školama računa se za svaku godinu jednadžbom koja obuhvaća učenike koji tek upisuju prvi razred srednje škole te one koji završavaju treći razred ukoliko se radi o trogodišnjim programima, odnosno četvrti razred ukoliko se radi o četverogodišnjim programima. Zbog pojednostavljenja se pretpostavlja da svi koji završavaju osnovnu školu upisuju srednju školu te da na vrijeme završavaju treći razred ukoliko se radi o trogodišnjim programima, odnosno četvrti razred ukoliko se radi o četverogodišnjim programima. Prema tome, a i zbog uvedene pretpostavke o upisima u osnovne škole, broj učenika koji upisuju prvi razred srednje škole jednak je broju živorođene djece četrnaest godina prije, broj učenika koji završavaju treći razred trogodišnjih programa jednak je broju živorođene djece sedamnaest godina prije, dok je broj učenika koji završavaju četvrti razred četverogodišnjih programa jednak broju živorođene djece osamnaest godina prije godine za koju želimo izračunati broj učenika. Koeficijenti $a_{4\text{god}}$ i $a_{3\text{god}}$ dobiveni su na temelju podataka o upisu učenika u srednje škole u školskoj godini 2007./2008. i predstavljaju postotak upisanih učenika u trogodišnje, odnosno četverogodišnje programe. Zbog pojednostavljenja se drže konstantnima za cijeli period do 2050. godine u svim statističkim regijama, a njihove su

vrijednosti: $a_{4\text{god}} = 0,7063$, i $a_{3\text{god}} = 0,2937$. Broj učenika u srednjim školama računa se prema formuli:

$$N_s^z = N_s^{z-1} + R^{z-14} - a_{4\text{god}} \cdot R^{z-18} - a_{3\text{god}} \cdot R^{z-17}; \text{ gdje je:}$$

N_s - broj učenika koji pohađaju srednje škole na određenom statističkom području,

R - broj živorođenih,

$a_{4\text{god}}$ - koeficijent koji određuje koliko je učenika upisalo četverogodišnje programe,

$a_{3\text{god}}$ - koeficijent koji određuje koliko je učenika upisalo trogodišnje programe.

z - godina za koju se računa broj učenika u sustavu srednjeg školstva.

Broj učenika u srednjim školama u baznoj godini određen je također na ovaj način jer u trenutku izrade ove analize nisu bile dostupne najnovije statističke informacije o broju učenika u obrazovnom sustavu za 2008. godinu.

2.2.1.5 Broj djece u vrtićima

Broj djece u vrtićima računa se na temelju broja djece u starosti do šest godina (potencijalna populacija u vrtićima) i postotka djece koji je upisan u vrtiće. Broj djece starosti do 6 godina uzet je iz projekcija stanovništva Državnog zavoda za statistiku [16]. Postotak djece koji je upisan računa se ekstrapolacijom prema dostupnim podacima o broju djece koja pohađaju vrtiće i djece u starosti od 0 do 6 godina, s time što se nakon što postotak dosegne 100% on takvim održava. Time se podrazumijeva da sva potencijalna populacija vrtića pohađa vrtiće, što i jest trend. Broj djece u vrtićima računa se prema formuli:

$$N_v^z = N_{0-6}^z \cdot e_v; \text{ gdje je:}$$

N_v - broj djece u vrtićima,

N_{0-6} - broj djece starosti od 0 do 6 godina (potencijalna populacija vrtića),

e_v - postotak djece koji je upisan u vrtiće,

z - godina za koju se računa broj djece koji je upisan u vrtiće.

2.2.1.6 Broj studenata koji pohađaju visokoobrazovne ustanove

Broj studenata koji pohađaju visokoobrazovne ustanove odrađen je ekstrapolacijom na temelju dostupnih podataka o visokoobrazovnim ustanovama i studentima koji ih pohađaju, a koji su preuzeti iz priopćenja Državnog zavoda za statistiku [21]. To je učinjeno zbog nedostatka relevantnih podataka koji bi omogućili izračunavanje broja studenata na način sličan izračunavanju broja učenika, a zbog toga je broj studenata koji pohađaju visokoobrazovne ustanove jednak za sva tri demografska scenarija.

2.2.1.7 Oplošje objekata

Oplošje objekata računa se prema broju objekata i specifičnom oplošju po objektu. Specifično oplošje za objekte obuhvaćene određenom podjelom dobiveno je kao srednja vrijednost oplošja prema dostupnim podacima o obrazovnim objektima iz ISGE sustava [17].

Prema tome je:

$$A_{\text{podj}} = A_{\text{spec}} \cdot Z_{\text{oz}} \left[\text{m}^2 \right]; \text{ gdje je}$$

A_{podj} - oplošje objekata obuhvaćenih podjelom,

A_{spec} - specifično oplošje objekata obuhvaćenih podjelom (izračunato prema ISGE podacima),

Z_{oz} - broj objekata obuhvaćenih podjelom (izračunat ranije navedenim načinom).

2.2.1.8 Potrošnja topline

Objekti su podijeljeni na objekte koji kao energent za grijanje koriste električnu energiju i objekte koji koriste ostale energente (plin, lož-ulje, daljinsko grijanje). Grijanje električnom energijom karakteristično je za Jadransku hrvatsku te je tamo primijenjen i proračun koji obuhvaća i ovaj oblik grijanja. Za druge regije pretpostavljeno je da se električna energija ne koristi za grijanje.

Tamo gdje se za grijanje upotrebljava električna energija uvedena je pretpostavka da se najprije obnavljaju upravo objekti sa električnim grijanjem uz uvođenje ostalih oblika grijanja te da se njihov broj konstantno smanjuje, dok se broj objekata koje koriste ostale energente povećava. Također, uzima se da je pola zatvorenih objekata koristilo električnu energiju za grijanje, a pola ostale energente. Nakon određenog vremena objekti s grijanjem električnom energijom nestaju iz proračuna i ostaju samo objekti koji koriste ostale oblike grijanja.

Ukupna potrošnja topline jednaka je zbroju potrošnje topline objekata koji za grijanje koriste električnu energiju i potrošnje topline objekata koji za grijanje koriste ostale energente, osim u regijama gdje nema objekata koji koriste električnu energiju za grijanje gdje je ukupna potrošnja topline jednaka potrošnji topline objekata koji za grijanje koriste druge energente.

$$Q_{\text{UK}}^z = Q_{\text{EG}}^z + Q_{\text{OG}}^z \left[\text{kWh} \right]; \text{ gdje je:}$$

Q_{UK} - ukupna potrošnja topline objekata,

Q_{EG} - potrošnja topline objekata koji koriste električnu energiju za grijanje,

Q_{OG} - potrošnja topline objekata koji koriste ostale energente za grijanje,

z - godina za koju se računa potrošnja topline.

Potrošnja topline objekata koji za grijanje koriste električnu energiju

Broj objekata koje koriste električnu energiju za grijanje je postotak od ukupnog broja objekata obuhvaćenih podjelom. Ovaj postotak dobiven je računanjem prema dostupnim podacima o obrazovnim objektima iz ISGE sustava [17]. Potrošnja topline objekata koji koriste električnu energiju za grijanje računa se na temelju potrošnje topline u protekloj godini, umanjene za potrošnju koju bi ostvarili objekti koji su izgrađeni i obnovljeni i umanjene za potrošnju koju bi ostvarilo pola zatvorenih objekata.

$$Q_{EG}^z = Q_{EG}^{z-1} - q_{EG}^{z-1} \cdot \left(Z_{ooz} + Z_{ioz} + \frac{Z_{zoz}}{2} \right)^z \text{ [kWh]}; \text{ gdje je:}$$

Q_{EG} - potrošnja topline objekata koji koriste električnu energiju za grijanje,

q_{EG} - specifična potrošnja topline po objektu [kWh/objektu],

Z_{ooz} - broj objekata koje se obnove u sustavu,

Z_{ioz} - broj objekata koje se izgrade u sustavu,

Z_{zoz} - broj objekata koje se zatvore u sustavu,

z - godina za koju se računa potrošnja topline.

Specifična potrošnja topline po objektu računa se na temelju izračunatih podataka o potrošnji i broju objekata u godini.

$$q_{EG}^z = \left(\frac{Q_{EG}}{Z_{oz}} \right)^z \left[\frac{\text{kWh}}{\text{objektu}} \right]; \text{ gdje je:}$$

q_{EG} - specifična potrošnja topline po objektu [kWh / objektu],

Q_{EG} - potrošnja topline objekata koji za grijanje koriste električnu energiju,

Z_{oz} - ukupni broj objekata,

z - godina za koju se računa potrošnja.

Potrošnja topline objekata koji za grijanje koriste ostale energente

Potrošnja topline objekata koji za grijanje koriste ostale energente računa se najprije za slučaj kada još postoje objekti koji koriste električnu energiju za grijanje. Ta potrošnja se računa na temelju potrošnje topline u protekloj godini, uvećane za očekivanu potrošnju topline obnovljenih i novoizgrađenih objekata, a koji sada više ne koriste električnu energiju za grijanje, te umanjene za potrošnju koju bi ostvarilo pola zatvorenih objekata.

$$Q_{OG}^z = Q_{OG}^{z-1} + Q_{o+i}^z - q_{OG}^{z-1} \cdot \left(\frac{Z_{zoz}}{2} \right)^z \text{ [kWh]}; \text{ gdje je:}$$

Q_{OG} - potrošnja topline objekata koji koriste ostale energente za grijanje,

q_{OG} - specifična potrošnja topline po objektu [kWh/objektu],

Q_{o+i} - očekivana potrošnja topline obnovljenih i novoizgrađenih objekata,

Z_{zoz} - broj objekata koji se zatvore u sustavu,

z - godina za koju se računa potrošnja topline u sustavu.

Nakon što u sustavu više nema objekata koji koriste električnu energiju za grijanje potrošnja topline objekata koji za grijanje koriste ostale energente računa se na temelju potrošnje topline u protekloj godini, uvećane za očekivanu potrošnju topline obnovljenih i novoizgrađenih objekata te umanjene za potrošnju koju bi ostvarili zatvoreni objekti.

$$Q_{OG}^z = Q_{OG}^{z-1} + Q_{o+i}^z - q_{OG}^{z-1} \cdot Z_{zoz}^z \text{ [kWh]}; \text{ gdje je:}$$

Q_{OG} - potrošnja topline objekata koji koriste ostale energente za grijanje,

q_{OG} - specifična potrošnja topline po objektu [kWh/objektu],

Q_{o+i} - očekivana potrošnja topline obnovljenih i novoizgrađenih objekata,

Z_{zoz} - broj objekata koji se zatvore u sustavu,

z - godina za koju se računa potrošnja topline u sustavu.

Specifična potrošnja topline po objektu računa se na temelju izračunatih podataka o potrošnji i broju objekata u godini.

$$q_{OG}^z = \left(\frac{Q_{OG}}{Z_{oz}} \right)^z \left[\frac{\text{kWh}}{\text{objektu}} \right]; \text{ gdje je:}$$

q_{OG} - specifična potrošnja topline po objektu [kWh / objektu],

Q_{OG} - potrošnja topline objekata koji koriste ostale energente za grijanje,

Z_{oz} - ukupni broj objekata,

z - godina za koju se računa potrošnja.

Očekivana potrošnja topline obnovljenih i novoizgrađenih objekata u sustavu računa se prema formuli za izračun toplinskih gubitaka kroz stjenke zgrade.

$$Q_{o+i}^z = c_{VG} \cdot U_{sr} \cdot A_{o+i}^z \cdot h \cdot \left(\sum_m \Delta\theta_m \cdot D_m \right) / 1000 \text{ [kWh]}; \text{ gdje je:}$$

Q_{o+i} - toplina koja se gubi kroz oplošje zgrada,

c_{VG} - faktor koji uzima u obzir ventilacijske gubitke,

U_{sr} - srednji koeficijent prolaza topline,

A_{o+i} - oplošje obnovljenih i izgrađenih objekata,

$\Delta\theta_m$ - razlika unutrašnje projektne i srednje vanjske temperature za pojedini mjesec u godini,

D_m - broj dana grijanja u mjesecu,

h - broj sati grijanja,

m - mjesec,

z - godina za koju se računa potrošnja topline.

Koeficijent prolaza topline izračunat je kao srednji koeficijent prolaza topline za stjenku koja se sastoji od zida i prozora. Pretpostavlja se da je udio prozora u oplošju objekata 40%. Koeficijent prolaza topline zida uzima se $U = 0,4 \text{ W/m}^2\text{K}$ do 2019. godine, a nakon 2019. godine koeficijent prolaza topline zida uzima se $U = 0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$. Koeficijent prolaza topline prozora uzima se $U = 0,74 \text{ W/m}^2\text{K}$ do 2019. godine, a nakon 2019. godine koeficijent prolaza topline prozora uzima se $U = 0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$. Prema tome, srednji koeficijent prolaza topline dobije se zbrajanjem udjela pojedinog koeficijenta $U_{sr} = 0,4 \cdot U_{pr} + 0,6 \cdot U_{zid} \left[\text{W/m}^2\text{K} \right]$. Srednji koeficijent prolaza topline do 2019. godine iznosi $U_{sr} = 0,536 \text{ W/m}^2\text{K}$, a nakon 2019. godine iznosi $U_{sr} = 0,320 \text{ W/m}^2\text{K}$

Srednja vanjska mjesečna temperatura razlikuje se za kontinentalnu i primorsku Hrvatsku, a podaci o njoj uzeti su iz pravilnika o energetsom certificiranju zgrada [22]. Unutrašnja projektna temperatura pretpostavljena je za cijelu regiju na temelju unutrašnjih projektnih temperatura za veće gradove koji se u njoj nalaze, a prema normi EN 12831 [13].

Broj sati grijanja pretpostavljen je kao 9 za manje objekte i 12 za veće objekte u kojima se pored redovne nastave održavaju razne izvannastavne i izvanškolske aktivnosti, obrazovanje odraslih, itd..

Oplošje objekata obuhvaćenih izračunom očekivane potrošnje toplinske energije (obnovljenih i izgrađenih objekata) računa se za svaku godinu prema broju objekata koje se obnavljaju ili grade te omjeru ukupnog oplošja i broja objekata za prethodnu godinu.

$$A_{o+i}^z = [Z_{ooz} + Z_{ioz}]^z \cdot \frac{A_{podj}^{z-1}}{Z_{oz}^{z-1}} \left[\text{m}^2 \right]; \text{ gdje je:}$$

A_{o+i} - oplošje objekata u sustavu koje se obnavljaju ili grade,

Z_{ooz} - broj objekata u sustavu koje se obnavljaju,

Z_{ioz} - broj objekata koje se izgrade u sustavu,

A_{podj} - oplošje objekata unutar podjele,

Z_{oz} - ukupni broj objekata,

z - godina za koju se računa oplošje.

Faktor koji uzima u obzir ventilacijske gubitke izračunat je na temelju jednog volumena poznatih dimenzija koji simbolizira učionicu u kojoj borave djeca. Određene su

ploštine vanjskih zidova i prozora, broj izmjena zraka (2/h), koeficijenti prolaza topline uzeti prema navedenim pretpostavkama, unutrašnja projektna i srednja vanjska temperatura uzete prema tablicama. Pretpostavljeno je da je u klimatski sustav našeg volumena ugrađen rekuperator topline stupnja djelovanja 75% koji će doprinijeti smanjenju toplinskih gubitaka ventilacije. Nakon izračuna toplinskih gubitaka transmisije i ventilacije, došlo se do zaključka kako su ukupni toplinski gubici otprilike 1,36 puta veći od toplinskih gubitaka transmisije. Prema tome, faktor koji uzima u obzir ventilacijske gubitke iznosi $c_{VG} = 1,36$.

2.2.1.9 Potrošnja električne energije

Kao i kod predviđanja potrošnje topline, objekti su podijeljeni na objekte koji kao energent za grijanje koriste električnu energiju i objekte koji koriste ostale energente (plin, lož-ulje, drva, daljinsko grijanje). Grijanje električnom energijom karakteristično je za jadransku hrvatsku te je tamo primijenjen i proračun koji obuhvaća i ovaj oblik grijanja. Za druge regije uzeto je da se električna energija ne koristi za grijanje.

Uvedena je pretpostavka da se najprije obnavljaju zgrade sa električnim grijanjem uz uvođenje ostalih oblika grijanja te se njihov broj smanjuje, dok se broj zgrada koje koriste ostale energente povećava. Također, uzima se da je pola zatvorenih objekata koristilo električnu energiju za grijanje, a pola ostale energente. Nakon određenog vremena objekti s grijanjem električnom energijom nestaju iz proračuna i ostaju samo objekti koji koriste ostale oblike grijanja.

Ukupna potrošnja električne energije jednaka je zbroju potrošnje električne energije objekata koji za grijanje koriste električnu energiju i potrošnje električne energije objekata koji za grijanje koriste ostale energente.

$$W_{UK}^z = W_{EG}^z + W_{OG}^z \quad [\text{kWh}]; \text{ gdje je:}$$

W_{UK} - ukupna potrošnja električne energije objekata,

W_{EG} - potrošnja električne energije objekata koji koriste električnu energiju za grijanje,

W_{OG} - potrošnja električne energije objekata koji koriste ostale energente za grijanje,

z - godina za koju se računa potrošnja topline.

Potrošnja električne energije objekata koji za grijanje koriste električnu energiju

Potrošnja električne energije podijeljena je na potrošnju električne energije za potrebe rasvjete, grijanja, te ostale potrebe. Potrošnja električne energije računa se na temelju potrošnje električne energije u prethodnoj godini, umanjene za iznos ušteda koje se ostvaruju

na novim i obnovljenim objektima, te umanjene za potrošnju koju bi imala polovica objekata koji su zatvoreni. Uštede su procijenjene kao postotak električne energije koji se može uštedjeti u odnosu na postojeće stanje u prethodnoj godini.

$$W_{EG}^z = W_{EG}^{z-1} - \sum_i \left(W_{UŠT,i}^z - w_{iEG}^{z-1} \cdot \frac{Z_{zoz}^z}{2} \right) [\text{kWh}]; \text{ gdje je:}$$

W_{EG} - potrošnja električne energije objekata koji koriste električnu energiju za grijanje,
 $W_{UŠT,i}$ - uštede koje se mogu ostvariti zahvatima na rasvjeti i ostaloj potrošnji, te zamjenom električnog grijanja nekim drugim energentom, gdje i označava na koji se način električna energija troši ($i=SVJ, i=GRIJ, i=OST$),

w_{iEG} - specifična potrošnja električne energije po objektu [kWh / objektu] , gdje i označava na koji se način električna energija troši ($i=SVJ, i=GRIJ, i=OST$),

Z_{zoz} - broj objekata koje se zatvore u sustavu,

z - godina za koju se računa potrošnja.

$$W_{UŠT,i}^z = w_{iEG}^{z-1} \cdot a_i \cdot (Z_{ooz} + Z_{ioz})^z [\text{kWh}]; \text{ gdje je:}$$

$W_{UŠT,i}$ - uštede koje se mogu ostvariti zahvatima na rasvjeti i ostaloj potrošnji, te zamjenom električnog grijanja nekim drugim energentom, gdje i označava na koji se način električna energija troši ($i=SVJ, i=GRIJ, i=OST$),

w_{iEG} - specifična potrošnja električne energije po objektu [kWh / objektu] , gdje i označava na koji se način električna energija troši ($i=SVJ, i=GRIJ, i=OST$),

Z_{ooz} - broj objekata koje se obnove u sustavu,

Z_{ioz} - broj objekata koje se izgrade u sustavu,

a_i - postotak električne energije koji se uštedi zahvatima na rasvjeti i ostaloj potrošnji, te zamjenom električnog grijanja nekim drugim energentom, gdje i označava na koji se način električna energija troši ($i=SVJ, i=GRIJ, i=OST$),

z - godina za koju se računa potrošnja.

Specifična potrošnja električne energije po objektu računa se na temelju izračunatih podataka o potrošnji i broju građevina u godini.

$$w_{iEG}^z = \left(\frac{W_{EG}}{Z_{oz}} \right)^z \left[\frac{\text{kWh}}{\text{objektu}} \right]; \text{ gdje je:}$$

w_{iEG} - specifična potrošnja električne energije po objektu [kWh / objektu], gdje i označava na koji se način električna energija troši ($i=SVJ, i=GRIJ, i=OST$),

W_{EG} - potrošnja električne energije objekata koji za grijanje koriste električnu energiju,

Z_{oz} - ukupni broj objekata,

z - godina za koju se računa potrošnja.

Potrošnja električne energije objekata koji za grijanje koriste ostale energente

Potrošnja električne energije podijeljena je na potrošnju električne energije za potrebe rasvjete, te ostale potrebe. Potrošnja električne energije objekata koji za grijanje koriste ostale energente računa se najprije za slučaj kada još postoje objekti koji koriste električnu energiju za grijanje. Potrošnja se računa na temelju specifične potrošnje električne energije u prethodnoj godini i broja objekata u godini za koju računamo potrošnju, umanjene za potrošnju koju bi imala polovica objekata koji su zatvoreni.

$$W_{OG}^z = w_{iOG}^{z-1} \cdot Z_{oz}^z - w_{iOG}^{z-1} \cdot \left(\frac{Z_{zoz}}{2} \right)^z \quad [\text{kWh}]; \text{ gdje je:}$$

W_{OG} - potrošnja električne energije objekata koji koriste električnu energiju za grijanje,

w_{iOG} - specifična potrošnja električne energije po objektu [kWh / objektu] , gdje i označava na koji se način električna energija troši ($i=SVJ$, $i=OST$),

Z_{oz} - ukupni broj objekata,

Z_{zoz} - broj objekata koje se zatvore u sustavu,

z - godina za koju se računa potrošnja.

Nakon što u sustavu više nema objekata koji koriste električnu energiju za grijanje, potrošnja električne energije objekata koji za grijanje koriste ostale energente računa se na temelju potrošnje električne energije u prethodnoj godini, umanjene za iznos ušteda koje se ostvaruju na novim i obnovljenim objektima, te umanjene za potrošnju koju bi imali objekti koji su zatvoreni.

$$W_{OG}^z = \sum_i W_i^{z-1} - \sum_i W_{UŠT,i}^z - w_{iOG}^{z-1} \cdot Z_{zoz} \quad [\text{kWh}]; \text{ gdje je:}$$

W_{OG} - potrošnja električne energije objekata koji za grijanje koriste ostale energente,

W_i - električna energija koja se troši na rasvjetu, grijanje ili na druge načine, gdje i označava na koji se način električna energija troši ($i=SVJ$, $i=OST$)

$W_{UŠT,i}$ - uštede koje se mogu ostvariti zahvatima na rasvjeti i ostaloj potrošnji, gdje i označava na koji se način električna energija troši ($i=SVJ$, $i=OST$),

w_{iOG} - specifična potrošnja električne energije po objektu [kWh / objektu], gdje i označava na koji se način električna energija troši ($i=SVJ$, $i=OST$),

Z_{zoz} - broj objekata koje se zatvore u sustavu,

z - godina za koju se računa potrošnja.

Uštede su procijenjene kao postotak električne energije koji se može uštedjeti u odnosu na postojeće stanje u prethodnoj godini i iznose 20% za uštede na rasvjeti te 25% za uštede u ostaloj potrošnji.

$$W_{\text{UŠT},i}^z = w_{\text{iOG}}^{z-1} \cdot a_i \cdot (Z_{\text{ooz}} + Z_{\text{ioz}})^z \quad [\text{kWh}]; \text{ gdje je:}$$

$W_{\text{UŠT},i}$ - uštede koje se mogu ostvariti zahvatima na rasvjeti i ostaloj potrošnji,

w_{iOG} - specifična potrošnja električne energije po objektu [kWh / objektu], gdje i označava na koji se način električna energija troši ($i=\text{SVJ}$, $i=\text{OST}$),

Z_{ooz} - broj zgrada koje se obnove u sustavu,

Z_{ioz} - broj zgrada koje se izgrade u sustavu,

a_i - postotak električne energije koji se uštedi zahvatima na rasvjeti i ostaloj potrošnji, gdje i označava na koji se način električna energija troši ($i=\text{SVJ}$, $i=\text{OST}$),

z - godina za koju se računa potrošnja.

Specifična potrošnja električne energije po objektu računa se na temelju izračunatih podataka o potrošnji i broju građevina u godini.

$$w_{\text{iOG}}^z = \left(\frac{W_i}{Z_{\text{oz}}} \right)^z \left[\frac{\text{kWh}}{\text{objektu}} \right]; \text{ gdje je:}$$

w_{iOG} - specifična potrošnja električne energije po objektu [kWh / objektu], gdje i označava na koji se način električna energija troši ($i=\text{SVJ}$, $i=\text{OST}$),

W_i - električna energija koja se troši na rasvjetu, grijanje ili na druge načine, gdje i označava na koji se način električna energija troši ($i=\text{SVJ}$, $i=\text{OST}$)

Z_{oz} - ukupni broj objekata,

z - godina za koju se računa potrošnja.

2.2.1.10 Potrošnja vode

Potrošnja vode objekata računa se na temelju potrošnje vode u prethodnoj godini, umanjene za uštede u potrošnji vode na izgrađenim i obnovljenim objektima, te umanjene za potrošnju koju bi ostvarivali objekti koji su zatvoreni.

$$Q_{\text{v,u}}^z = Q_{\text{v,u}}^{z-1} - Q_{\text{v,UŠT}}^z - q_v^{z-1} \cdot Z_{\text{zoz}}^z \quad [\text{m}^3]; \text{ gdje je:}$$

$Q_{\text{v,u}}$ - ukupna potrošnja vode u pojedinoj godini,

$Q_{\text{v,UŠT}}$ - uštede u potrošnji vode,

q_v - specifična potrošnja vode po objektu [m^3 / objektu],

Z_{zoz} - broj objekata koji se zatvore u sustavu,

z - godina za koju se računa potrošnja.

Uštede su procijenjene kao postotak vode koji se može uštedjeti u odnosu na postojeće stanje u prethodnoj godini i iznose 25% potrošnje.

$$Q_{v,U\check{S}T}^z = q_v^{z-1} \cdot a_v \cdot (Z_{ooz} + Z_{ioz})^z \quad [m^3]; \text{ gdje je:}$$

$Q_{v,U\check{S}T}$ - uštede u potrošnji vode,

$Q_{v,u}$ - ukupna potrošnja vode u pojedinoj godini,

Z_{oz} - ukupni broj objekata,

a_v - postotak vode koji se uštedi zahvatima na objektu,

Z_{ooz} - broj objekata koji se obnove u sustavu,

Z_{ioz} - broj objekata koji se izgrade u sustavu,

z - godina za koju se računa potrošnja.

Specifična potrošnja vode po objektu računa se na temelju izračunatih podataka o potrošnji i broju građevina u godini.

$$q_v^z = \left(\frac{Q_{v,u}}{Z_{oz}} \right)^z \quad \left[\frac{m^3}{\text{objektu}} \right]; \text{ gdje je:}$$

q_v - specifična potrošnja vode po objektu [m^3 / objektu],

$Q_{v,u}$ - ukupna potrošnja vode u pojedinoj godini,

Z_{oz} - ukupni broj objekata,

z - godina za koju se računa potrošnja.

2.3 Metodologija određivanja emisija CO₂

Emisije CO₂ izračunate su na temelju poznatih emisija u kilogramima CO₂ po kilovat satu električne i toplinske energije iz mreže i ostalih energenata te udjela pojedinih energenata u ukupnoj potrošnji sektora usluga. Emisije u kilogramima CO₂ po kilovat satu električne i toplinske energije iz mreže karakteristične su za pojedinu državu i mogu se pronaći na odgovarajućim Internet stranicama. Emisije u kilogramima CO₂ po kilovat satu ostalih energenata nisu specifične za pojedinu državu te se mogu uzeti npr sa web-stranica organizacije CarbonTrust [23].

Množenjem pripadajućih emisija u kg CO₂ / kWh sa potrošnjom električne energije odnosno topline izračunate su emisije CO₂ od potrošnje električne energije i topline, a njihovim zbrajanjem dobivena je vrijednost ukupnih emisija CO₂. Ovaj postupak je isti i za izračun emisija prema scenariju koji uključuje Strategiju i prema scenariju koji uključuje Model.

3. Rezultati

3.1 Rezultati energetskeg pregleda objekta

3.1.1 Stanje školske zgrade

Na temelju podataka iz ISGE sustava [17], razgovora sa osobljem škole i uz upotrebu stare tehničke dokumentacije škole napravljen je pregled postojećeg stanja školske zgrade.

3.1.1.1 Arhitektonsko stanje zgrade

Osnovna škola Davorina Trstenjaka nalazi se u Zagrebu, na adresi Krčka 3. Škola se sastoji od dva krila međusobno povezana stepeništima, glavnog ulaza te aneksa sa sportskom dvoranom. Škola je izgrađena 1956 godine, a novo krilo zgrade nadograđeno je 1964. godine.

U starom krilu zgrade nalaze se prostorije uprave, toplinska stanica, domareve prostorije, učionice, manja knjižnica koja trenutno nije u uporabi te u suterenu prostorije koje koristi Poliklinika Suvag za rad sa djecom oštećena sluha. U novom krilu nalaze se učionice te školska kuhinja s blagovaonicom. U aneksu zgrade nalaze se prostorije psihologa, veća knjižnica te ulaz u sportsku dvoranu.

Zidovi škole izgrađeni su od pune opeke, debeli 38 cm i izvana prekriveni vapnenom žbukom koja ne zadovoljava trenutne standarde o propusnosti topline, a koja je na mjestima oštećena ili potpuno otpala.



Slika 3. 1: Oštećena i otpala žbuka na fasadi školske zgrade

Prozori na školi većim su dijelom drveni, jednostruki i dvostruki, jednokrilni i dvokrilni, dotrajali, u lošem stanju te definitivno ne zadovoljavaju standarde o dozvoljenoj propusnosti topline. Prozori knjižnice, ureda psihologa te prozori na jednom od stubišta su aluminijski i PVC IZO prozori koje nije potrebno mijenjati. Zidovi ulaza i jedan vanjski zid aneksa zgrade izvedeni su kao staklene stijene sa metalnim okvirima i jednostrukim staklima što značajno doprinosi potrošnji topline, a staklene stijene postoje i na ostalim stubištima. Zbog velike površine prozora i staklenih stijena te njihovih nezadovoljavajućih karakteristika najveći toplinski gubici su upravo kroz njih.

Do 1985. godine škola je imala ravni krov koji je, zbog loše izvedbe i problema koje je uzrokovao, zamijenjen kosim krovom. Sadašnje krovište škole izrađeno je od valovitih salonit ploča koje predstavljaju opasnost za zdravlje ne samo djece koja nastavu pohađaju u školi već i osoblja škole te ljudi koji žive oko škole.



Slika 3. 2: Velike staklene površine na školi / krovište izrađeno od salonit ploča

3.1.1.2 Postojeće stanje toplinskih potrošača u zgradi

Prema riječima ravnatelja škole 1982. izvršeni su zahvati na instalacijama grijanja u školi. Dimenzionirana je toplinska stanica te su zamijenjene dotrajale instalacije grijanja u starome dijelu škole. U školi su kao ogrjevna tijela instalirani člankasti lijevanoželjezni radijatori ukupnog toplinskog učina 487,5 KW. Regulacija sustava grijanja izvedena je ručnim ventilima što je svakako neprihvatljivo sa stajališta energetske učinkovitosti. Škola je spojena na sustav centraliziranog toplinskog sustava grada Zagreba i sve svoje potrebe za grijanjem pokriva iz njega. Godišnja potrošnja toplinske energije otprilike iznosi 623 MWh, što je prilično veliki iznos potrošnje a koji bi se sigurno dao smanjiti odgovarajućim zahvatima na pročelju zgrade i prozorima.



Slika 3. 3: Člankasti radijatori sa ručnim ventilima

3.1.1.3 Postojeće stanje električnih potrošača u zgradi

Na temelju podataka dostupnih putem ISGE sustava [17] i podataka prikupljenih na licu mjesta, može se dati pregled električnih potrošača u školi.

Ukupna nazivna snaga svih potrošača u školi iznosi 138 kW, od čega je 44 kW nazivna snaga svih rasvjetnih tijela. Rasvjetna tijela su uglavnom fluorescentne cijevi, najčešće starije izvedbe, a mjestimično se upotrebljavaju i žarulje sa žarnom niti. Jakost rasvjete ne udovoljava standardnim uvjetima te na to treba obratiti pažnju pri odabiru rasvjetnih tijela. Škola ima dvije pumpe u toplinskoj stanici koje služe za cirkulaciju vode kroz sustav grijanja. Pumpe su ugrađene prilikom rekonstrukcije 1982. godine, nazivne su snage oko 1 kW, u paralelnom spoju (jedna pumpa radi, jedna je rezervna). Škola ima računalnu učionicu sa 20 računala, dok se u prostorijama uprave nalazi još 6 računala, fotokopirni aparat i printeri. U aneksu škole nalaze se još dva računala i printeri. U prostorijama uprave nalazi se 5 klima, dok je i jedna učionica također opremljena klima-uređajem. Ostatak električnih trošila lociran je u školskoj kuhinji i predstavlja otprilike polovicu ukupne potrošnje električne energije škole. U to su uključena dva štednjaka, friteza, perilica posuđa, ljuštilica za krumpir, hladnjaci, zamrzivač, perilice rublja. Većina ovih

uređaja je u pogonu veći dio dana te su oni velikim dijelom odgovorni za potrošnju električne energije. Snaga navedenih uređaja može se vidjeti u tablici 3. 1.



Slika 3. 4: Rasvjeta u školi

Tablica 3. 1: Nazivna snaga električnih potrošača

Nazivna snaga električnih potrošača	
Uređaj	Snaga
Rasvjetna tijela	44 kW
Računala	8 kW
Pumpe	2 kW
Klima-uređaji	22 kW
Štednjaci	30 kW
Friteza	10 kW
Ljuštilica	7 kW
Ostalo	15 kW
Ukupno	138 kW

3.1.1.4 Postojeće stanje sanitarnih čvorova u zgradi

U sanitarnim čvorovima prisutne su slavine bez perlator mrežica i bez štedljivih ventila što uzrokuje prekomjerno istjecanje vode. U muškim WC-ima su na pisoarima uglavnom ventili stalno otvoreni te voda konstantno teče čime se nepotrebno troši voda.



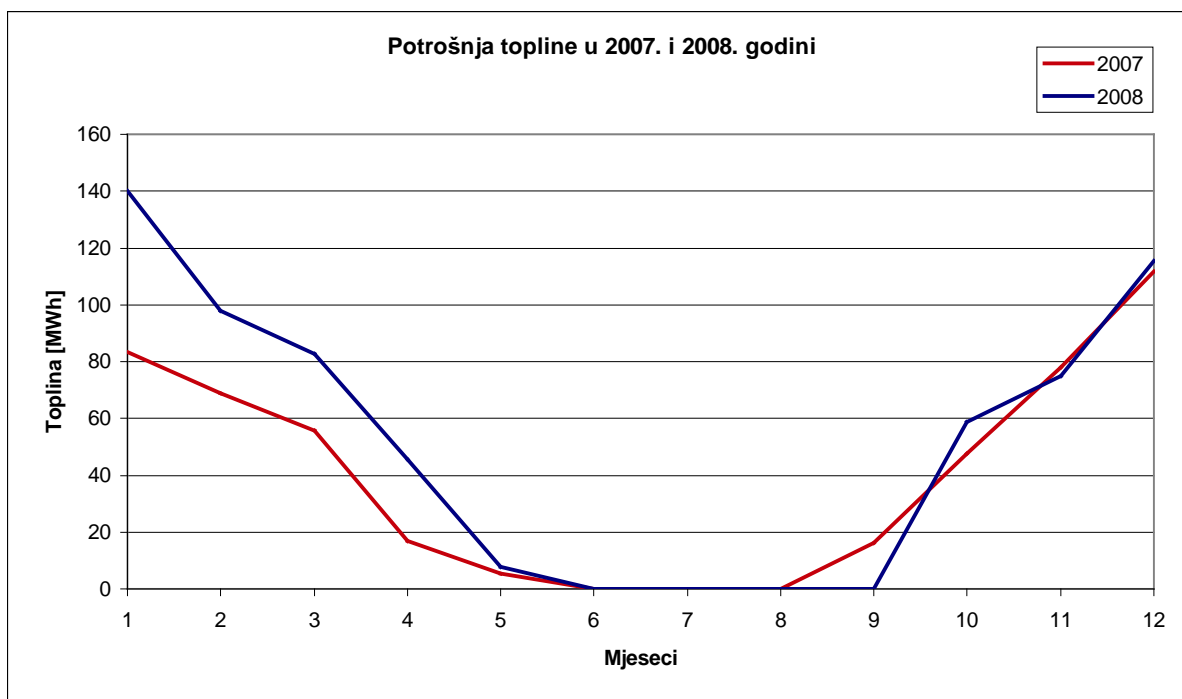
Slika 3. 5: Pisoari i slavine u sanitarnim čvorovima

3.1.2 Pregled računa

U računovodstvu škole prikupljeni su računi za električnu energiju, grijanje i vodu za 2007. i 2008. godinu na temelju kojih se može odrediti trenutna godišnja potrošnja energenata i vode u školi.

Tablica 3. 2: Potrošnja topline škole u 2007. i 2008. godini

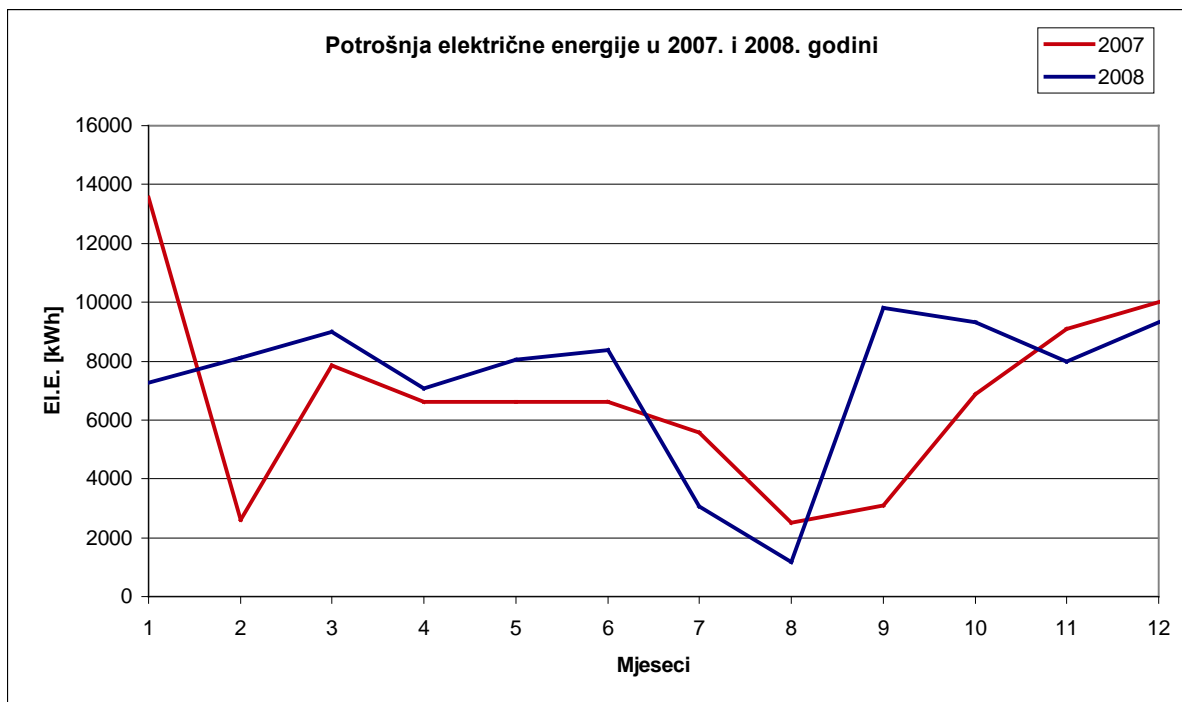
Mjeseci	2007		2008	
	Potrošnja topline [kWh]	Potrošnja topline [Kn]	Potrošnja topline [kWh]	Potrošnja topline [Kn]
1	83,46	29.479 kn	140,03	43.103 kn
2	68,74	25.936 kn	98,00	32.981 kn
3	55,76	22.809 kn	82,81	29.324 kn
4	17,01	13.475 kn	45,45	20.325 kn
5	5,39	10.679 kn	7,65	11.223 kn
6	0,00	9.379 kn	0,00	9.379 kn
7	0,00	9.379 kn	0,00	9.379 kn
8	0,00	9.379 kn	0,00	9.379 kn
9	16,23	13.288 kn	0,00	9.379 kn
10	47,56	20.835 kn	58,62	23.497 kn
11	77,97	28.157 kn	75,00	27.442 kn
12	111,84	36.315 kn	115,53	37.205 kn
Ukupno	483,96	229.110 kn	623,09	262.617 kn



Slika 3. 6: Potrošnja topline škole u 2007. i 2008. godini

Tablica 3. 3: Potrošnja električne energije škole u 2007. i 2008. godini

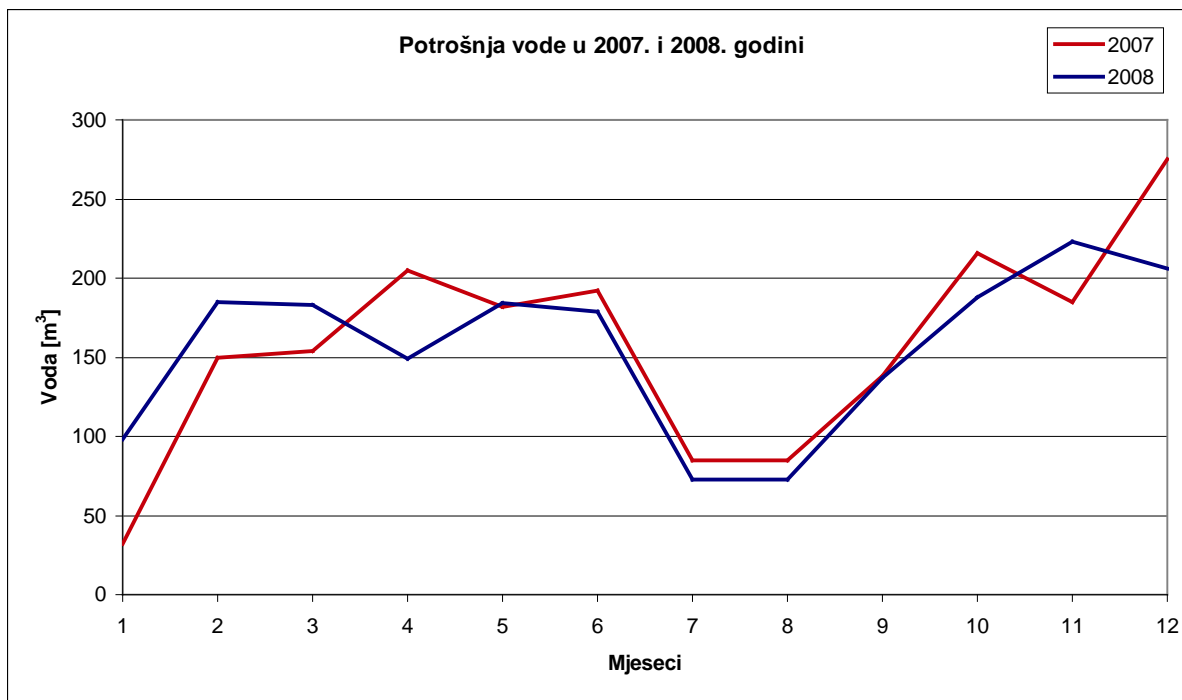
Mjeseci	2007		2008	
	Potrošnja El.E. [kWh]	Potrošnja El. E. [Kn]	Potrošnja El.E. [kWh]	Potrošnja El. E. [Kn]
1	13540	7.500 kn	7280	4.939 kn
2	2620	3.498 kn	8100	5.685 kn
3	7840	5.399 kn	9000	6.144 kn
4	6626	4.405 kn	7080	4.715 kn
5	6626	4.411 kn	8060	5.280 kn
6	6626	4.560 kn	8380	5.524 kn
7	5580	3.705 kn	3055	2.018 kn
8	2520	1.642 kn	1165	932 kn
9	3080	2.046 kn	9820	7.830 kn
10	6860	4.606 kn	9320	7.594 kn
11	9100	6.132 kn	8000	6.792 kn
12	10000	6.960 kn	9320	7.855 kn
Ukupno	81018	54.864 kn	88580	65.310 kn



Slika 3. 7: Potrošnja električne energije škole u 2007. i 2008. godini

Tablica 3. 4: Potrošnja vode škole u 2007. i 2008. godini

Mjeseci	2007		2008	
	Potrošnja vode [m ³]	Potrošnja vode [kn]	Potrošnja vode [m ³]	Potrošnja vode [kn]
1	32	791 kn	98	2.750 kn
2	150	3.708 kn	185	5.191 kn
3	154	3.806 kn	183	5.135 kn
4	205	5.067 kn	149	4.181 kn
5	182	4.499 kn	184	5.279 kn
6	192	4.746 kn	179	5.023 kn
7	85	2.101 kn	73	2.048 kn
8	85	2.101 kn	73	2.048 kn
9	138	3.411 kn	137	3.844 kn
10	216	5.339 kn	188	5.275 kn
11	185	4.573 kn	223	6.257 kn
12	275	6.797 kn	206	5.780 kn
Ukupno	1899	46.938 kn	1878	52.812 kn



Slika 3. 8: Potrošnja vode škole u 2007. i 2008. godini

3.1.3 Potencijalna poboljšanja

Na temelju promatranog stanja školske zgrade možemo zaključiti da je u najkraćem mogućem roku potrebno zamijeniti stare drvene prozore, velike staklene stijene i staklene površine s metalnim okvirima novom PVC ili aluminijskom stolarijom sa IZO staklima te na zidove i stropove prema negrijanom tavanu zgrade staviti toplinsku izolaciju. Također, poželjno je u ventilacijski sustav ubaciti rekuperator otpadne topline zraka čime bi se ostvarile značajne uštede na toplinskim gubicima ventilacije.

Što se električnih uređaja tiče potrebno je ponajprije zamijeniti sve stare fluorescentne cijevi i žarulje sa žarnom niti štedljivim rasvjetnim tijelima, te eventualno ukloniti električne bojlere i ostvariti dovod tople vode iz toplinske stanice. Ukoliko se u školu uvede centralni klimatizacijski i ventilacijski sustav, tada pojedinačne klima-jedinice nisu više potrebne. Potrošnja vode mogla bi se smanjiti upotrebom perlator mrežica na slavinama te instalacijom automatskih ventila na pisoarima u muškim WC-ima.

Ono što bi dodatno svakako trebalo učiniti, a što nije predmet razmatranja ovog rada, jest zamijeniti krovšte na školi koje je izvedeno sa valovitim salonit pločama te predstavlja opasnost po zdravlje. Na taj način bi se svakako unaprijedila sigurnost djece, osoblja škole i stanovnika okolnih zgrada te podigla kvaliteta boravka u školi i života oko nje.

3.1.4 Potrošnja električne energije nakon zamjene rasvjetnih tijela

Zamjenom fluorescentnih cijevi starije izvedbe i žarulja s žarnom niti novim štedljivim rasvjetnim tijelima može se uštedjeti i više od 40% energije koja se troši na rasvjetu. Instalirana snaga postojećih rasvjetnih tijela u školi iznosi 44 kW. Ugradnjom npr. "OSRAM LUMILUX T9 C circular" [24] fluorescentnih svjetiljki, nazivne snage 32 W i rasvjetnog toka 2250 lm, uz korištenje ECG sustava [25], može se instalirana snaga smanjiti na 25,6 kW. Pri tome bi se zadovoljile i preporuke EU za rasvjetu u školama koje kažu da bi potrebna rasvijetljenost trebala biti 500 lx [26].

3.1.5 Potrošnja vode nakon ugradnje štedljive armature

Prema viđenome, potrebno je na svim pisoarima zamijeniti ventile i staviti senzorske automatske ventile te je potrebno instalirati senzorske slavine s perlator mrežicama. Na ovaj bi se način moglo uštedjeti i do 20% vode koja se trenutno troši kroz ventile koji su konstantno otvoreni.

3.1.6 Tehno-ekonomski proračun isplativosti smanjenja toplinskih gubitaka

Prema ranije navedenome, zaključeno je kakvi zahvati se trebaju izvesti kako bi se povećala energetska učinkovitost zgrade. Zahvati predviđeni za povećanje energetske učinkovitosti uključuju zamjenu neadekvatne stare drvene stolarije novom PVC stolarijom koeficijenta prolaza topline $U=1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$, te stavljanje sloja fasadnog stiropora debljine 8 cm i 2 cm polimerne žbuke na pročelje zgrade čime se postiže ukupni koeficijent prolaza topline zida $U=0,4 \text{ W/m}^2\text{K}$. Pored toga, podrazumijeva se ugradnja rekuperatora topline zraka kako bi se smanjili ventilacijski gubici.

Prema normi EN 12831 [13] izračunato je toplinsko opterećenje škole koji iznosi 195 kW. To je ukupna snaga potrebnih ogrjevnih tijela kako bi se u prostoru mogla održavati unutrašnja projektna temperatura uz korištenje rekuperatora otpadne topline zraka stupnja djelovanja 75%. Ukoliko se ne bi koristio rekuperator topline zraka tada bi toplinsko opterećenje iznosilo 277 kW. Upotreba rekuperatora otpadne topline zraka smanjuje ukupno toplinsko opterećenje za oko 30% te je poželjno ugraditi ga kako bi se dodatno smanjila potrošnja topline. Prema navedenom toplinskom opterećenju godišnja potrošnja topline za grijanje prostora škole iznosi 136 MWh uz upotrebu rekuperatora dok potrošnja topline bez upotrebe rekuperatora iznosi 240 MWh.

Proračun isplativosti investicije temeljen je na periodu od 30 godina. Za svaku godinu pretpostavljeno je povećanje cijene grijanja u centraliziranom toplinskom sustava grada

Zagreba od 2% godišnje. Razmatraju se tri načina povećanja energetske učinkovitosti. Prvi način podrazumijeva samo zamjenu stolarije i obnavljanje pročelja uz dodavanje toplinske izolacije i upotrebu rekuperatora otpadne topline zraka. Drugim načinom predviđena je zamjena stolarije i obnavljanje pročelja uz dodavanje toplinske izolacije i upotrebu rekuperatora otpadne topline zraka te dodavanje kotla na drvene pelete kao obnovljivog izvora energije. Trećim načinom predviđena je zamjena stolarije i obnavljanje pročelja uz dodavanje toplinske izolacije i upotrebu rekuperatora otpadne topline zraka te dodavanje toplinske pumpe (ili pumpi) kao obnovljivog izvora energije. Drugim i trećim načinom odustaje se od centraliziranog sustava grijanja. Očekivanja su da će se najviše isplatiti ostanak u centraliziranom sustavu grijanja jer će na taj način investicija biti najmanja.

3.1.6.1 Slučaj kada škola i dalje koristi daljinsko grijanje

Procijenjeno je da bi investicija u izolaciju prozore i ventilacijski sustav s rekuperatorima topline iznosila približno 174000 €

Tablica 3. 5: Troškovi prije zahvata

TROŠKOVI PRIJE ZAHVATA					
Godina	Potrošnja Topline [MWh]	Cijena topline [€/MWh]	Trošak topline [€]	PDV (23%)	Ukupni trošak [€]
0					
1	623	30,667	19.105,35 €	4.394,23 €	23.499,59 €
2	623	31,280	19.487,46 €	4.482,12 €	23.969,58 €
3	623	31,906	19.877,21 €	4.571,76 €	24.448,97 €
4	623	32,544	20.274,75 €	4.663,19 €	24.937,95 €
5	623	33,195	20.680,25 €	4.756,46 €	25.436,71 €
6	623	33,859	21.093,85 €	4.851,59 €	25.945,44 €
7	623	34,536	21.515,73 €	4.948,62 €	26.464,35 €
8	623	35,226	21.946,05 €	5.047,59 €	26.993,64 €
9	623	35,931	22.384,97 €	5.148,54 €	27.533,51 €
10	623	36,650	22.832,67 €	5.251,51 €	28.084,18 €
11	623	37,383	23.289,32 €	5.356,54 €	28.645,86 €
12	623	38,130	23.755,11 €	5.463,67 €	29.218,78 €
13	623	38,893	24.230,21 €	5.572,95 €	29.803,16 €
14	623	39,671	24.714,81 €	5.684,41 €	30.399,22 €
15	623	40,464	25.209,11 €	5.798,10 €	31.007,20 €
16	623	41,273	25.713,29 €	5.914,06 €	31.627,35 €
17	623	42,099	26.227,56 €	6.032,34 €	32.259,90 €
18	623	42,941	26.752,11 €	6.152,98 €	32.905,09 €
19	623	43,800	27.287,15 €	6.276,04 €	33.563,19 €
20	623	44,676	27.832,89 €	6.401,57 €	34.234,46 €
21	623	45,569	28.389,55 €	6.529,60 €	34.919,15 €
22	623	46,480	28.957,34 €	6.660,19 €	35.617,53 €
23	623	47,410	29.536,49 €	6.793,39 €	36.329,88 €
24	623	48,358	30.127,22 €	6.929,26 €	37.056,48 €
25	623	49,325	30.729,76 €	7.067,85 €	37.797,61 €
26	623	50,312	31.344,36 €	7.209,20 €	38.553,56 €
27	623	51,318	31.971,25 €	7.353,39 €	39.324,63 €
28	623	52,345	32.610,67 €	7.500,45 €	40.111,12 €
29	623	53,391	33.262,88 €	7.650,46 €	40.913,35 €
30	623	54,459	33.928,14 €	7.803,47 €	41.731,61 €

Tablica 3. 6: Troškovi nakon zahvata

TROŠKOVI NAKON ZAHVATA							
Godina	Potrošnja Topline [MWh]	Cijena topline [€/MWh]	Trošak topline [€]	Trošak održavanja [€]	Trošak [€]	PDV (23%)	Ukupni trošak [€]
0							
1	136	30,667	4.170,67 €		4.170,67 €	959,25 €	5.129,93 €
2	136	31,280	4.254,08 €		4.254,08 €	978,44 €	5.232,52 €
3	136	31,906	4.339,17 €		4.339,17 €	998,01 €	5.337,17 €
4	136	32,544	4.425,95 €		4.425,95 €	1.017,97 €	5.443,92 €
5	136	33,195	4.514,47 €	3.000,00 €	7.514,47 €	1.728,33 €	9.242,80 €
6	136	33,859	4.604,76 €		4.604,76 €	1.059,09 €	5.663,85 €
7	136	34,536	4.696,85 €		4.696,85 €	1.080,28 €	5.777,13 €
8	136	35,226	4.790,79 €		4.790,79 €	1.101,88 €	5.892,67 €
9	136	35,931	4.886,61 €		4.886,61 €	1.123,92 €	6.010,53 €
10	136	36,650	4.984,34 €	4.000,00 €	8.984,34 €	2.066,40 €	11.050,74 €
11	136	37,383	5.084,02 €		5.084,02 €	1.169,33 €	6.253,35 €
12	136	38,130	5.185,71 €		5.185,71 €	1.192,71 €	6.378,42 €
13	136	38,893	5.289,42 €		5.289,42 €	1.216,57 €	6.505,99 €
14	136	39,671	5.395,21 €		5.395,21 €	1.240,90 €	6.636,11 €
15	136	40,464	5.503,11 €	6.000,00 €	11.503,11 €	2.645,72 €	14.148,83 €
16	136	41,273	5.613,17 €		5.613,17 €	1.291,03 €	6.904,20 €
17	136	42,099	5.725,44 €		5.725,44 €	1.316,85 €	7.042,29 €
18	136	42,941	5.839,95 €		5.839,95 €	1.343,19 €	7.183,13 €
19	136	43,800	5.956,75 €		5.956,75 €	1.370,05 €	7.326,80 €
20	136	44,676	6.075,88 €	6.000,00 €	12.075,88 €	2.777,45 €	14.853,33 €
21	136	45,569	6.197,40 €		6.197,40 €	1.425,40 €	7.622,80 €
22	136	46,480	6.321,35 €		6.321,35 €	1.453,91 €	7.775,26 €
23	136	47,410	6.447,77 €		6.447,77 €	1.482,99 €	7.930,76 €
24	136	48,358	6.576,73 €		6.576,73 €	1.512,65 €	8.089,38 €
25	136	49,325	6.708,26 €	7.000,00 €	13.708,26 €	3.152,90 €	16.861,16 €
26	136	50,312	6.842,43 €		6.842,43 €	1.573,76 €	8.416,19 €
27	136	51,318	6.979,28 €		6.979,28 €	1.605,23 €	8.584,51 €
28	136	52,345	7.118,86 €		7.118,86 €	1.637,34 €	8.756,20 €
29	136	53,391	7.261,24 €		7.261,24 €	1.670,09 €	8.931,32 €
30	136	54,459	7.406,46 €		7.406,46 €	1.703,49 €	9.109,95 €

Prema dobivenim rezultatima potrošnje i troška određene su uštede i neto dobit te na kraju unutrašnja stopa povrata investicije [15].

Tablica 3. 7: Dobit, neto dobit i izračun IRR

PROCJENA ISPLATIVOSTI				
Godina	Dobit [€]	Porez (20%)	Netto Dobit [€]	IRR
0				-174.000 €
1	18.369,66 €	3.673,93 €	14.695,73 €	14695,73
2	18.737,05 €	3.747,41 €	14.989,64 €	14989,64
3	19.111,79 €	3.822,36 €	15.289,44 €	15289,44
4	19.494,03 €	3.898,81 €	15.595,22 €	15595,22
5	16.193,91 €	3.238,78 €	12.955,13 €	12955,13
6	20.281,59 €	4.056,32 €	16.225,27 €	16225,27
7	20.687,22 €	4.137,44 €	16.549,78 €	16549,78
8	21.100,97 €	4.220,19 €	16.880,77 €	16880,77
9	21.522,98 €	4.304,60 €	17.218,39 €	17218,39
10	17.033,44 €	3.406,69 €	13.626,76 €	13626,76
11	22.392,51 €	4.478,50 €	17.914,01 €	17914,01
12	22.840,36 €	4.568,07 €	18.272,29 €	18272,29
13	23.297,17 €	4.659,43 €	18.637,74 €	18637,74
14	23.763,11 €	4.752,62 €	19.010,49 €	19010,49
15	16.858,38 €	3.371,68 €	13.486,70 €	13486,70
16	24.723,14 €	4.944,63 €	19.778,51 €	19778,51
17	25.217,61 €	5.043,52 €	20.174,09 €	20174,09
18	25.721,96 €	5.144,39 €	20.577,57 €	20577,57
19	26.236,40 €	5.247,28 €	20.989,12 €	20989,12
20	19.381,13 €	3.876,23 €	15.504,90 €	15504,90
21	27.296,35 €	5.459,27 €	21.837,08 €	21837,08
22	27.842,28 €	5.568,46 €	22.273,82 €	22273,82
23	28.399,12 €	5.679,82 €	22.719,30 €	22719,30
24	28.967,10 €	5.793,42 €	23.173,68 €	23173,68
25	20.936,45 €	4.187,29 €	16.749,16 €	16749,16
26	30.137,37 €	6.027,47 €	24.109,90 €	24109,90
27	30.740,12 €	6.148,02 €	24.592,10 €	24592,10
28	31.354,92 €	6.270,98 €	25.083,94 €	25083,94
29	31.982,02 €	6.396,40 €	25.585,62 €	25585,62
30	32.621,66 €	6.524,33 €	26.097,33 €	26097,33
			IRR=	9,013%

Prema tablično prikazanim podacima izračunata je unutrašnja stopa povrata investicije [15] koja iznosi približno 9 %.

3.1.6.2 Slučaj kada škola prelazi na vlastito grijanje korištenjem kotla na drvene pelete

Procijenjeno je da bi uz dodatak kotla na drvene pelete investicija iznosila približno 190000 €. Prema potrebnoj količini topline određena je potrebna godišnja količina drvenih peleta. Cijena peleta izračunata je iz podataka sadržanih u cjeniku tvrtke Drvenjača d.d. Fužine [27]. Predviđeno je povećanje cijene drvenih peleta od 1% godišnje.

Tablica 3. 8: Troškovi prije zahvata

TROŠKOVI PRIJE ZAHVATA					
Godina	Potrošnja Topline [MWh]	Cijena topline [€/MWh]	Trošak topline [€]	PDV (23%)	Ukupni trošak [€]
0					
1	623	30,667	19.105,35 €	4.394,23 €	23.499,59 €
2	623	31,280	19.487,46 €	4.482,12 €	23.969,58 €
3	623	31,906	19.877,21 €	4.571,76 €	24.448,97 €
4	623	32,544	20.274,75 €	4.663,19 €	24.937,95 €
5	623	33,195	20.680,25 €	4.756,46 €	25.436,71 €
6	623	33,859	21.093,85 €	4.851,59 €	25.945,44 €
7	623	34,536	21.515,73 €	4.948,62 €	26.464,35 €
8	623	35,226	21.946,05 €	5.047,59 €	26.993,64 €
9	623	35,931	22.384,97 €	5.148,54 €	27.533,51 €
10	623	36,650	22.832,67 €	5.251,51 €	28.084,18 €
11	623	37,383	23.289,32 €	5.356,54 €	28.645,86 €
12	623	38,130	23.755,11 €	5.463,67 €	29.218,78 €
13	623	38,893	24.230,21 €	5.572,95 €	29.803,16 €
14	623	39,671	24.714,81 €	5.684,41 €	30.399,22 €
15	623	40,464	25.209,11 €	5.798,10 €	31.007,20 €
16	623	41,273	25.713,29 €	5.914,06 €	31.627,35 €
17	623	42,099	26.227,56 €	6.032,34 €	32.259,90 €
18	623	42,941	26.752,11 €	6.152,98 €	32.905,09 €
19	623	43,800	27.287,15 €	6.276,04 €	33.563,19 €
20	623	44,676	27.832,89 €	6.401,57 €	34.234,46 €
21	623	45,569	28.389,55 €	6.529,60 €	34.919,15 €
22	623	46,480	28.957,34 €	6.660,19 €	35.617,53 €
23	623	47,410	29.536,49 €	6.793,39 €	36.329,88 €
24	623	48,358	30.127,22 €	6.929,26 €	37.056,48 €
25	623	49,325	30.729,76 €	7.067,85 €	37.797,61 €
26	623	50,312	31.344,36 €	7.209,20 €	38.553,56 €
27	623	51,318	31.971,25 €	7.353,39 €	39.324,63 €
28	623	52,345	32.610,67 €	7.500,45 €	40.111,12 €
29	623	53,391	33.262,88 €	7.650,46 €	40.913,35 €
30	623	54,459	33.928,14 €	7.803,47 €	41.731,61 €

Tablica 3. 9: Troškovi nakon zahvata

TROŠKOVI NAKON ZAHVATA							
Godina	Potrošnja peleta [MWh]	Cijena peleta [€/MWh]	Trošak peleta [€]	Trošak održavanja [€]	Trošak [€]	PDV (23%)	Ukupni trošak [€]
0							
1	183	35,519	6.500,00 €		6.500,00 €	1.495,00 €	7.994,99 €
2	183	35,874	6.565,00 €		6.565,00 €	1.509,95 €	8.074,94 €
3	183	36,233	6.630,65 €		6.630,65 €	1.525,05 €	8.155,69 €
4	183	36,595	6.696,95 €		6.696,95 €	1.540,30 €	8.237,25 €
5	183	36,961	6.763,92 €	5.000,00 €	11.763,92 €	2.705,70 €	14.469,62 €
6	183	37,331	6.831,56 €		6.831,56 €	1.571,26 €	8.402,82 €
7	183	37,704	6.899,88 €		6.899,88 €	1.586,97 €	8.486,85 €
8	183	38,081	6.968,87 €		6.968,87 €	1.602,84 €	8.571,72 €
9	183	38,462	7.038,56 €		7.038,56 €	1.618,87 €	8.657,43 €
10	183	38,847	7.108,95 €	6.000,00 €	13.108,95 €	3.015,06 €	16.124,01 €
11	183	39,235	7.180,04 €		7.180,04 €	1.651,41 €	8.831,45 €
12	183	39,628	7.251,84 €		7.251,84 €	1.667,92 €	8.919,76 €
13	183	40,024	7.324,36 €		7.324,36 €	1.684,60 €	9.008,96 €
14	183	40,424	7.397,60 €		7.397,60 €	1.701,45 €	9.099,05 €
15	183	40,828	7.471,58 €	8.000,00 €	15.471,58 €	3.558,46 €	19.030,04 €
16	183	41,237	7.546,29 €		7.546,29 €	1.735,65 €	9.281,94 €
17	183	41,649	7.621,76 €		7.621,76 €	1.753,00 €	9.374,76 €
18	183	42,065	7.697,97 €		7.697,97 €	1.770,53 €	9.468,51 €
19	183	42,486	7.774,95 €		7.774,95 €	1.788,24 €	9.563,19 €
20	183	42,911	7.852,70 €	8.000,00 €	15.852,70 €	3.646,12 €	19.498,82 €
21	183	43,340	7.931,23 €		7.931,23 €	1.824,18 €	9.755,41 €
22	183	43,773	8.010,54 €		8.010,54 €	1.842,42 €	9.852,97 €
23	183	44,211	8.090,65 €		8.090,65 €	1.860,85 €	9.951,50 €
24	183	44,653	8.171,55 €		8.171,55 €	1.879,46 €	10.051,01 €
25	183	45,100	8.253,27 €	9.000,00 €	17.253,27 €	3.968,25 €	21.221,52 €
26	183	45,551	8.335,80 €		8.335,80 €	1.917,23 €	10.253,04 €
27	183	46,006	8.419,16 €		8.419,16 €	1.936,41 €	10.355,57 €
28	183	46,466	8.503,35 €		8.503,35 €	1.955,77 €	10.459,12 €
29	183	46,931	8.588,39 €		8.588,39 €	1.975,33 €	10.563,71 €
30	183	47,400	8.674,27 €		8.674,27 €	1.995,08 €	10.669,35 €

Prema dobivenim rezultatima potrošnje i troška određene su uštede i neto dobit te na kraju unutrašnja stopa povrata investicije [15].

Tablica 3. 10: Dobit, neto dobit i izračun IRR

PROCJENA ISPLATIVOSTI				
Godina	Dobit [€]	Porez (20%)	Netto Dobit [€]	IRR
0				-190.000 €
1	15.504,59 €	3.100,92 €	12.403,67 €	12403,67
2	15.894,63 €	3.178,93 €	12.715,71 €	12715,71
3	16.293,28 €	3.258,66 €	13.034,62 €	13034,62
4	16.700,70 €	3.340,14 €	13.360,56 €	13360,56
5	10.967,08 €	2.193,42 €	8.773,67 €	8773,67
6	17.542,62 €	3.508,52 €	14.034,10 €	14034,10
7	17.977,50 €	3.595,50 €	14.382,00 €	14382,00
8	18.421,92 €	3.684,38 €	14.737,54 €	14737,54
9	18.876,08 €	3.775,22 €	15.100,86 €	15100,86
10	11.960,17 €	2.392,03 €	9.568,14 €	9568,14
11	19.814,42 €	3.962,88 €	15.851,53 €	15851,53
12	20.299,02 €	4.059,80 €	16.239,22 €	16239,22
13	20.794,20 €	4.158,84 €	16.635,36 €	16635,36
14	21.300,17 €	4.260,03 €	17.040,14 €	17040,14
15	11.977,16 €	2.395,43 €	9.581,73 €	9581,73
16	22.345,41 €	4.469,08 €	17.876,33 €	17876,33
17	22.885,14 €	4.577,03 €	18.308,11 €	18308,11
18	23.436,59 €	4.687,32 €	18.749,27 €	18749,27
19	24.000,00 €	4.800,00 €	19.200,00 €	19200,00
20	14.735,63 €	2.947,13 €	11.788,51 €	11788,51
21	25.163,74 €	5.032,75 €	20.130,99 €	20130,99
22	25.764,56 €	5.152,91 €	20.611,65 €	20611,65
23	26.378,39 €	5.275,68 €	21.102,71 €	21102,71
24	27.005,47 €	5.401,09 €	21.604,37 €	21604,37
25	16.576,09 €	3.315,22 €	13.260,87 €	13260,87
26	28.300,52 €	5.660,10 €	22.640,42 €	22640,42
27	28.969,07 €	5.793,81 €	23.175,25 €	23175,25
28	29.652,00 €	5.930,40 €	23.721,60 €	23721,60
29	30.349,63 €	6.069,93 €	24.279,71 €	24279,71
30	31.062,26 €	6.212,45 €	24.849,81 €	24849,81
			IRR=	6,805%

Prema tablično prikazanim podacima izračunata je unutrašnja stopa povrata investicije [15] koja iznosi približno 7 %.

3.1.6.3 Slučaj kada škola prelazi na vlastito grijanje korištenjem toplinske pumpe

Procijenjeno je da bi uz dodatak kotla na drvene pelete investicija iznosila približno 250000 €. Prema potrebnoj količini topline i pretpostavljenom faktoru grijanja i hlađenja COP=3,5 određena je potrebna godišnja količina električne energije za pogon toplinske(ih) pumpe(i). Cijena električne energije uzeta je iz cjenika sa web-stranica Hrvatske elektroprivrede d.d. [28]. Budući da je grijanje u školi uključeno tijekom dana, uzeta je cijena električne energije za višu tarifnu stavku koja iznosi 0,1 €/kWh. Predviđeno je povećanje cijene električne energije od 1% godišnje.

Tablica 3. 11: Troškovi prije zahvata

TROŠKOVI PRIJE ZAHVATA					
Godina	Potrošnja Topline [MWh]	Cijena topline [€/MWh]	Trošak topline [€]	PDV (23%)	Ukupni trošak [€]
0					
1	623	30,667	19.105,35 €	4.394,23 €	23.499,59 €
2	623	31,280	19.487,46 €	4.482,12 €	23.969,58 €
3	623	31,906	19.877,21 €	4.571,76 €	24.448,97 €
4	623	32,544	20.274,75 €	4.663,19 €	24.937,95 €
5	623	33,195	20.680,25 €	4.756,46 €	25.436,71 €
6	623	33,859	21.093,85 €	4.851,59 €	25.945,44 €
7	623	34,536	21.515,73 €	4.948,62 €	26.464,35 €
8	623	35,226	21.946,05 €	5.047,59 €	26.993,64 €
9	623	35,931	22.384,97 €	5.148,54 €	27.533,51 €
10	623	36,650	22.832,67 €	5.251,51 €	28.084,18 €
11	623	37,383	23.289,32 €	5.356,54 €	28.645,86 €
12	623	38,130	23.755,11 €	5.463,67 €	29.218,78 €
13	623	38,893	24.230,21 €	5.572,95 €	29.803,16 €
14	623	39,671	24.714,81 €	5.684,41 €	30.399,22 €
15	623	40,464	25.209,11 €	5.798,10 €	31.007,20 €
16	623	41,273	25.713,29 €	5.914,06 €	31.627,35 €
17	623	42,099	26.227,56 €	6.032,34 €	32.259,90 €
18	623	42,941	26.752,11 €	6.152,98 €	32.905,09 €
19	623	43,800	27.287,15 €	6.276,04 €	33.563,19 €
20	623	44,676	27.832,89 €	6.401,57 €	34.234,46 €
21	623	45,569	28.389,55 €	6.529,60 €	34.919,15 €
22	623	46,480	28.957,34 €	6.660,19 €	35.617,53 €
23	623	47,410	29.536,49 €	6.793,39 €	36.329,88 €
24	623	48,358	30.127,22 €	6.929,26 €	37.056,48 €
25	623	49,325	30.729,76 €	7.067,85 €	37.797,61 €
26	623	50,312	31.344,36 €	7.209,20 €	38.553,56 €
27	623	51,318	31.971,25 €	7.353,39 €	39.324,63 €
28	623	52,345	32.610,67 €	7.500,45 €	40.111,12 €
29	623	53,391	33.262,88 €	7.650,46 €	40.913,35 €
30	623	54,459	33.928,14 €	7.803,47 €	41.731,61 €

Tablica 3. 12: Troškovi nakon zahvata

TROŠKOVI NAKON ZAHVATA							
Godina	Potrošnja E.I.E. [kWh]	E.I.E. [€/MWh]	Trošak topline [€]	Trošak održavanja [€]	Trošak [€]	PDV (23%)	Ukupni trošak [€]
0							
1	34500	0,100	3.450,00 €		3.450,00 €	793,50 €	4.243,50 €
2	34500	0,101	3.484,50 €		3.484,50 €	801,44 €	4.285,94 €
3	34500	0,102	3.519,35 €		3.519,35 €	809,45 €	4.328,79 €
4	34500	0,103	3.554,54 €		3.554,54 €	817,54 €	4.372,08 €
5	34500	0,104	3.590,08 €	5.000,00 €	8.590,08 €	1.975,72 €	10.565,80 €
6	34500	0,105	3.625,98 €		3.625,98 €	833,98 €	4.459,96 €
7	34500	0,106	3.662,24 €		3.662,24 €	842,32 €	4.504,56 €
8	34500	0,107	3.698,87 €		3.698,87 €	850,74 €	4.549,61 €
9	34500	0,108	3.735,86 €		3.735,86 €	859,25 €	4.595,10 €
10	34500	0,109	3.773,21 €	6.000,00 €	9.773,21 €	2.247,84 €	12.021,05 €
11	34500	0,110	3.810,95 €		3.810,95 €	876,52 €	4.687,46 €
12	34500	0,112	3.849,06 €		3.849,06 €	885,28 €	4.734,34 €
13	34500	0,113	3.887,55 €		3.887,55 €	894,14 €	4.781,68 €
14	34500	0,114	3.926,42 €		3.926,42 €	903,08 €	4.829,50 €
15	34500	0,115	3.965,69 €	8.000,00 €	11.965,69 €	2.752,11 €	14.717,79 €
16	34500	0,116	4.005,34 €		4.005,34 €	921,23 €	4.926,57 €
17	34500	0,117	4.045,40 €		4.045,40 €	930,44 €	4.975,84 €
18	34500	0,118	4.085,85 €		4.085,85 €	939,75 €	5.025,60 €
19	34500	0,120	4.126,71 €		4.126,71 €	949,14 €	5.075,85 €
20	34500	0,121	4.167,98 €	8.000,00 €	12.167,98 €	2.798,63 €	14.966,61 €
21	34500	0,122	4.209,66 €		4.209,66 €	968,22 €	5.177,88 €
22	34500	0,123	4.251,75 €		4.251,75 €	977,90 €	5.229,66 €
23	34500	0,124	4.294,27 €		4.294,27 €	987,68 €	5.281,95 €
24	34500	0,126	4.337,21 €		4.337,21 €	997,56 €	5.334,77 €
25	34500	0,127	4.380,58 €	9.000,00 €	13.380,58 €	3.077,53 €	16.458,12 €
26	34500	0,128	4.424,39 €		4.424,39 €	1.017,61 €	5.442,00 €
27	34500	0,130	4.468,63 €		4.468,63 €	1.027,79 €	5.496,42 €
28	34500	0,131	4.513,32 €		4.513,32 €	1.038,06 €	5.551,38 €
29	34500	0,132	4.558,45 €		4.558,45 €	1.048,44 €	5.606,90 €
30	34500	0,133	4.604,04 €		4.604,04 €	1.058,93 €	5.662,97 €

Prema dobivenim rezultatima potrošnje i troška određene su uštede i neto dobit te na kraju unutrašnja stopa povrata investicije [15].

Tablica 3. 13: Dobit, neto dobit i izračun IRR

PROCJENA ISPLATIVOSTI				
Godina	Dobit [€]	Porez (20%)	Netto Dobit [€]	IRR
0				-250.000 €
1	19.256,09 €	3.851,22 €	15.404,87 €	15404,87
2	19.683,64 €	3.936,73 €	15.746,91 €	15746,91
3	20.120,17 €	4.024,03 €	16.096,14 €	16096,14
4	20.565,87 €	4.113,17 €	16.452,69 €	16452,69
5	14.870,90 €	2.974,18 €	11.896,72 €	11896,72
6	21.485,48 €	4.297,10 €	17.188,38 €	17188,38
7	21.959,79 €	4.391,96 €	17.567,83 €	17567,83
8	22.444,03 €	4.488,81 €	17.955,22 €	17955,22
9	22.938,41 €	4.587,68 €	18.350,73 €	18350,73
10	16.063,13 €	3.212,63 €	12.850,50 €	12850,50
11	23.958,40 €	4.791,68 €	19.166,72 €	19166,72
12	24.484,44 €	4.896,89 €	19.587,55 €	19587,55
13	25.021,47 €	5.004,29 €	20.017,18 €	20017,18
14	25.569,72 €	5.113,94 €	20.455,78 €	20455,78
15	16.289,41 €	3.257,88 €	13.031,53 €	13031,53
16	26.700,78 €	5.340,16 €	21.360,62 €	21360,62
17	27.284,06 €	5.456,81 €	21.827,25 €	21827,25
18	27.879,50 €	5.575,90 €	22.303,60 €	22303,60
19	28.487,34 €	5.697,47 €	22.789,87 €	22789,87
20	19.267,85 €	3.853,57 €	15.414,28 €	15414,28
21	29.741,27 €	5.948,25 €	23.793,02 €	23793,02
22	30.387,88 €	6.077,58 €	24.310,30 €	24310,30
23	31.047,93 €	6.209,59 €	24.838,34 €	24838,34
24	31.721,71 €	6.344,34 €	25.377,37 €	25377,37
25	21.339,49 €	4.267,90 €	17.071,59 €	17071,59
26	33.111,56 €	6.622,31 €	26.489,25 €	26489,25
27	33.828,21 €	6.765,64 €	27.062,57 €	27062,57
28	34.559,74 €	6.911,95 €	27.647,79 €	27647,79
29	35.306,45 €	7.061,29 €	28.245,16 €	28245,16
30	36.068,65 €	7.213,73 €	28.854,92 €	28854,92
			IRR=	6,166%

Prema tablično prikazanim podacima izračunata je unutrašnja stopa povrata investicije [15] koja iznosi približno 6 %.

3.2 Potrošnja energije u obrazovnom sustavu

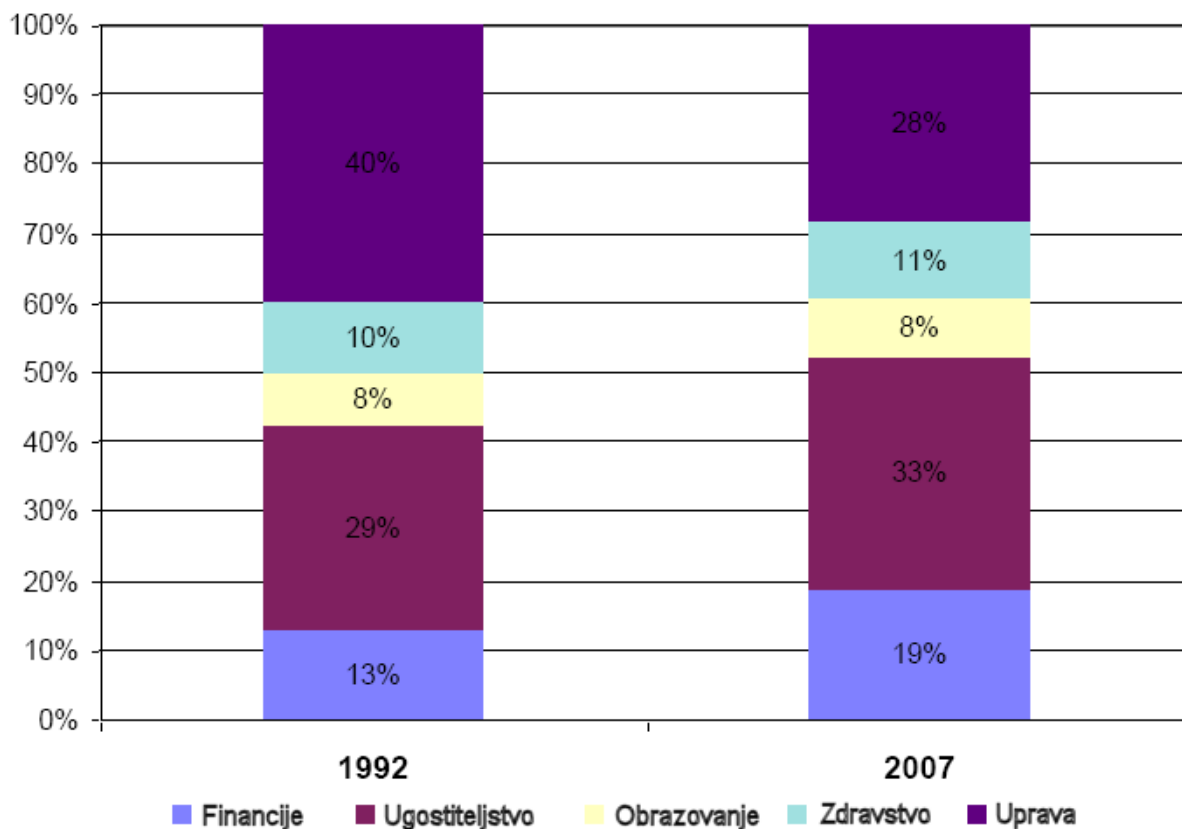
Obrazovni sustav nalazi se u sklopu podsektora usluga koji se nalazi u sektoru opće potrošnje. Pored obrazovnog sustava podsektor usluga sadrži još ugostiteljstvo, zdravstvo, upravu i trgovinu.

3.2.1 Potrošnja energije u obrazovnom sustavu prema osnovnom scenariju Strategije energetskeg razvoja Republike Hrvatske

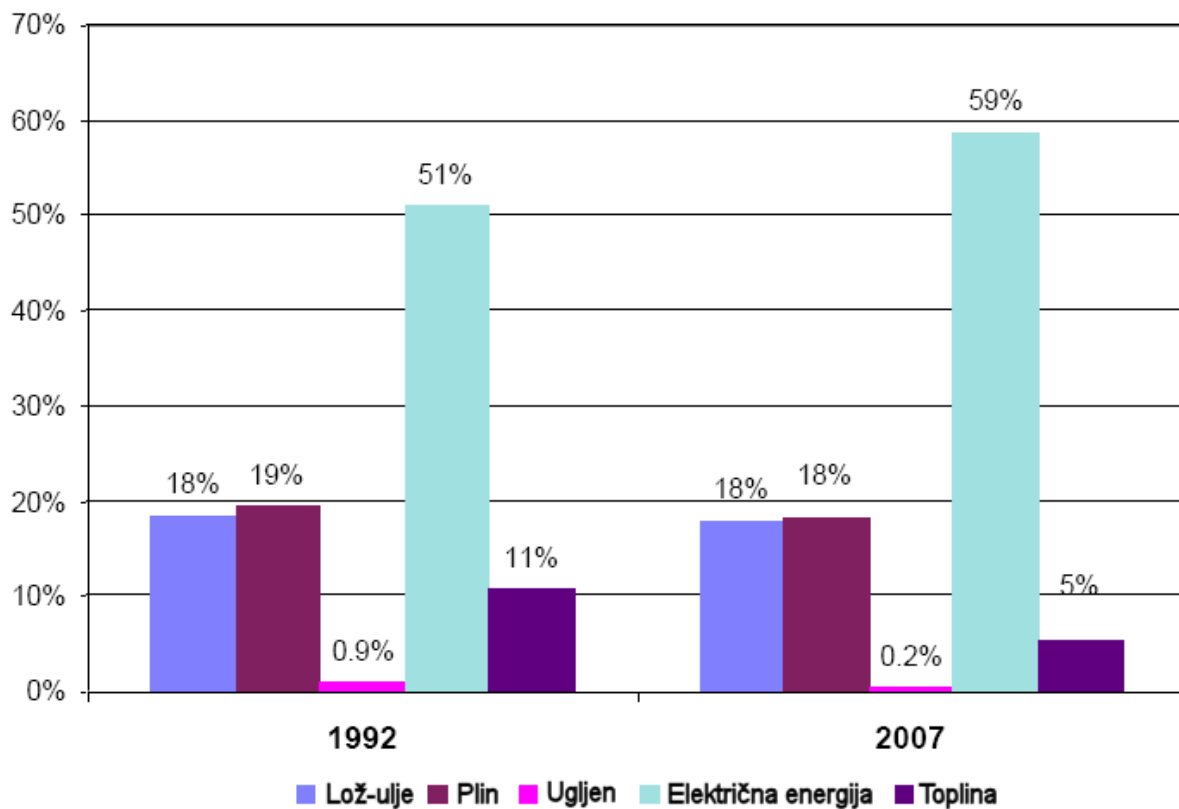
Prema Strategiji energetskeg razvoja Republike Hrvatske [10] (u daljnjem tekstu: Strategiji) pri analizama potrošnje i predviđanjima potrošnje u budućnosti podsektor usluga nije raščlanjen na sastavne dijelove već se potrošnja kompletnog sektora usluga temelji na procjeni porasta potrošnje u obliku postotka. Prema Strategiji se predviđa povećanje potrošnje energije u sektoru usluga od 5,3% godišnje između 2006. i 2020. godine. Između 2020. i 2030. godine predviđa se stopa porasta potrošnje energije od 3,5% godišnje. Nakon 2030. godine potrošnja energije se u Strategiji ne predviđa, no za naše potrebe određena je prema krivulji trenda napravljenoj u Excelu™.

Nakon što je na navedeni način određena potrošnja energije prema osnovnom scenariju Strategije potrebno je odrediti koliki udio od te potrošnje otpada na obrazovni sustav. Za to je korišteno izvješće Energetskog instituta Hrvoje Požar Energy Efficiency Policies and Measures in Croatia [29]. Prema tom izvješću potrošnja električne energije obrazovnog sustava čini 8% potrošnje električne energije cijelog sektora usluga, a prema tome je i ukupna potrošnja energije obrazovnog sustava također 8% ukupne potrošnje energije sektora usluga. Na slici 2. 9 prikazani su udjeli potrošnje električne energije unutar sektora usluga. Prema tim podacima može se izračunati koliko se energije troši u obrazovnom sustavu. Pri predviđanju potrošnje u budućnosti uvedena je pretpostavka da će udio potrošnje energije obrazovnog sustava u potrošnji sektora usluga i dalje iznositi 8%.

U izvješću Energetskog instituta može se također pronaći informacija o udjelima pojedinog energenta u ukupnoj potrošnji energije obrazovnog sustava. Prema tim i ranije navedenim podacima može se izračunati koliko se energije u obrazovnom sustavu troši na grijanje, a koliko kao električna energija. Slika 2. 10 prikazuje udjele potrošnje energenata u ukupnoj potrošnji energije u sektoru usluga.



Slika 3. 9: Udjeli potrošnje električne energije pojedinog podsektora u sektoru usluga

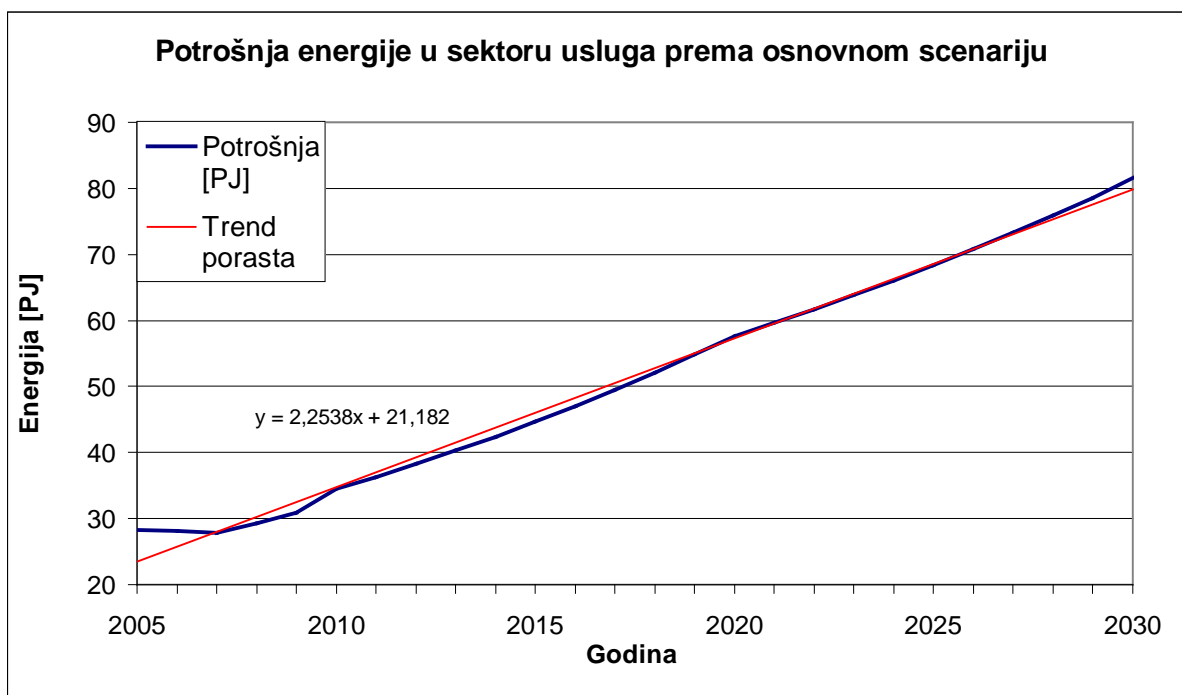


Slika 3. 10: Udjeli pojedinih energenata u potrošnji energije u sektoru usluga

Računanje potrošnje prema osnovnom scenariju Strategije [10] je vrlo jednostavna stvar i svodi se na uvećanje potrošnje iz godine u godinu za određeni postotak.

Budući da je želja da se potrošnja prikazuje sa 2005. godinom kao početnom, potrebno je izračunati i potrošnju energije za godine koje prethode baznoj godini u Strategiji (2006. godina) [10]. Podaci o ukupnoj potrošnji energije te potrošnji električne energije uzeti su iz publikacije *Energija u Hrvatskoj 2007* [30], koju izdaje Ministarstvo gospodarstva, rada i poduzetništva te je na temelju tih podataka, a u skladu s ranije navedenim udjelima energenata, izračunata potrošnja.

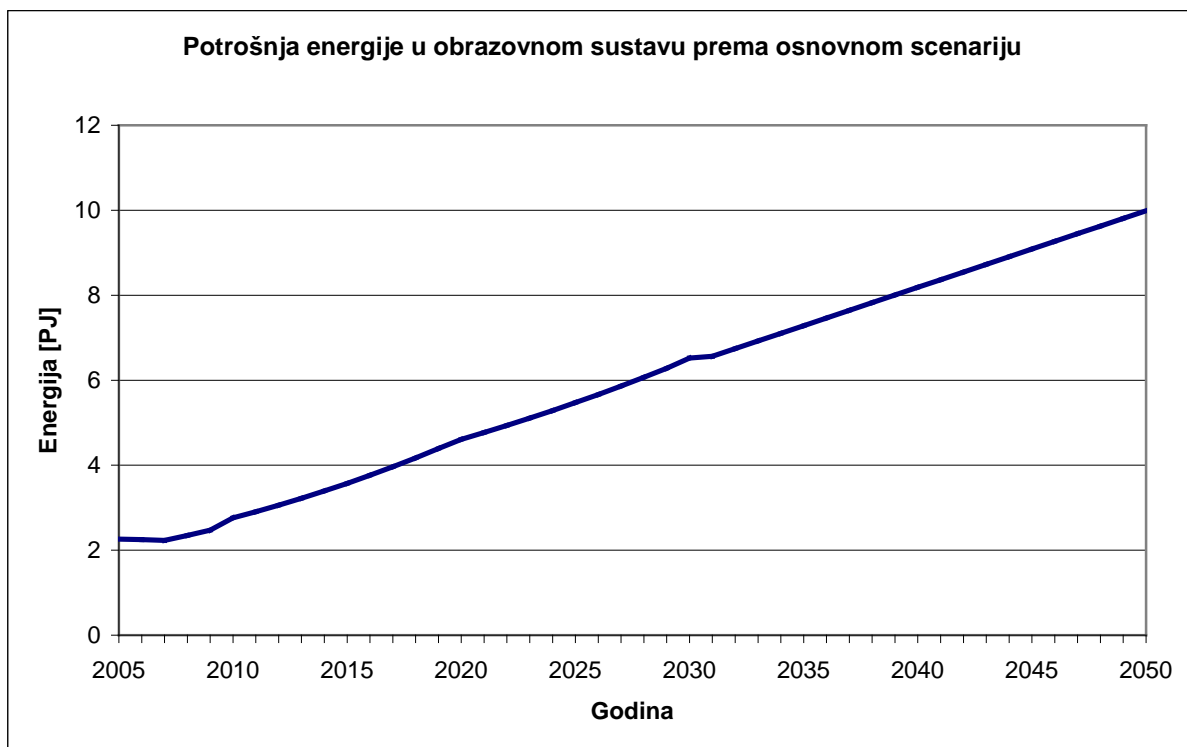
Na gore opisan način, a prema vrijednostima uzetim iz Strategije [10] i izvješća Energetskog instituta [29], izračunate su vrijednosti potrošnje energije u obrazovnom sustavu Republike Hrvatske prema osnovnom scenariju Strategije [10] te su rezultati prikazani tablično i dijagramski. Na dijagramu potrošnje u sektoru usluga do 2030. godine je vidljiva i linija trenda kao i jednadžba koja ju opisuje, a koje su korištene za predviđanje potrošnje energije nakon 2030. godine.



Slika 3. 11: Potrošnja energije do 2030. godine u sektoru usluga prema osnovnom scenariju Strategije

Tablica 3. 14: Potrošnja energije prema osnovnom scenariju Strategije

POTROŠNJA ENERGIJE PREMA STRATEGIJI				
GODINA	SEKTOR USLUGA		SEKTOR ŠKOLSTVA	
	POTROŠNJA ENERGIJE [PJ]	POTROŠNJA ENERGIJE [GWh]	POTROŠNJA ENERGIJE [PJ]	POTROŠNJA ENERGIJE [GWh]
2005	28,24	7844,44	2,26	627,56
2010	34,50	9583,33	2,76	766,67
2015	44,66	12406,76	3,57	992,54
2020	57,60	16000,00	4,61	1280,00
2025	68,41	19002,98	5,47	1520,24
2030	81,51	22641,67	6,52	1811,33
2035	91,05	25291,61	7,28	2023,33
2040	102,32	28421,89	8,19	2273,75
2045	113,59	31552,17	9,09	2524,17
2050	124,86	34682,44	9,99	2774,60



Slika 3. 12: Potrošnja energije prema osnovnom scenariju Strategije

Kao što je vidljivo iz tabličnih podataka i dijagrama očekuje se porast potrošnje energije u obrazovnom sustavu u budućnosti. U razmatranjima budućeg broja učenika u obrazovnim objektima ustvrdili smo da će prema tim pokazateljima potrošnja energije obrazovnog sustava u budućnosti vjerojatno padati. Razlog razmimoilaženja u tim pretpostavkama i gore prikazanim rezultatima leži u tome što je osnovna ideja pri izradi

predviđanja potrošnje energije prema Strategiji [10] bila da će se potrošnja sektora usluga povećavati, a prema njoj i potrošnja obrazovnog sustava. S druge strane, pri predviđanju potrošnje prema Modelu uzeta je u obzir činjenica vjerojatnog pada školske populacije i povećanje energetske učinkovitosti koji bi realno gledano trebali dovesti do pada potrošnje, te gore prikazani rezultati ne bi trebali djelovati zbunjujuće.

3.2.2 Potrošnja energije obrazovnog sustava prema Modelu

Obrazovne zgrade podijeljene su na osnovne škole, srednje škole, dječje vrtiće te visokoobrazovne ustanove. Svaki od tipova obrazovnih zgrada raščlanjen je na obrazovne zgrade prema pripadnosti statističkom području [20]. Unutar statističkog područja tipovi objekata podijeljeni su prema broju djece koja pohađaju nastavu tijekom dana na sljedeći način. Osnovne škole podijeljene su na škole s manje od 200 učenika, 200 do 500 učenika i više od 500 učenika. Srednje škole podijeljene su na škole s manje od 500 učenika, 500 do 1000 učenika i više od 1000 učenika. Vrtići u Sjeverozapadnoj te Središnjoj i istočnoj Hrvatskoj podijeljeni su na vrtiće s manje od 50 djece, 50 do 100 djece i više od 100 djece. Vrtići u Jadranskoj Hrvatskoj podijeljeni su na vrtiće s manje od 100 djece, 100 do 200 djece i više od 200 djece. Visokoobrazovne ustanove podijeljene su na visokoobrazovne ustanove s manje od 750 studenata, ustanove s 750 do 1500 studenata te ustanove s više od 1500 studenata. Ova podjela temeljena je na dostupnim podacima o obrazovnim objektima koji se nalaze u ISGE sustavu [17].

Potrošnja energije računa se na način opisan u podpoglavlju 2.2.1. Rezultati izračuna potrošnje po tipovima objekata zbrojeni su prema pripadnosti pojedinom statističkom području te se može prikazati ukupna potrošnja za svaki tip objekta (potrošnja osnovnih, srednjih škola, vrtića i visokoobrazovnih ustanova). Također, može se prikazati i potrošnja prema pripadnosti pojedinom statističkom području, kao i sveukupna potrošnja fonda obrazovnih zgrada za cijelu Hrvatsku, što je nama i najzanimljivije. Ovdje će biti prikazani podaci o potrošnji samo prema tipu objekta te podaci o ukupnoj potrošnji energenata i vode za cjelokupni fond obrazovnih zgrada.

3.2.2.1 Statistička područja Hrvatske

Statistička područja Hrvatske su područja koje je u suradnji s Eurostatom [18] odredio Državni zavod za statistiku Republike Hrvatske. Postoje od 7. rujna 2005., nakon čega su doživjele različite stupnjeve prihvaćanja i službenosti. Postoje tri statistička područja koja se sastoje svako od po nekoliko županija.

Prema Eurostatu [18], Republika Hrvatska podijeljena je na:

- 1) Sjeverozapadnu Hrvatsku:
 - Grad Zagreb
 - Zagrebačka županija
 - Krapinsko-zagorska županija
 - Varaždinska županija
 - Koprivničko-križevačka županija
- 2) Središnju i Istočnu (Panonsku) Hrvatsku:
 - Bjelovarsko-bilogorska županija
 - Virovitičko-podravska županija
 - Požeško-slavonska županija
 - Brodsko-posavska županija
 - Osječko-baranjska županija
 - Vukovarsko-srijemska županija
 - Karlovačka županija
 - Sisačko-moslavačka županija
- 3) Jadransku Hrvatsku:
 - Primorsko-goranska županija
 - Ličko-senjska županija
 - Zadarska županija
 - Šibensko-kninska županija
 - Splitsko-dalmatinska županija
 - Istarska županija
 - Dubrovačko-neretvanska županija



Slika 3. 13: Statistička područja Republike Hrvatske

3.2.2.2 Informacijski sustav za gospodarenje energijom (ISGE)

ISGE [17] je računalni program kojem se može pristupiti putem interneta i omogućava pohranjivanje i pristup informacijama o potrošnji energije i vode u svim zgradama koje su obuhvaćene sustavom. Mogućnost pristupa ISGE-u putem interneta osigurava jednostavan unos podataka iz bilo koje zgrade u kojem postoji internetski priključak i to ručno od strane administratora ili ovlaštene osobe ili automatski, preuzimanjem podataka s mjerila koja imaju mogućnost daljinskog očitavanja (plinomjeri, vodomjeri, kalorimetri, brojila el. energije, mjerila potrošnje loživog ulja i sl.).

ISGE [17] omogućava:

- 1) kontinuirano ažuriranje i održavanje baze podataka o pojedinoj zgradi kao što su:
 - opći podaci o zgradi (naziv, lokacija, namjena, površina, godina izgradnje, broj etaža, broj osoba u objektu itd.),
 - konstrukcijski podaci (na koji je način izgrađena zgrada i u kakvom je generalnom stanju),

- energetske podatke (koji su glavni potrošači energije u zgradi i kolika je potrošnja energije).

2) Kontinuirano unošenje i nadzor nad podacima o potrošnji svih vrsta energenata i vode

ISGE [17] sadrži podatke o:

- mjesečnoj potrošnji svih energenata i vode preuzete s računa za pojedini energent; na ovaj način omogućeno je financijsko praćenje stvarnog troška za energente,
- podatke o tjednoj potrošnji energenata koji se očitavaju svakog ponedjeljka i petka u približno isto vrijeme (recimo ponedjeljak na početku radnog vremena cca 8:00h i petak na kraju radnog vremena cca 16:00h), te svakog 01. u mjesecu; na ovaj način omogućava se stvarno praćenje potrošnje energije prema očitavanjima s brojila, ujedno se omogućava i kontrola ispostavljenih računa za potrošenu energiju,
- podatke o dnevnoj potrošnji pomoću sustava za daljinsko očitavanje potrošnje energije; u slučaju daljinskog očitavanja potrošnje energije interval očitavanja može se povećati (npr. 2 puta u danu u isto vrijeme),
- podatke o vanjskoj temperaturi.

3) Obradu i analizu prikupljenih podataka

ISGE [17] omogućava pregledavanje i uspoređivanje općih podataka o objektu i podataka o potrošnji energije te pripremanje i ispisivanje različitih vrsta izvještaja.

Izvješća ISGE-a su:

- sumarni tablični ispis podataka (općih, konstrukcijskih, energetskih, podataka o troškovima održavanja te energetskih izvješća) za pojedini objekt ili za skupinu objekata kao na primjer:
 - ispis podataka za određeni tip objekta (škola, vrtić, sportski objekt) na području grada, županije ili cijele hrvatske,
 - ispis liste tipa objekata prema različitim kriterijima poput kvadrature, potrošnje energije, specifične potrošnje energije, godine izgradnje i sl,
 - ispis ukupne potrošnje pojedinog energenta (u jedinicama u kojima se kupuje, preračunato u kwh te financijski trošak) za skupinu objekata ili sve objekte u bazi u određenom vremenskom periodu.

- energetska izvješća za pojedini objekt (tablični i grafički prikaz) i to:
 - ukupnu potrošnju svih energenata u jednom objektu izraženu u jedinicama u kojima se energent kupuje (litre, m³...), izraženu u kWh i s financijskim troškom za pojedini energent,
 - kumulativni prikaz potrošnje energenta i financijskog troška za određeni period (mjesečni, polugodišnji, godišnji i višegodišnji),
 - kretanje potrošnje pojedinog energenta u određenom vremenskom razdoblju u jedinicama u kojima se energent kupuje, u kwh i financijski trošak,
 - specifična potrošnja (l, m³, kWh,) svih ili pojedinog energenta za objekt izražena po m², m³, čovjeku...; uz specifičnu potrošnju ispis indikatora (referentnih vrijednosti) za usporedbu.
- usporedbe pojedinih ili skupine objekata (tablično i grafički) i to:
 - uspoređivanje ukupne ili specifične potrošnje energije za dva ili više sličnih objekata u jednom izvješću,
 - uspoređivanje potrošnje energije za isti objekt u različitim vremenskim periodima (mjesec prije ili isti mjesec u prijašnjim godinama).

Korištenjem ISGE-a i izvještaja koje sustav generira, uvelike se olakšava kontinuiran nadzor nad potrošnjom energije te analiza potrošnje po pojedinom objektu ili skupini objekata, što je osnova sustavnog gospodarenja energijom. Usporedbom pojedinih indikatora dobivenih tijekom analize identificiramo potencijalne projekte poboljšanja energetske efikasnosti, a njihovom realizacijom možemo ostvariti znatne uštede.

Uvođenjem ISGE-a u organizacijsku strukturu jedinica lokalne i regionalne samouprave omogućava se:

- rano otkrivanje nepotrebnog rasipanja energije,
- informacijska potpora za donošenje odluka,
- pregled i analiza dosadašnjih operativnih podataka,
- identificiranje, priprema i izvršavanje projekata poboljšanja energetske efikasnosti,
- precizno definiranje pokazatelja potrošnje, efikasnosti i uspješnosti,
- potpora budžetiranju.

3.2.2.3 Broj živorođenih

U tablici su dane vrijednosti broja živorođenih do 2050. godine izračunate na ranije opisan način. Vrijednosti su prikazane za sva tri demografska scenarija za neke karakteristične godine za koje će kasnije biti prikazani i ostali rezultati. Također, prikazan je postotak živorođenih po statističkim područjima [20].

Tablica 3. 15: Broj živorođenih prema demografskim scenarijima

NISKI FERTILITET-NISKA MIGRACIJA					SREDNJI FERTILITET-SREDNJA MIGRACIJA				
ŽIVOROĐENI-BROJČANO					ŽIVOROĐENI-BROJČANO				
REGIJA / GODINA	SJEVERO ZAPADNA	SREDIŠNJA I ISTOČNA	JADRANSKA	UKUPNO	REGIJA / GODINA	SJEVERO ZAPADNA	SREDIŠNJA I ISTOČNA	JADRANSKA	UKUPNO
2005	16296	12633	13563	42492	2005	16296	12633	13563	42492
2010	15263	10800	12537	38600	2010	16172	11444	13284	40900
2015	14307	9445	11648	35400	2015	16408	10833	13359	40600
2020	13336	8199	10765	32300	2020	16226	9975	13098	39300
2025	12480	7129	9991	29600	2025	15895	9080	12725	37700
2030	11577	6129	9194	26900	2030	15493	8203	12304	36000
2035	10670	5221	8409	24300	2035	15193	7434	11973	34600
2040	9987	4502	7811	22300	2040	15003	6763	11734	33500
2045	9406	3891	7303	20600	2045	15068	6233	11699	33000
2050	8841	3342	6817	19000	2050	15077	5699	11624	32400
VISOKI FERTILITET-VISOKA MIGRACIJA					ŽIVOROĐENI-POSTOTNO				
ŽIVOROĐENI-BROJČANO					ŽIVOROĐENI-POSTOTNO				
REGIJA / GODINA	SJEVERO ZAPADNA	SREDIŠNJA I ISTOČNA	JADRANSKA	UKUPNO	REGIJA / GODINA	SJEVERO ZAPADNA	SREDIŠNJA I ISTOČNA	JADRANSKA	UKUPNO
2005	16296	12633	13563	42492	2005	38,35%	29,73%	31,92%	100,00%
2010	17002	12032	13966	43000	2010	39,54%	27,98%	32,48%	100,00%
2015	18429	12167	15004	45600	2015	40,41%	26,68%	32,90%	100,00%
2020	19199	11803	15498	46500	2020	41,29%	25,38%	33,33%	100,00%
2025	19648	11223	15729	46600	2025	42,16%	24,08%	33,75%	100,00%
2030	20098	10640	15961	46700	2030	43,04%	22,78%	34,18%	100,00%
2035	20814	10184	16402	47400	2035	43,91%	21,49%	34,60%	100,00%
2040	21542	9710	16848	48100	2040	44,79%	20,19%	35,03%	100,00%
2045	22693	9387	17620	49700	2045	45,66%	18,89%	35,45%	100,00%
2050	23825	9006	18369	51200	2050	46,53%	17,59%	35,88%	100,00%

Iz tablice je vidljivo da se očekuje pad broja živorođenih u Jadranskoj te Središnjoj i istočnoj Hrvatskoj, što je u skladu s trenutnim trendovima iseljavanja stanovništva iz tih krajeva i njihovog dolaska na područje Sjeverozapadne Hrvatske.

3.2.2.4. Broj učenika u osnovnim školama

U tablici su dane vrijednosti broja učenika u osnovnim školama do 2050. godine izračunate na ranije opisan način. Vrijednosti su prikazane za sva tri demografska scenarija za neke karakteristične godine za koje će kasnije biti prikazani i ostali rezultati.

Tablica 3. 16: Broj učenika u osnovnim školama prema demografskim scenarijima

NISKI FERTILITET				
REGIJA / GODINA	SJEVERO ZAPADNA	SREDIŠNJA I ISTOČNA	JADRANSKA	UKUPNO
2005	143859	120996	123097	387952
2010	139078	113234	119024	371336
2015	139546	107221	118341	365108
2020	132916	96462	111923	341301
2025	123913	85022	103853	312788
2030	116686	75639	97264	289589
2035	109725	67251	91016	267992
2040	102559	59509	84721	246789
2045	96261	52906	79220	228387
2050	91255	47512	74823	213590
SREDNJI FERTILITET				
REGIJA / GODINA	SJEVERO ZAPADNA	SREDIŠNJA I ISTOČNA	JADRANSKA	UKUPNO
2005	143859	120996	123097	387952
2010	139078	113234	119024	371336
2015	141352	108525	119829	369706
2020	143945	104096	120958	368999
2025	143702	97945	119944	361591
2030	141693	90868	117427	349988
2035	138806	83709	114274	336789
2040	136039	77066	111284	324389
2045	134114	71256	109021	314391
2050	133632	66422	107937	307991
VISOKI FERTILITET				
REGIJA / GODINA	SJEVERO ZAPADNA	SREDIŠNJA I ISTOČNA	JADRANSKA	UKUPNO
2005	143859	120996	123097	387952
2010	139078	113234	119024	371336
2015	143002	109717	121188	373907
2020	154422	111342	129537	395301
2025	163499	110855	136036	410390
2030	168362	107096	138930	414388
2035	171956	102451	140783	415190
2040	176606	98316	143467	418389
2045	182361	94624	147006	423991
2050	189842	91490	151860	433192

Kao što je vidljivo iz tablice, jedino se prema demografskom scenariju s visokim fertilitetom i visokom migracijom predviđa povećanje ukupnog broja učenika. Prema sva tri demografska scenarija broj učenika u Središnjoj i istočnoj Hrvatskoj drastično opada, što je i u skladu s trenutnim trendovima. Prema prikazanim podacima možemo očekivati da će najveće smanjenje potrošnje energije u fondu osnovnih škola biti za scenarij s niskim

fertilitetom i niskom migracijom jer se prema njemu predviđa najmanji broj učenika u osnovnim školama, te prema tome i najmanja potreba za energijom. S druge strane, prema demografskom scenariju s visokim fertilitetom i visokom migracijom možemo očekivati manje smanjenje potrošnje energije u fondu osnovnih škola.

3.2.2.5. Broj učenika u srednjim školama

U tablici su dane vrijednosti broja učenika u srednjim školama do 2050. godine izračunate na ranije opisan način. Vrijednosti su prikazane za sva tri demografska scenarija za neke karakteristične godine za koje će kasnije biti prikazani i ostali rezultati.

Tablica 3. 17: Broj učenika u srednjim školama prema demografskim scenarijima

NISKI FERTILITET				
REGIJA / GODINA	SJEVERO ZAPADNA	SREDIŠNJA I ISTOČNA	JADRANSKA	UKUPNO
2005	71073	55324	63264	189661
2010	70244	52262	61313	183819
2015	72009	50687	62394	185090
2020	72073	47653	62087	181813
2025	68597	42216	58601	169414
2030	65075	37249	55328	157652
2035	61624	32758	52180	146562
2040	58434	28820	49304	136559
2045	55113	25162	46375	126650
2050	52000	21947	43664	117612
SREDNJI FERTILITET				
REGIJA / GODINA	SJEVERO ZAPADNA	SREDIŠNJA I ISTOČNA	JADRANSKA	UKUPNO
2005	71073	55324	63264	189661
2010	70244	52262	61313	183819
2015	72009	50687	62394	185090
2020	72073	47653	62087	181813
2025	73113	45414	62310	180837
2030	73581	42888	62258	178727
2035	72775	39646	61186	173607
2040	71495	36317	59765	167578
2045	70123	33151	58303	161577
2050	69136	30379	57174	156688
SREDNJI FERTILITET				
REGIJA / GODINA	SJEVERO ZAPADNA	SREDIŠNJA I ISTOČNA	JADRANSKA	UKUPNO
2005	71073	55324	63264	189661
2010	70244	52262	61313	183819
2015	72009	50687	62394	185090
2020	72073	47653	62087	181813
2025	77337	48404	65780	191521
2030	81951	48431	69076	199458
2035	84480	46873	70640	201993
2040	86143	44723	71498	202365
2045	88072	42698	72564	203335
2050	90729	41001	74199	205929

Kao što je vidljivo iz tablice, jedino se prema demografskom scenariju s visokim fertilitetom i visokom migracijom predviđa povećanje ukupnog broja učenika. Prema sva tri demografska scenarija broj učenika u Središnjoj i istočnoj Hrvatskoj drastično opada, što je i u skladu s trenutnim trendovima. Prema prikazanim podacima možemo očekivati da će najveće smanjenje potrošnje energije u fondu srednjih škola biti za scenarij s niskim fertilitetom i niskom migracijom jer se prema njemu predviđa najmanji broj učenika u srednjim školama, te prema tome i najmanja potreba za energijom. S druge strane, prema demografskom scenariju s visokim fertilitetom i visokom migracijom možemo očekivati manje smanjenje potrošnje energije u fondu srednjih škola.

3.2.2.6 Broj djece u dječjim vrtićima

U tablici su dane vrijednosti broja djece u vrtićima do 2050. godine izračunate na ranije opisan način ovaj način. Vrijednosti su prikazane za sva tri demografska scenarija za neke karakteristične godine za koje će kasnije biti prikazani i ostali rezultati.

Tablica 3. 18: Broj djece u vrtićima prema demografskim scenarijima

NISKI FERTILITET				
REGIJA / GODINA	SJEVERO ZAPADNA	SREDIŠNJA I ISTOČNA	JADRANSKA	UKUPNO
2005	49153	21185	35773	106111
2010	57815	22082	43696	123593
2015	66212	25289	50043	141544
2020	71827	27434	54286	153547
2025	75857	28973	57332	162163
2030	78522	29991	59346	167859
2035	79333	30301	59960	169594
2040	75189	28718	56828	160735
2045	69118	26399	52239	147757
2050	63900	24406	48295	136602
SREDNJI FERTILITET				
REGIJA / GODINA	SJEVERO ZAPADNA	SREDIŠNJA I ISTOČNA	JADRANSKA	UKUPNO
2005	49153	21185	35773	106111
2010	61305	23415	46334	131054
2015	74684	28525	56446	159656
2020	86107	32888	65079	184074
2025	95776	36581	72387	204744
2030	103872	39674	78506	222052
2035	111011	42400	83901	237312
2040	111707	42666	84427	238800
2045	109228	41719	82553	233500
2050	107731	41147	81422	230300
VISOKI FERTILITET				
REGIJA / GODINA	SJEVERO ZAPADNA	SREDIŠNJA I ISTOČNA	JADRANSKA	UKUPNO
2005	49153	21185	35773	106111
2010	64327	24569	48618	137514
2015	82590	31545	62421	176557
2020	100326	38319	75826	214471
2025	117022	44696	88444	250162
2030	133002	50800	100522	284324
2035	149953	57274	113334	320561
2040	158371	60489	119696	338557
2045	162452	62048	122780	347280
2050	167875	64119	126879	358874

Kao što je vidljivo iz tablice, prema sva tri scenarija broj djece koja pohađaju vrtiće kontinuirano raste do 2040. godine. Tada je postotak djece koja pohađaju vrtiće jednak potencijalnoj populaciji vrtića, odnosno sva djeca do 6 godina pohađaju vrtiće ($e_v = 100\%$). Budući da postoji tendencija da sva potencijalna populacija vrtića pohađa vrtiće, za zadovoljavanje njihovog broja morat će se otvarati mnogi novi vrtići. Nakon 2040. godine prema demografskim scenarijima s niskim i srednjim fertilitetom dolazi do pada broja djece

koja pohađaju vrtiće, što je posljedica pada potencijalne populacije vrtića, a koja je predviđena u projekcijama stanovništva Državnog zavoda za statistiku [16]. Prema demografskom scenariju sa visokim fertilitetom broj djece u vrtićima nastavlja rasti i nakon 2040 godine zbog daljnjeg porasta potencijalne populacije vrtića. Na temelju prikazanih podataka možemo očekivati pad potrošnje energije prema prva demografskim scenarijima s niskim i srednji fertilitetom, dok bi prema demografskom scenariju s visokim fertilitetom moglo doći i do povećanja potrošnje zbog značajnijeg porasta broja djece u vrtićima.

3.2.2.7 Broj studenata koji pohađaju visokoobrazovne ustanove

Broj studenata koji pohađaju visokoobrazovne ustanove određen je ekstrapolacijom na temelju dostupnih podataka o visokoobrazovnim ustanovama i studentima koji ih pohađaju, a koji su preuzeti iz priopćenja Državnog zavoda za statistiku [21]. To je učinjeno zbog nedostatka relevantnih podataka koji bi omogućili izračunavanje broja studenata na način sličan izračunavanju broja učenika, a zbog toga je broj studenata koji pohađaju visokoobrazovne ustanove jednak za sva tri demografska scenarija.

Tablica 3. 19: Broj studenata koji pohađaju visokoobrazovne ustanove

REGIJA / GODINA	SJEVERO ZAPADNA	SREDIŠNJA I ISTOČNA	JADRANSKA	UKUPNO
2005	71867	17776	42757	132400
2010	75956	18090	43877	137923
2015	78069	18594	45097	141760
2020	80182	19097	46318	145597
2025	82295	19600	47539	149434
2030	84409	20104	48760	153272
2035	86522	20607	49980	157109
2040	88635	21110	51201	160946
2045	90748	21613	52422	164783
2050	92861	22117	53642	168621

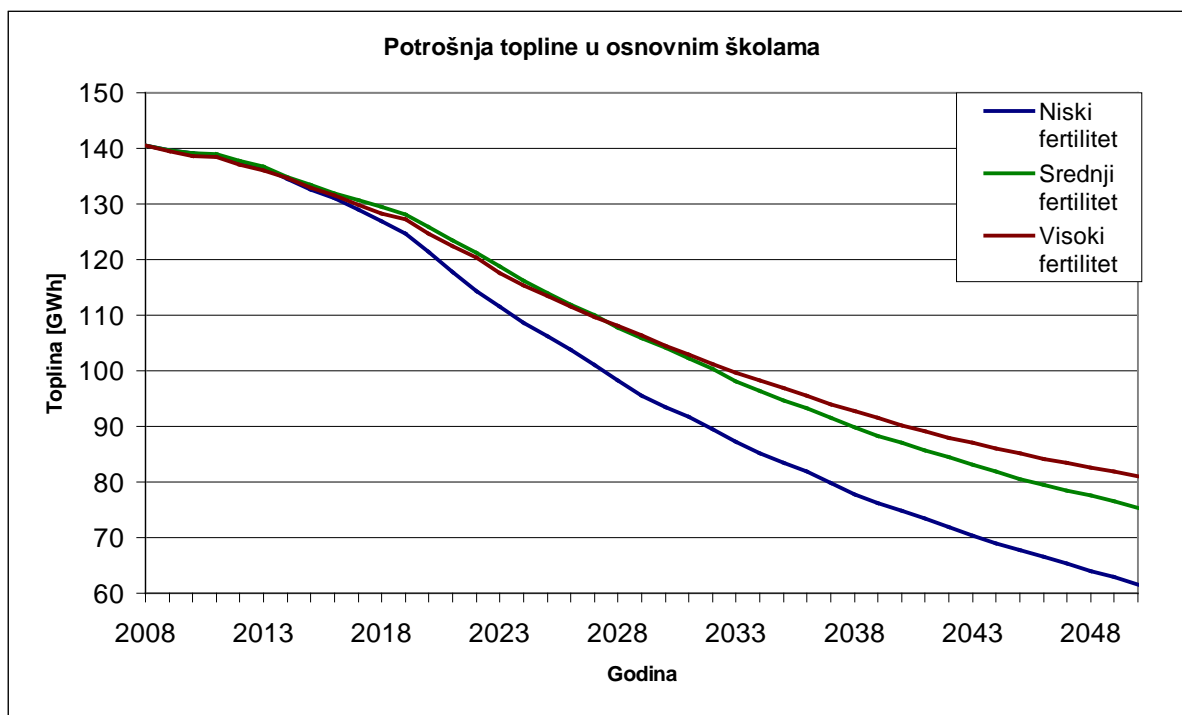
3.2.2.8 Potrošnja energije prema tipu objekta

U sljedećim tablicama i dijagramima dan je prikaz potrošnje energenata i vode prema tipu objekta. Podaci nisu prikazani s 2005. godinom kao početnom godinom jer su bazni podaci u modelu uzeti za 2008. godinu te od te godine kreće izračun prema već objašnjenom modelu.

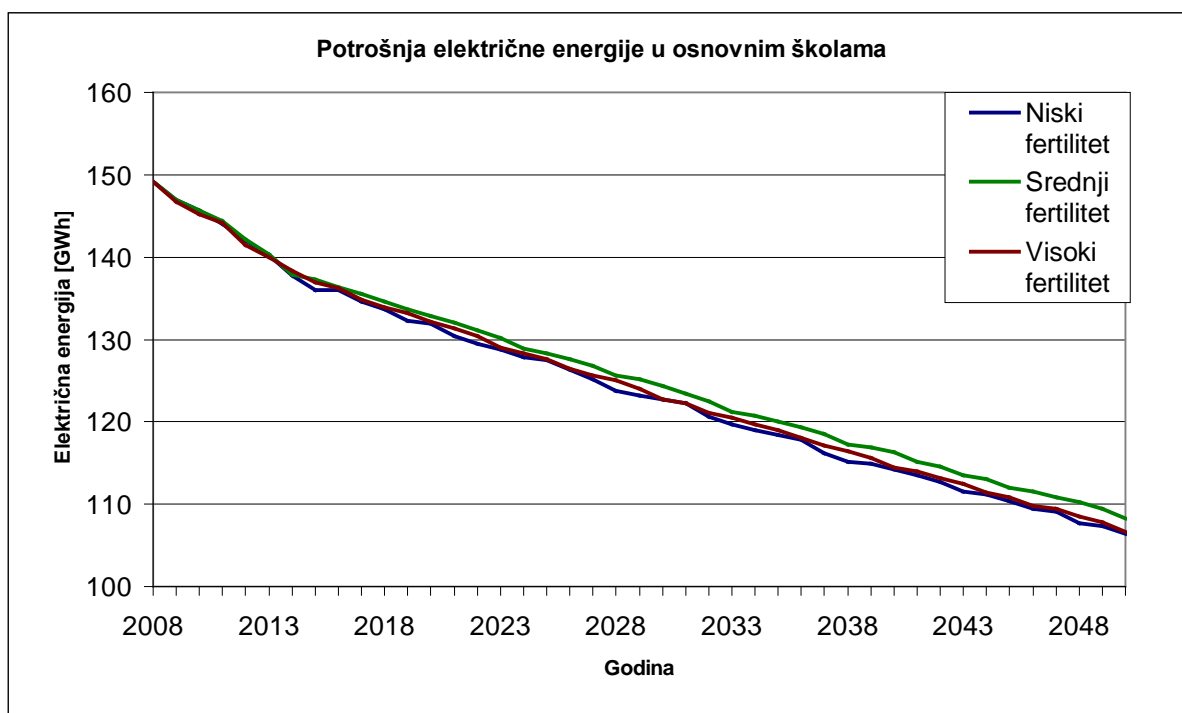
3.2.2.8.1 Potrošnja energenata i vode osnovnih škola

Tablica 3. 20: Potrošnja energenata i vode osnovnih škola u Republici Hrvatskoj prema demografskim scenarijima

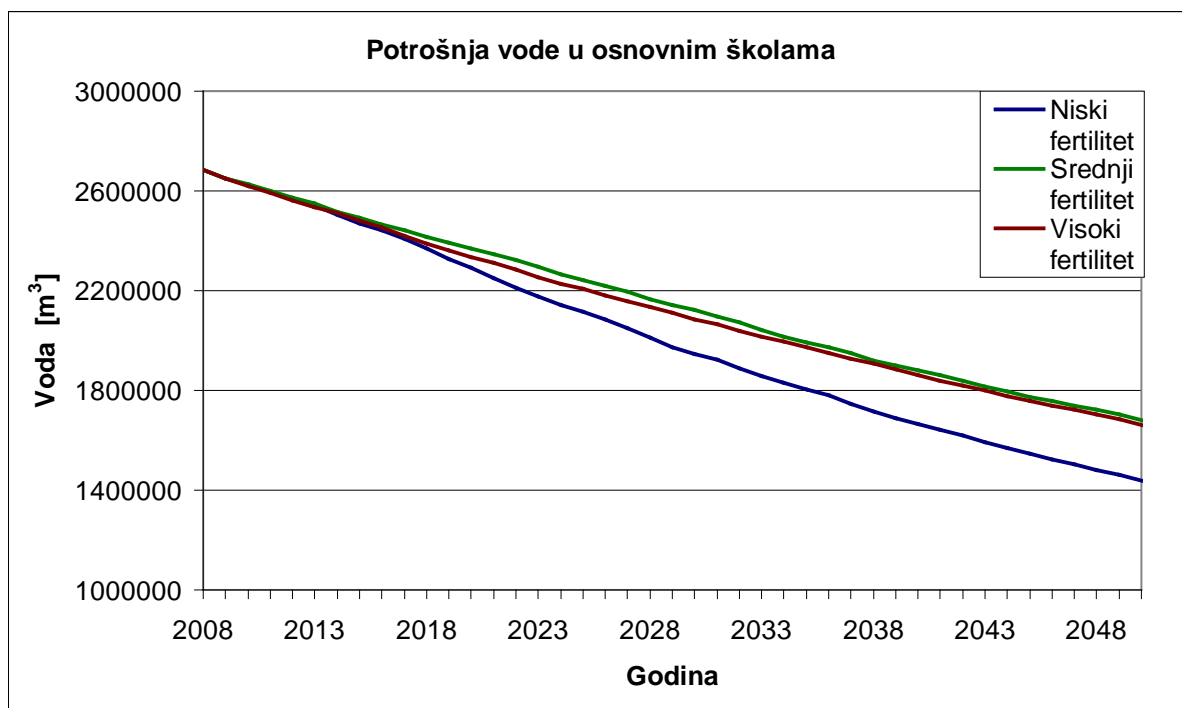
POTROŠNJA ENERGIJE I VODE U OSNOVNIM ŠKOLAMA			
NISKI FERTILITET			
GODINA	POTROŠNJA TOPLINE [GWh]	POTROŠNJA EL.E. [GWh]	POTROŠNJA VODE [m ³]
2008	140,45	149,21	2683657,00
2010	139,06	145,66	2623725,96
2015	132,65	136,04	2470407,48
2020	121,45	131,87	2292816,49
2025	106,17	127,46	2113721,06
2030	93,52	122,76	1947056,88
2035	83,51	118,43	1803656,88
2040	74,77	114,23	1666664,24
2045	67,72	110,41	1546897,29
2050	61,59	106,47	1436830,72
SREDNJI FERTILITET			
GODINA	POTROŠNJA TOPLINE [GWh]	POTROŠNJA EL.E. [GWh]	POTROŠNJA VODE [m ³]
2008	140,45	149,21	2683657,00
2010	139,07	145,69	2625270,54
2015	133,41	137,29	2491186,92
2020	125,80	132,86	2369314,49
2025	113,92	128,36	2242455,98
2030	104,06	124,40	2122506,25
2035	94,59	119,99	1993553,02
2040	87,15	116,35	1881862,61
2045	80,51	111,95	1773578,55
2050	75,33	108,29	1680715,12
VISOKI FERTILITET			
GODINA	POTROŠNJA TOPLINE [GWh]	POTROŠNJA EL.E. [GWh]	POTROŠNJA VODE [m ³]
2008	140,45	149,21	2683657,00
2010	138,62	145,19	2617326,20
2015	132,92	136,93	2480473,24
2020	124,68	132,16	2333719,69
2025	113,49	127,57	2206476,42
2030	104,41	122,68	2085498,91
2035	96,93	118,95	1974603,86
2040	90,21	114,45	1861419,12
2045	85,09	110,79	1759526,80
2050	80,98	106,66	1661834,77



Slika 3. 14: Potrošnja topline osnovnih škola u Republici Hrvatskoj prema demografskim scenarijima



Slika 3. 15: : Potrošnja električne energije osnovnih škola u Republici Hrvatskoj prema demografskim scenarijima



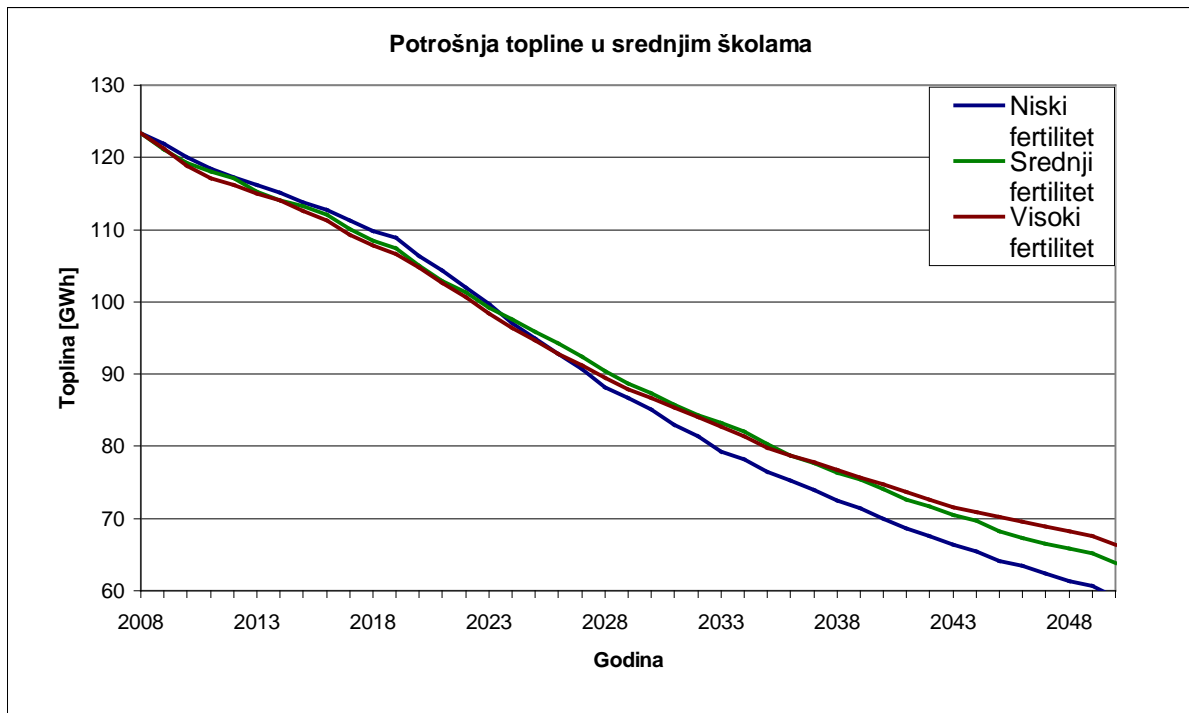
Slika 3. 16: Potrošnja vode osnovnih škola u Republici Hrvatskoj prema demografskim scenarijima

Kao što je vidljivo iz tabličnih podataka i dijagrama u budućnosti možemo očekivati pad potrošnje energenata i vode u osnovnim školama što je u skladu sa ranijim razmišljanjem o smanjenoj potrošnji u budućnosti zbog manjeg broja učenika

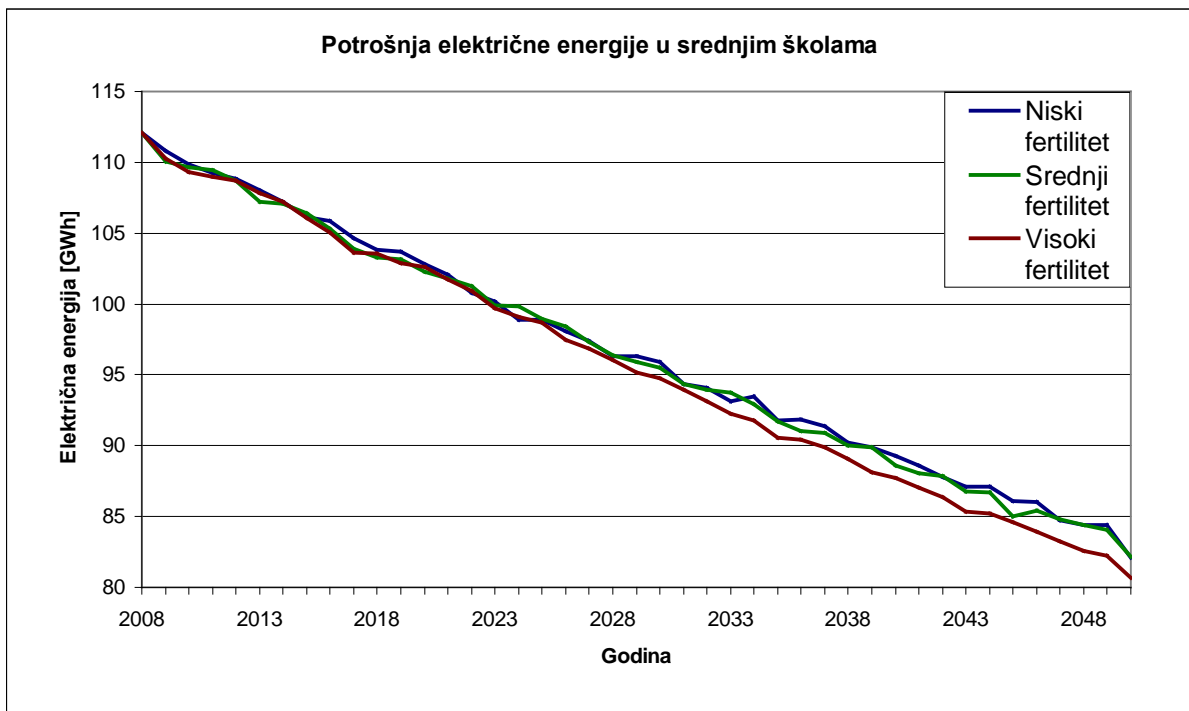
3.2.2.8.2 Potrošnja energenata i vode srednjih škola

Tablica 3. 21: Potrošnja energenata i vode srednjih škola u Republici Hrvatskoj prema demografskim scenarijima

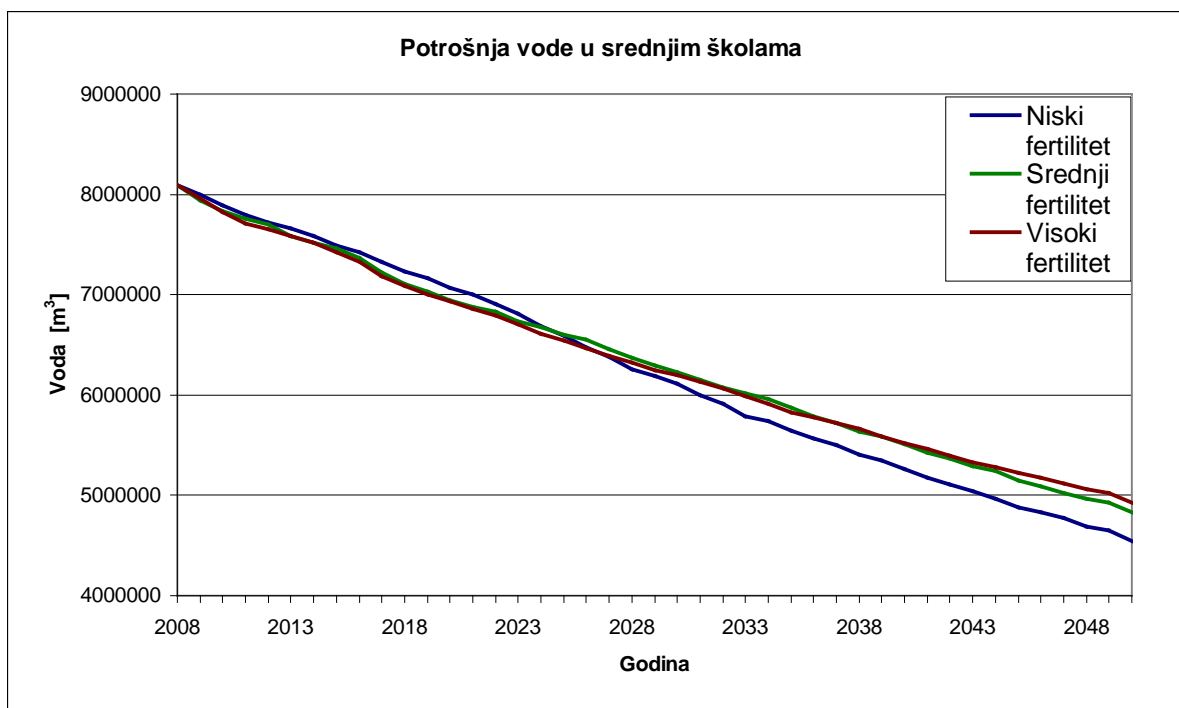
POTROŠNJA ENERGIJE I VODE U SREDNJIM ŠKOLAMA			
NISKI FERTILITET			
GODINA	POTROŠNJA TOPLINE [GWh]	POTROŠNJA EL.E. [GWh]	POTROŠNJA VODE [m ³]
2008	123,37	112,07	8092200
2010	119,97	109,87	7889107
2015	113,74	106,13	7486839
2020	106,39	102,80	7070444
2025	94,93	98,86	6589291
2030	85,10	95,91	6114515
2035	76,52	91,76	5640770
2040	69,97	89,27	5259410
2045	64,18	86,08	4883140
2050	59,14	82,08	4540741
SREDNJI FERTILITET			
GODINA	POTROŠNJA TOPLINE [GWh]	POTROŠNJA EL.E. [GWh]	POTROŠNJA VODE [m ³]
2008	123,37	112,07	8092200
2010	119,25	109,67	7833033
2015	113,30	106,43	7456990
2020	104,97	102,27	6945445
2025	95,83	98,98	6603702
2030	87,41	95,49	6231611
2035	80,32	91,71	5869279
2040	74,05	88,63	5511572
2045	68,26	85,03	5144575
2050	63,80	82,17	4827382
VISOKI FERTILITET			
GODINA	POTROŠNJA TOPLINE [GWh]	POTROŠNJA EL.E. [GWh]	POTROŠNJA VODE [m ³]
2008	123,37	112,07	8092200
2010	118,82	109,33	7822555
2015	112,66	106,06	7427092
2020	104,71	102,63	6935861
2025	94,70	98,67	6543865
2030	86,73	94,76	6196257
2035	79,73	90,55	5824746
2040	74,68	87,74	5519676
2045	70,27	84,59	5226721
2050	66,38	80,64	4928233



Slika 3. 17: Potrošnja topline srednjih škola u Republici Hrvatskoj prema demografskim scenarijima



Slika 3. 18: Potrošnja električne energije srednjih škola u Republici Hrvatskoj prema demografskim scenarijima



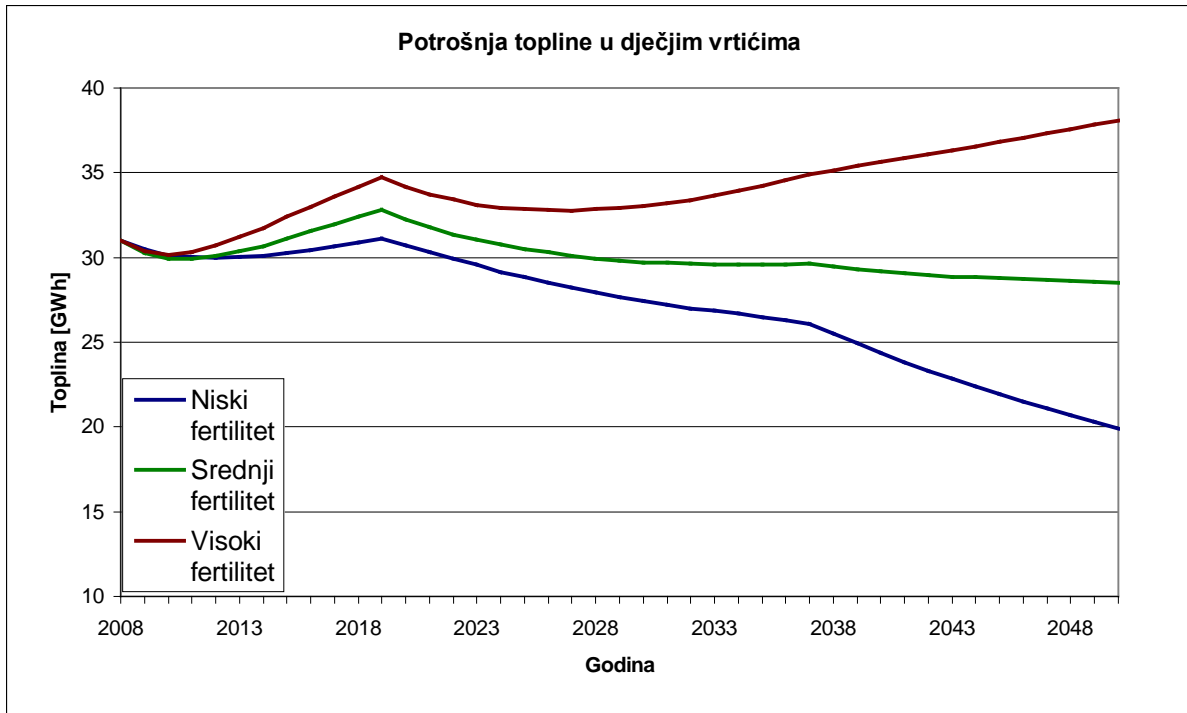
Slika 3. 19: Potrošnja vode srednjih škola u Republici Hrvatskoj prema demografskim scenarijima

Kao što je vidljivo iz tabličnih podataka i dijagrama u budućnosti možemo očekivati pad potrošnje energenata i vode u srednjim školama što je u skladu sa ranijim razmišljanjem o smanjenoj potrošnji u budućnosti zbog manjeg broja učenika

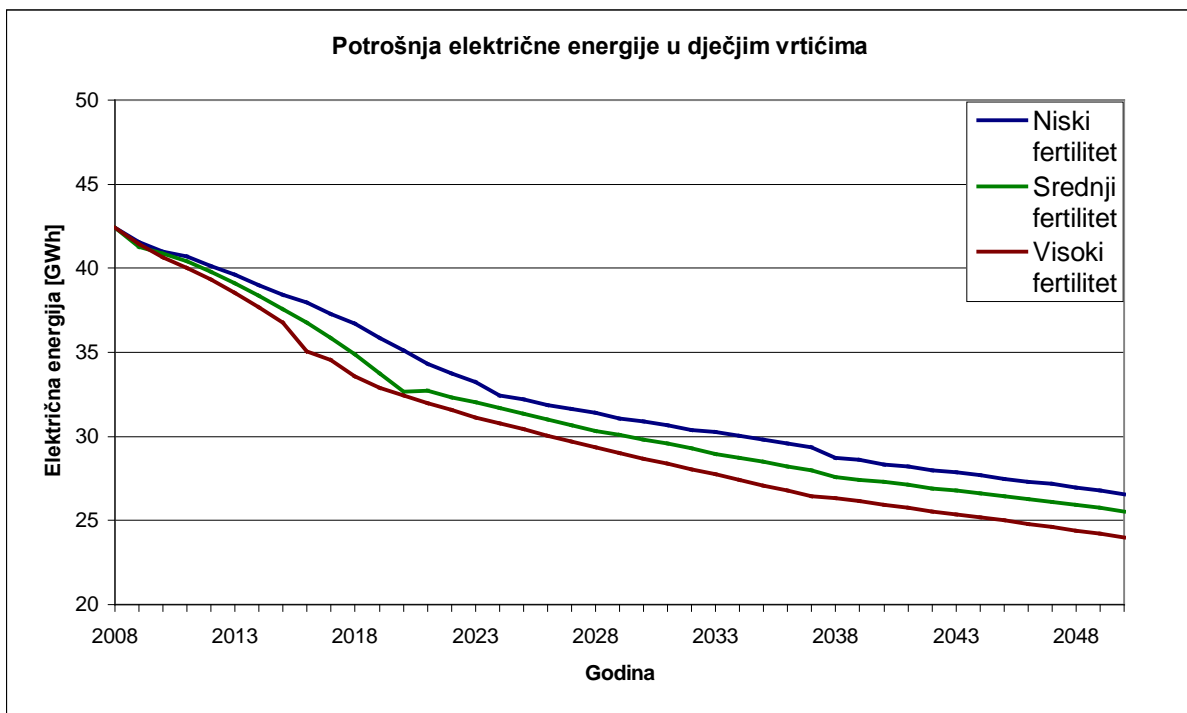
3.2.2.8.3 Potrošnja energenata i vode vrtića

Tablica 3. 22: Potrošnja energenata i vode dječjih vrtića prema demografskim scenarijima

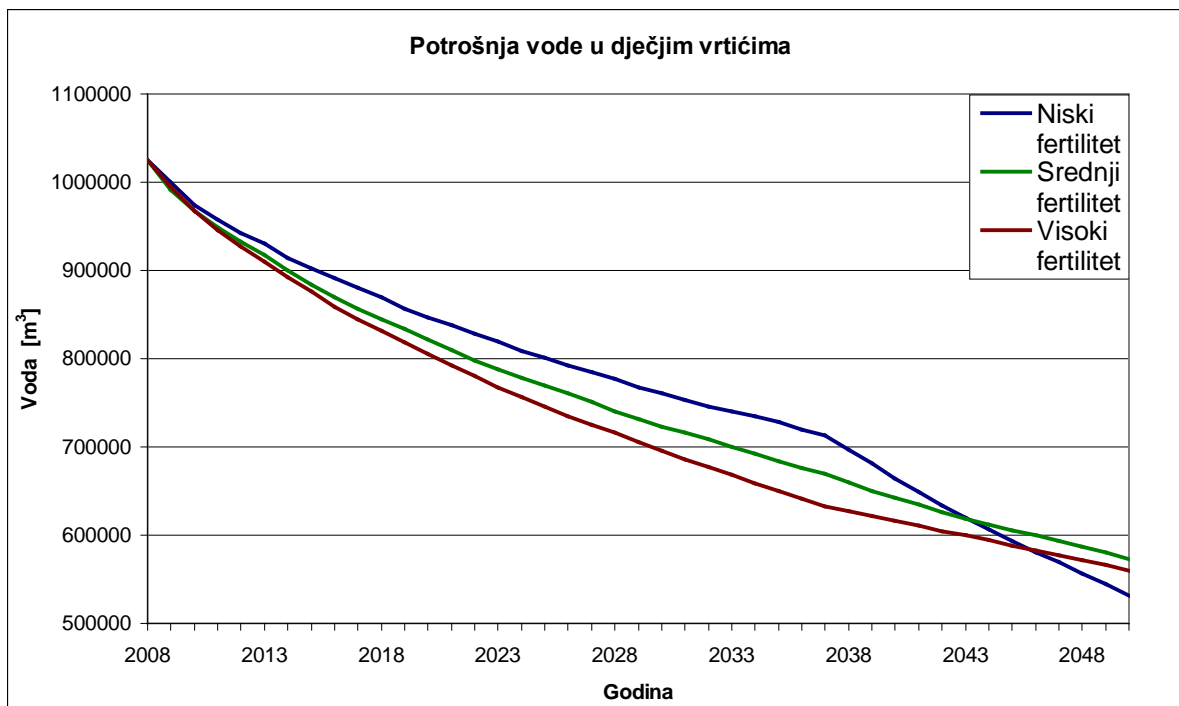
POTROŠNJA ENERGIJE I VODE U OSNOVNIM ŠKOLAMA			
NISKI FERTILITET			
GODINA	POTROŠNJA TOPLINE [GWh]	POTROŠNJA EL.E. [GWh]	POTROŠNJA VODE [m ³]
2008	31,00	42,40	1025170,00
2010	30,10	41,00	974403,50
2015	30,25	38,44	901838,72
2020	30,72	35,13	847024,94
2025	28,85	32,18	801329,27
2030	27,44	30,90	761168,94
2035	26,50	29,80	727852,08
2040	24,36	28,32	664537,09
2045	21,93	27,47	593621,19
2050	19,88	26,57	531911,85
SREDNJI FERTILITET			
GODINA	POTROŠNJA TOPLINE [GWh]	POTROŠNJA EL.E. [GWh]	POTROŠNJA VODE [m ³]
2008	31,00	42,40	1025170,00
2010	29,90	40,85	967287,27
2015	31,10	37,59	884113,71
2020	32,27	32,67	821742,25
2025	30,51	31,35	769615,96
2030	29,73	29,82	723287,93
2035	29,59	28,47	683738,99
2040	29,22	27,32	642460,12
2045	28,77	26,46	605627,10
2050	28,50	25,55	573171,35
VISOKI FERTILITET			
GODINA	POTROŠNJA TOPLINE [GWh]	POTROŠNJA EL.E. [GWh]	POTROŠNJA VODE [m ³]
2008	31,00	42,40	1025170,00
2010	30,17	40,65	966932,05
2015	32,40	36,74	876586,86
2020	34,19	32,42	804918,40
2025	32,85	30,42	745772,31
2030	33,03	28,66	695673,86
2035	34,24	27,10	650054,00
2040	35,63	25,94	616478,32
2045	36,81	24,99	588523,36
2050	38,07	24,01	560095,22



Slika 3. 20: Potrošnja topline dječjih vrtića u Republici Hrvatskoj prema demografskim scenarijima



Slika 3. 21: Potrošnja električne energije dječjih vrtića u Republici Hrvatskoj prema demografskim scenarijima



Slika 3. 22: Potrošnja vode dječjih vrtića u Republici Hrvatskoj prema demografskim scenarijima

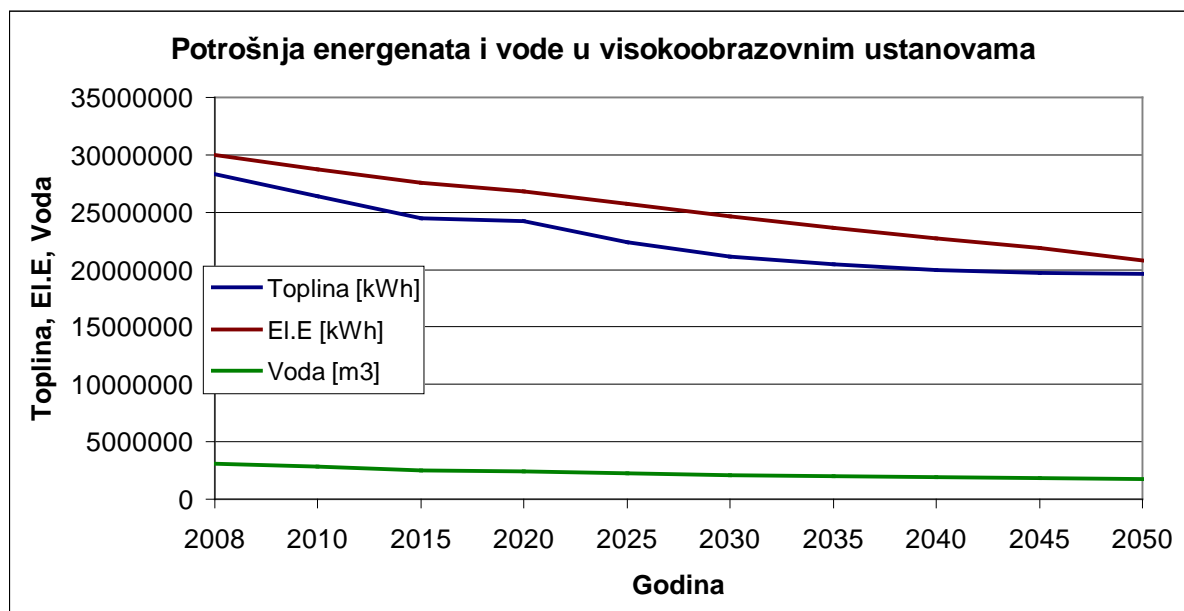
Kao što je vidljivo iz tabličnih podataka i dijagrama u budućnosti možemo očekivati uglavnom pad potrošnje energenata i vode u vrtićima. Porasti potrošnje topline dešavat će se zbog predviđenog naglog povećanja broja izgrađenih vrtića kako bi se osiguralo dovoljno prostora za djecu koja ih pohađaju.

3.2.2.8.4 Potrošnja energenata i vode visokoobrazovnih ustanova

Broj studenata koji pohađaju visokoobrazovne ustanove određen je ekstrapolacijom. To je učinjeno zbog nedostatka relevantnih podataka koji bi omogućili izračunavanje broja studenata na način sličan izračunavanju broja učenika. Zbog toga su i podaci o potrošnji visokoobrazovnih ustanova isti za sva tri demografska scenarija te će biti prikazani samo jednom tablicom i jednim dijagramom.

Tablica 3. 23: Potrošnja energenata i vode u visokoobrazovnim ustanovama

POTROŠNJA ENERGIJE I VODE U V.O. UST.			
GODINA	POTROŠNJA TOPLINE [kWh]	POTROŠNJA EL.E. [kWh]	POTROŠNJA VODE [m ³]
2008	28295000	29960000	3073000
2010	26377015	28736802	2850070
2015	24470143	27536627	2529218
2020	24253385	26841470	2409707
2025	22386666	25716572	2263185
2030	21128142	24628666	2125798
2035	20485415	23635456	2022920
2040	20002135	22751708	1914304
2045	19697086	21852768	1807652
2050	19640880	20802911	1714251



Slika 3. 23: Potrošnja energenata i vode u visokoobrazovnim ustanovama

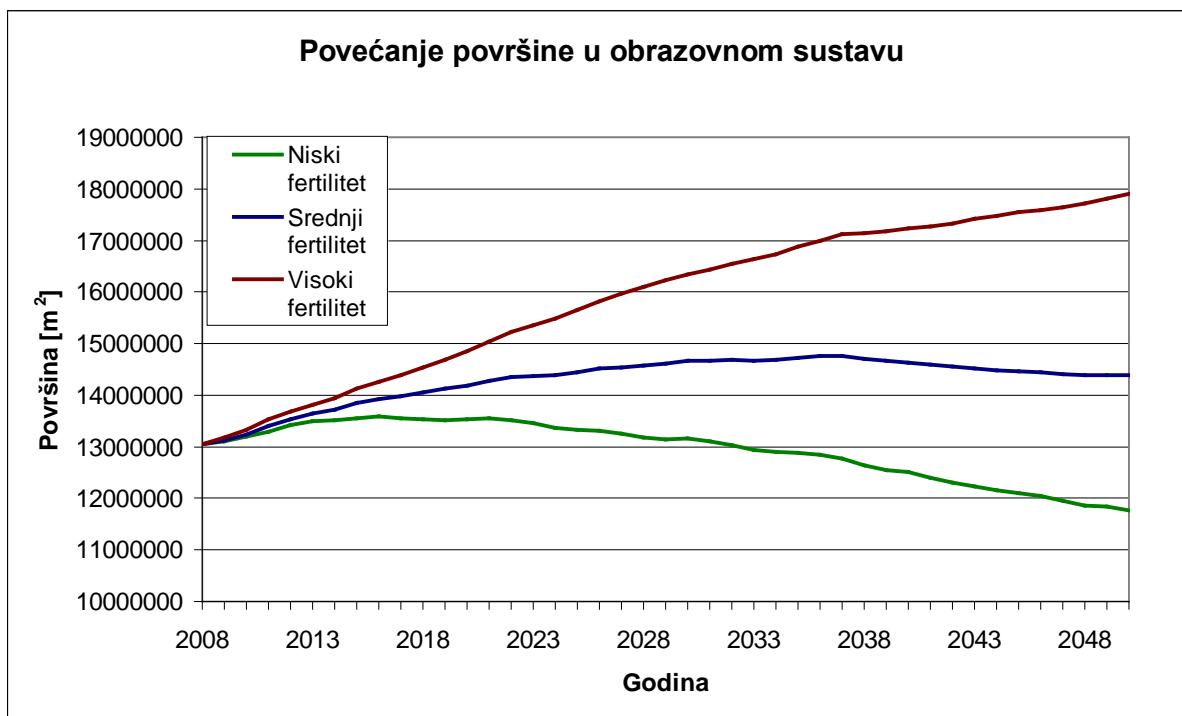
Kao što je vidljivo iz tabličnih podataka i dijagrama u budućnosti možemo očekivati pad potrošnje energenata i vode u visokoobrazovnim ustanovama.

3.2.2.9 Povećanje površine u obrazovnom sustavu

Na sljedećem dijagramu možemo vidjeti povećanje oplošja zgrada u obrazovnom sustavu. Do povećanja oplošja, a samim time i prostora predviđenog za održavanje nastave dolazi zbog povećanja učeničkog standarda. Možemo pretpostaviti da će povećanje površine biti minimalno ili čak da ga neće biti u scenariju s niskim fertilitetom i niskom migracijom, dok bi u ostala dva scenarija površina trebala rasti ili stagnirati, ovisno o broju živorođene djece.

Tablica 3. 24: Oplošje objekata obrazovnog sustava

OPLOŠJE OBJEKATA OBRAZ. SUSTAVA			
	N.F.-N.M	S.F.-S-M	V.F.-V.M
Godina	Oplošje [m ²]	Oplošje [m ²]	Oplošje [m ²]
2008	13055014	13055014	13055014
2010	13206401	13243693	13331318
2015	13558095	13840210	14125803
2020	13529947	14184069	14847650
2025	13321516	14443728	15660241
2030	13153476	14666688	16348115
2035	12878403	14732218	16877316
2040	12502931	14634247	17233367
2045	12109629	14464409	17543160
2050	11762987	14392076	17896474



Slika 3. 24: Povećanje oplošja objekata obrazovnog sustava

Kao što možemo primijetiti u tabličnim podacima i prema dijagramima, u scenariju s niskim fertilitetom i niskom migracijom površina doista opada, u scenariju sa srednjim fertilitetom i srednjom migracijom nakon nekog vremena počne blago padati, dok samo u scenariju s visokim fertilitetom i visokom migracijom površina raste. Razlog leži u tome što se jedino u posljednjem scenariju predviđa porast broja živorođenih u budućnosti, a time i konstantan porast broja učenika u obrazovnom sustavu.

3.2.2.10 Potrošnja energije cjelokupnog obrazovnog sustava

Rezultati predviđanja za cjelokupni obrazovni sustav dobiveni su zbrajanjem potrošnje po svim tipovima objekata. Rezultati su dani u sljedećim tablicama i dijagramima. Kao početna godina uzeta je 2005. godina te su rezultati prikazani tablično za svakih pet godina. U

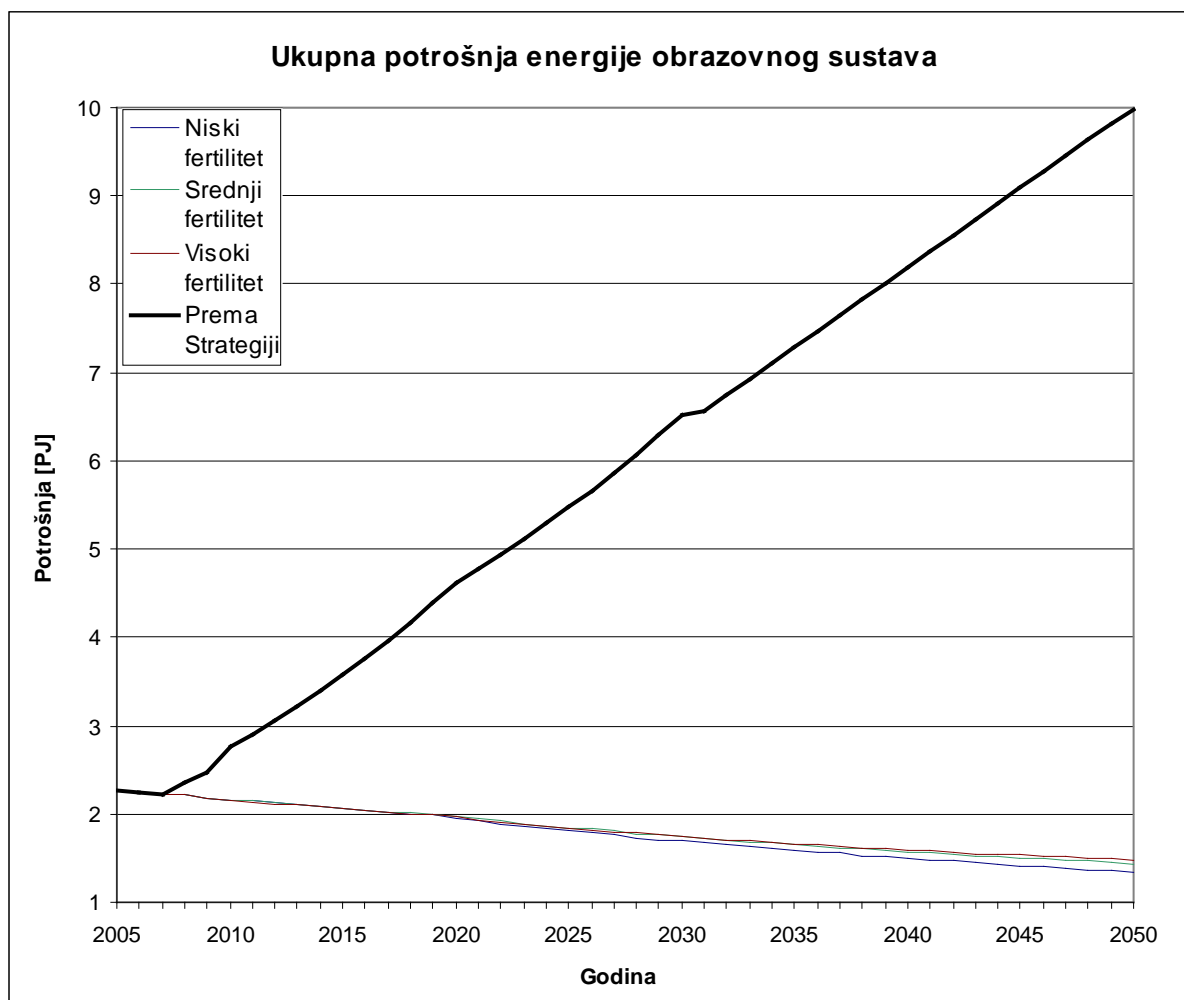
dijagramu je potrošnja izražena u PJ. Konverzijski faktor je $1[\text{PJ}] = \frac{10^6}{3600} [\text{GWh}]$.

3.2.2.10.1 Ukupna potrošnja energije

U sljedećoj tablici i na sljedećem dijagramu može se vidjeti ukupna potrošnja energije obrazovnog sustava republike Hrvatske. Za usporedbu je na dijagramu prikazana i krivulja ukupne potrošnje energije prema scenariju koji uključuje Strategiju.

Tablica 3. 25: Ukupna potrošnja energije obrazovnog sustava Republike Hrvatske

UKUPNA POTROŠNJA ENERGIJE OBRAZOVNOG SUSTAVA								
NISKI FERTILITET			SREDNJI FERTILITET			VISOKI FERTILITET		
GODINA	POTROŠNJA ENERGIJE [GWh]	POTROŠNJA ENERGIJE [PJ]	GODINA	POTROŠNJA ENERGIJE [GWh]	POTROŠNJA ENERGIJE [PJ]	GODINA	POTROŠNJA ENERGIJE [GWh]	POTROŠNJA ENERGIJE [PJ]
2005	627,56	2,26	2005	627,56	2,26	2005	627,56	2,26
2010	600,94	2,16	2010	599,78	2,16	2010	598,23	2,15
2015	571,37	2,06	2015	573,12	2,06	2015	571,82	2,06
2020	543,42	1,96	2020	545,75	1,96	2020	545,69	1,96
2025	503,20	1,81	2025	513,05	1,85	2025	511,86	1,84
2030	470,21	1,69	2030	484,54	1,74	2030	483,93	1,74
2035	441,38	1,59	2035	458,39	1,65	2035	461,05	1,66
2040	416,09	1,50	2040	436,52	1,57	2040	442,10	1,59
2045	393,27	1,42	2045	415,01	1,49	2045	425,86	1,53
2050	371,53	1,34	2050	397,72	1,43	2050	410,00	1,48
SMANJENJE POTROŠNJE ZA 2050. g. U ODNOSU NA 2005. g.								
40,80%			36,62%			34,67%		



Slika 3. 25: Ukupna potrošnja energije obrazovnog sustava Republike Hrvatske

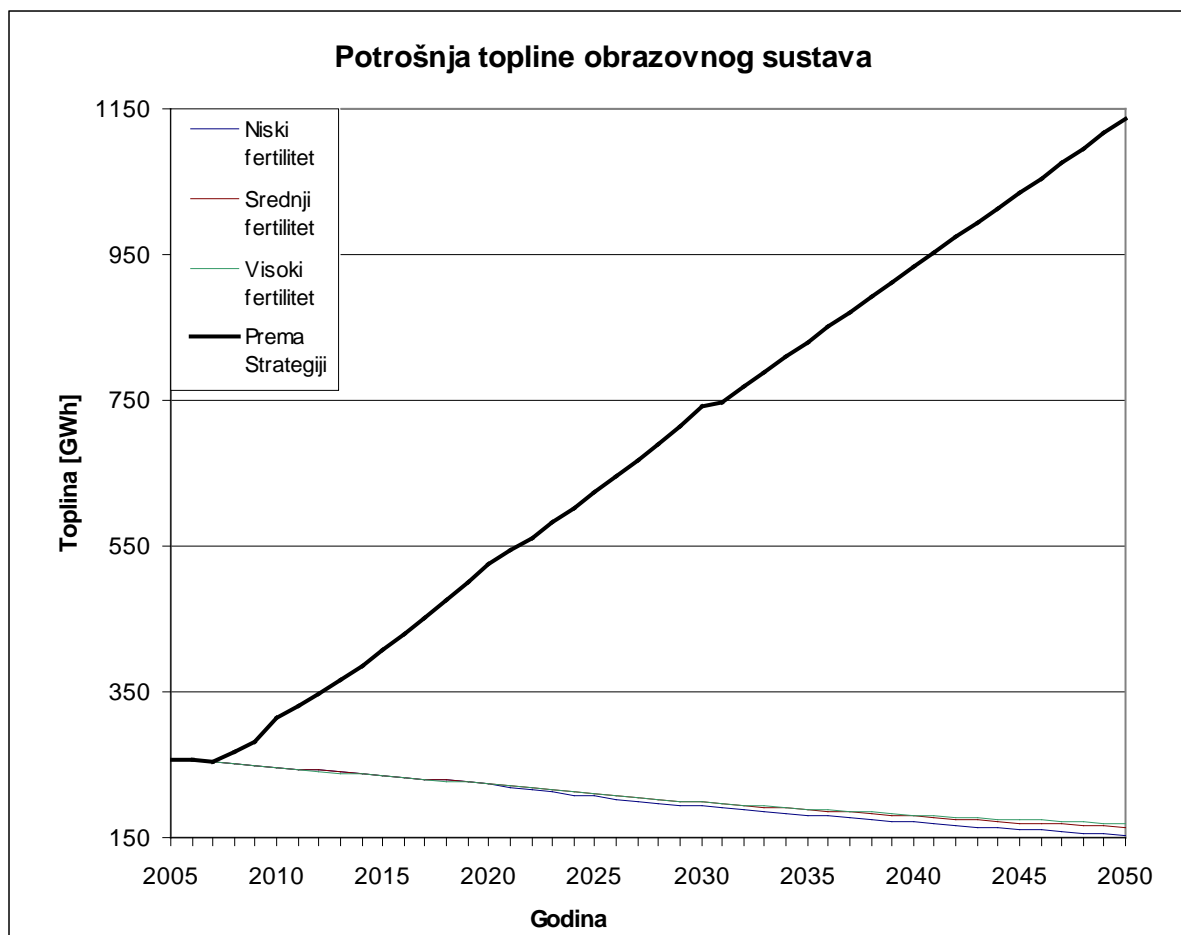
Kao što je vidljivo iz tabličnih podataka i dijagrama u 2050. godini možemo očekivati smanjenje potrošnje energije u rasponu od 35-40 % u odnosu na 2005. godinu, ovisno o demografskom scenariju.

3.2.2.10.2 Potrošnja energije prema vrsti energije

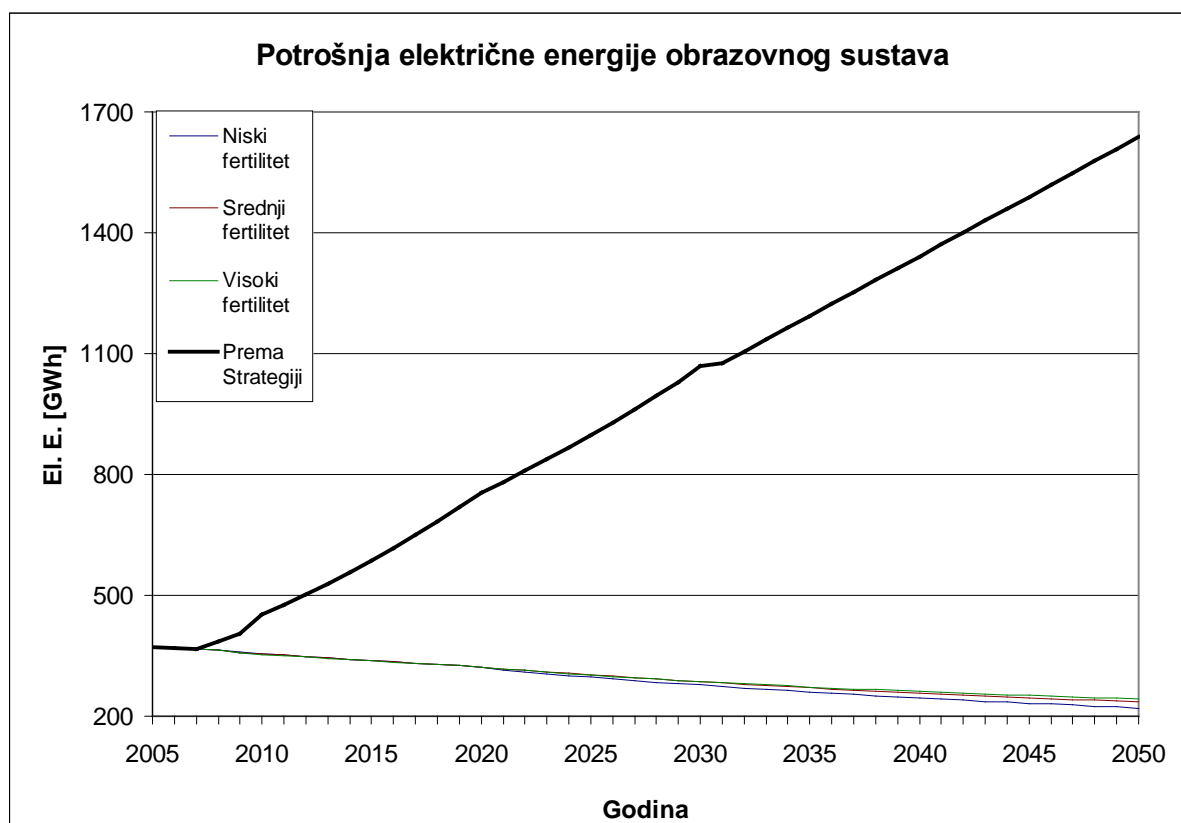
U sljedećoj tablici i na sljedećem dijagramu može se vidjeti potrošnja energije prema vrsti energije obrazovnog sustava republike Hrvatske. Za usporedbu je na dijagramu prikazana i krivulja potrošnje energije prema scenariju koji uključuje Strategiju.

Tablica 3. 26: Ukupna potrošnja energije obrazovnog sustava po vrsti energije prema demografskim scenarijima

POTROŠNJA OBRAZOVNOG SUSTAVA PO VRSTI ENERGIJE								
NISKI FERTILITET			SREDNJI FERTILITET			VISOKI FERTILITET		
GODINA	POTROŠNJA TOPLINE [GWh]	POTROŠNJA EL.E. [GWh]	GODINA	POTROŠNJA TOPLINE [GWh]	POTROŠNJA EL.E. [GWh]	GODINA	POTROŠNJA TOPLINE [GWh]	POTROŠNJA EL.E. [GWh]
2005	257,30	370,26	2005	257,30	370,26	2005	257,30	370,26
2010	246,38	354,55	2010	245,91	353,87	2010	245,27	352,95
2015	234,26	337,11	2015	234,98	338,14	2015	234,44	337,37
2020	222,80	320,62	2020	223,76	321,99	2020	223,73	321,96
2025	206,31	296,89	2025	210,35	302,70	2025	209,86	302,00
2030	192,79	277,42	2030	198,66	285,88	2030	198,41	285,52
2035	180,97	260,42	2035	187,94	270,45	2035	189,03	272,02
2040	170,59	245,49	2040	178,98	257,55	2040	181,26	260,84
2045	161,24	232,03	2045	170,16	244,86	2045	174,60	251,26
2050	152,33	219,20	2050	163,06	234,65	2050	168,10	241,90
SMANJENJE POTROŠNJE ZA 2050. g. U ODNOSU NA 2005. g.								
	40,80%	40,80%		36,62%	36,62%		34,67%	34,67%



Slika 3. 26: Potrošnja topline obrazovnog sustava prema demografskim scenarijima



Slika 3. 27: Potrošnja električne energije obrazovnog sustava prema demografskim scenarijima

Kao što je vidljivo iz tabličnih podataka i dijagrama u 2050. godini možemo očekivati smanjenje potrošnje energije u rasponu od 35 do 40 % u odnosu na 2005. godinu ovisno o demografskom scenariju.

3.4 Emisije CO₂ uzrokovane potrošnjom energije obrazovnog sustava

Emisije CO₂ za električnu energiju iz mreže preuzete su sa web-stranica projekta Geronimo na kojima se nalazi kalkulator emisija [31] i iznose 0,123 kg CO₂ / kWh za Republiku Hrvatsku. Emisije CO₂ za toplinsku energiju iz mreže preuzete su sa web-stranica međunarodne organizacije za centralizirano grijanje i hlađenje [32] i iznose 0,3 kg CO₂/kWh za Republiku Hrvatsku. Emisije CO₂ za loživo ulje i plin preuzete su sa web-stranica organizacije CarbonTrust [23] i iznose 0,268 kg CO₂ / kWh za loživo ulje i 0,185 kg CO₂ / kWh za plin.

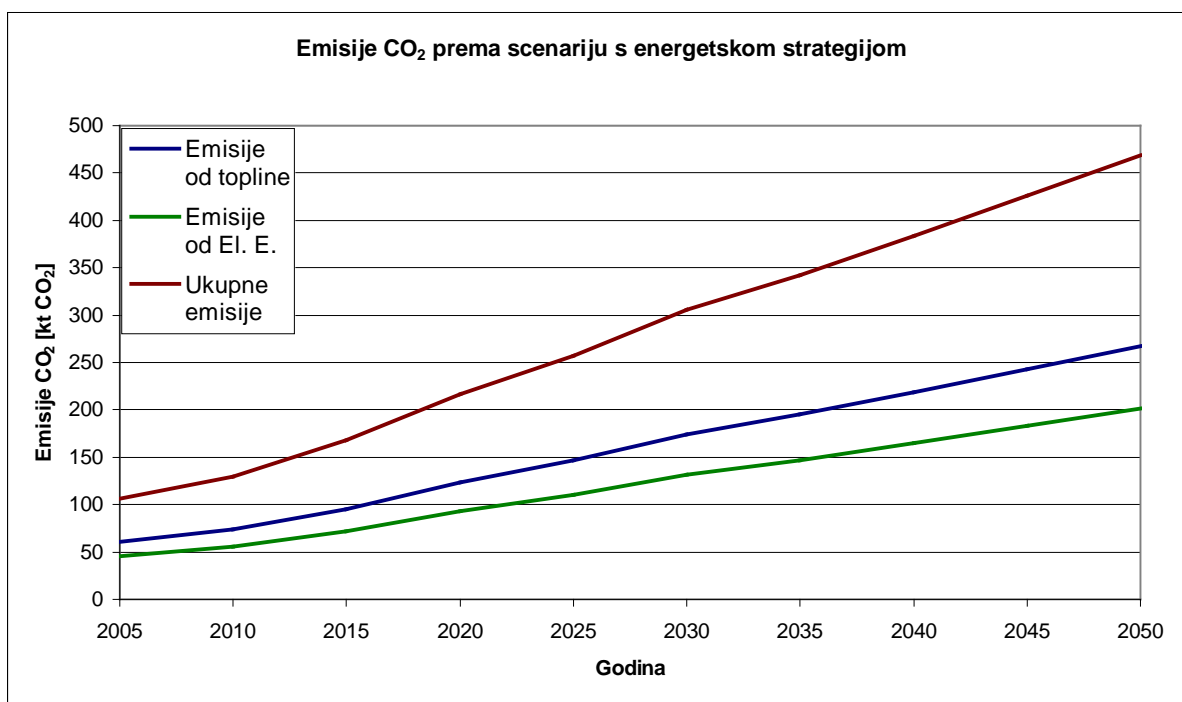
Iz ranije navedenog izvješća [9] Energetskog Instituta Hrvoje Požar uzeti su podaci o zastupljenosti energenata u sektoru usluga te je pretpostavka da isti udjeli vrijede i za obrazovni sustav. Pomoću tih udjela izračunata je "srednja emisija" CO₂ u kg CO₂ / kWh za koju je odgovorna potrošnja topline u obrazovnom sustavu. "Srednja emisija" CO₂ uzrokovane potrošnjom topline iznose 0,235 kg CO₂ / kWh. Emisije CO₂ zbog potrošnje energije izračunate su na ranije opisan način i prikazane tablično i na dijagramima.

3.4.1 Emisije CO₂ prema Strategiji

U tablici i na dijagramu prikazane su emisije CO₂ uzrokovane potrošnjom topline i električne energije u obrazovnom sustavu do 2050. godine ukoliko se potrošnja energije bude odvijale kao prema Strategiji [10].

Tablica 3. 27: Emisije CO₂ prema osnovnom scenariju Strategije

EMISIJE CO ₂ PREMA OSNOVNOM SCENARIJU ZELENE KNJIGE			
GODINA	EMISIJE CO ₂ (TOPLINA) kt CO ₂	EMISIJE CO ₂ (EL.E.) kt CO ₂	EMISIJE CO ₂ (UKUPNO) kt CO ₂
2005	60,46	45,54	106,01
2010	73,87	55,64	129,51
2015	95,63	72,03	167,66
2020	123,33	92,89	216,22
2025	146,47	110,32	256,80
2030	174,52	131,45	305,97
2035	194,95	146,83	341,78
2040	219,08	165,01	384,08
2045	243,20	183,18	426,38
2050	267,33	201,35	468,68
POVEĆANJE EMISIJA CO ₂ U 2050. g. U ODNOSU NA 2005. g.			
	442%	442%	442%



Slika 3. 28: Emisije CO₂ prema osnovnom scenariju Strategije

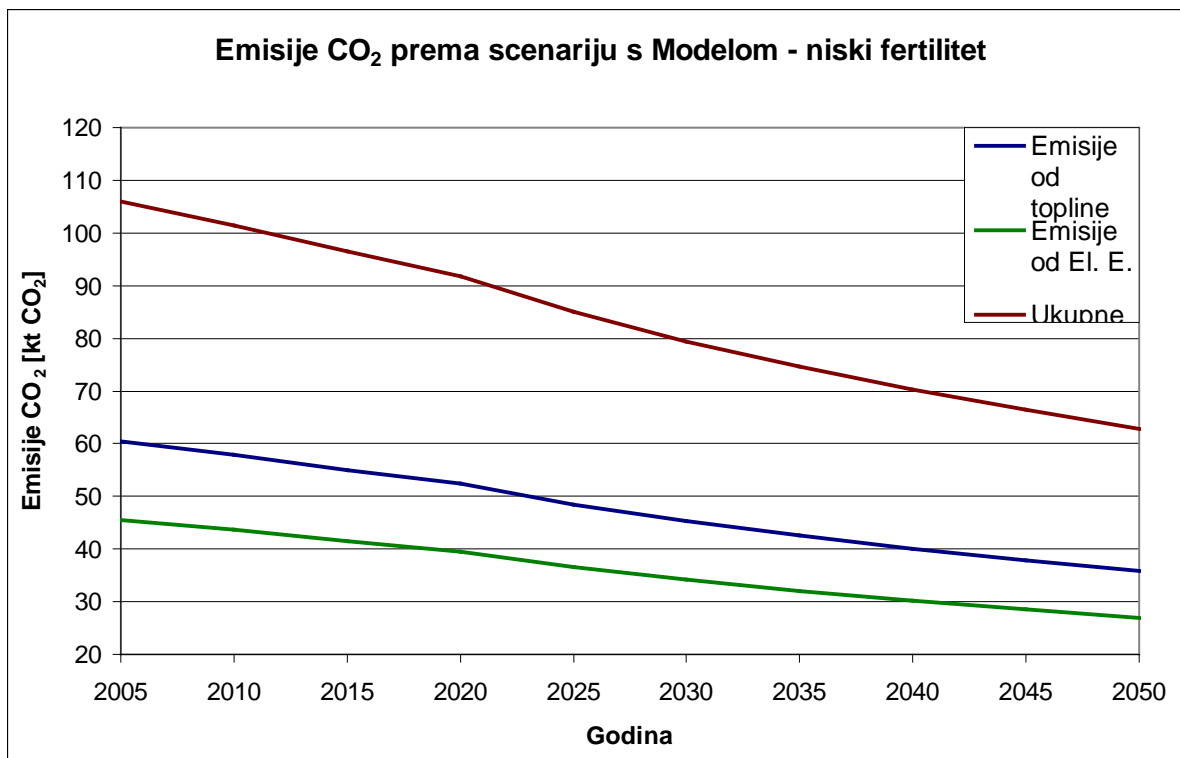
Kao što je vidljivo iz tabličnih podataka i dijagrama u 2050. godini možemo očekivati da emisije CO₂ u obrazovnom sustavu budu više od četiri puta veće u odnosu na 2005. godinu. Razlog tome leži u načinu na koji je određena potrošnja energije u budućnosti jer je prema Strategiji [10] predviđeno povećanje potrošnje energije u sektoru usluga, a koji uključuje i obrazovni sustav.

3.4.2 Emisije CO₂ prema Modelu

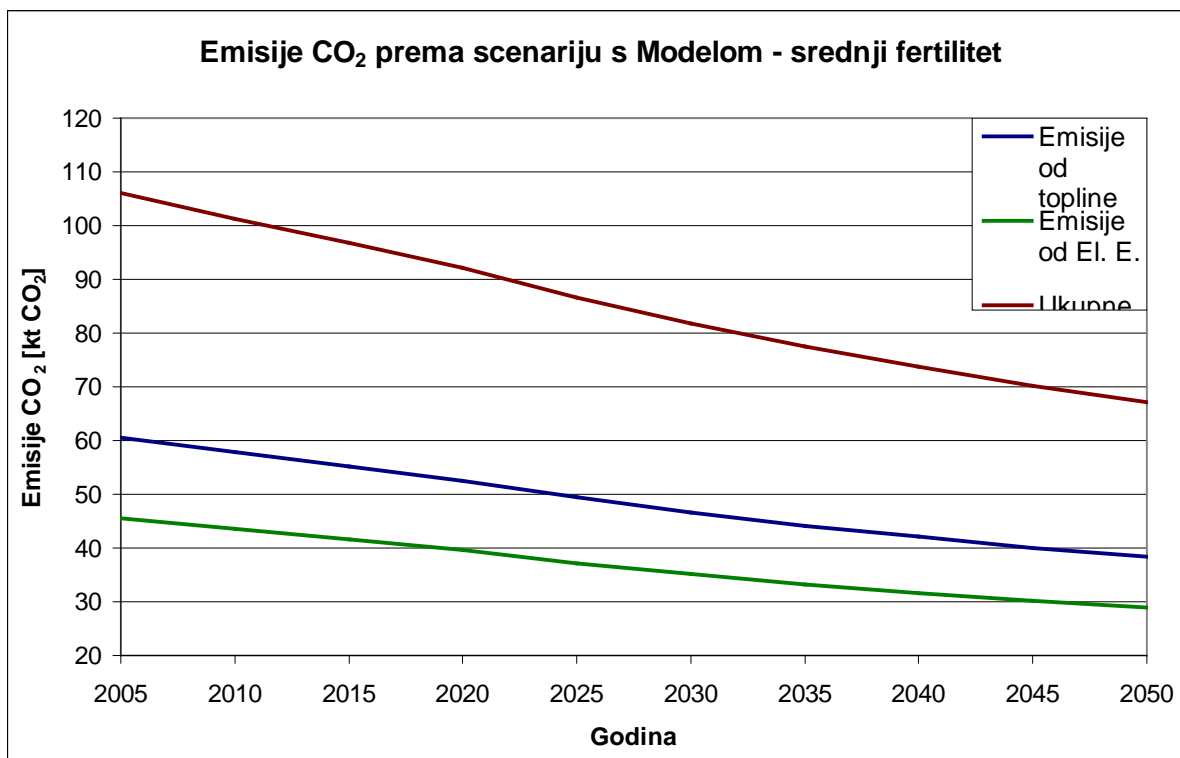
U tablici i na dijagramima prikazane su emisije CO₂ uzrokovane potrošnjom topline i električne energije u obrazovnom sustavu do 2050. godine ukoliko se potrošnja energije bude odvijale kao prema Modelu predviđanja potrošnje.

Tablica 3. 28: Emisije CO₂ dobivene Modelom prema demografskim scenarijima

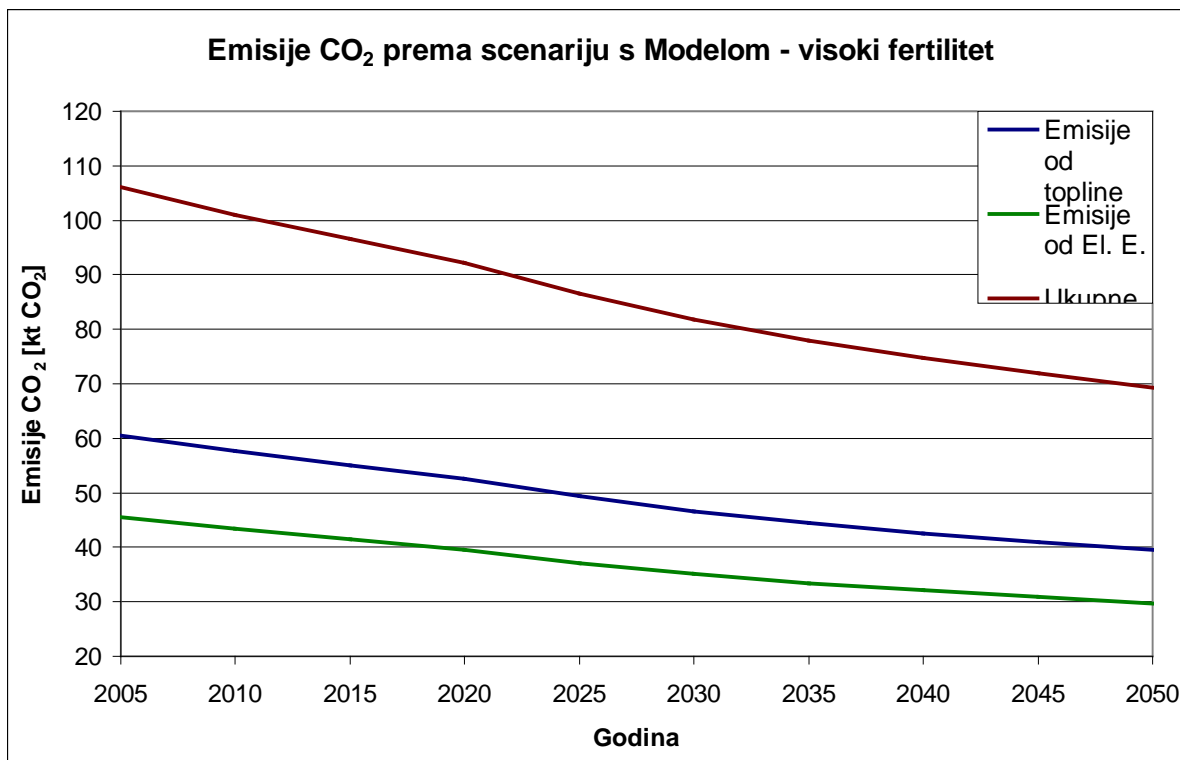
NISKI FERTILITET			
GODINA	EMISIJE CO ₂ (TOPLINA) kt CO ₂	EMISIJE CO ₂ (EL.E.) kt CO ₂	EMISIJE CO ₂ (UKUPNO) kt CO ₂
2005	60,46	45,54	106,01
2010	57,90	43,61	101,51
2015	55,05	41,46	96,52
2020	52,36	39,44	91,80
2025	48,48	36,52	85,00
2030	45,30	34,12	79,43
2035	42,53	32,03	74,56
2040	40,09	30,20	70,29
2045	37,89	28,54	66,43
2050	35,80	26,96	62,76
SMANJENJE EMISIJA CO ₂ U 2050. g. U ODNOSU NA 2005. g			
	40,80%	40,80%	40,80%
SREDNJI FERTILITET			
GODINA	EMISIJE CO ₂ (TOPLINA) kt CO ₂	EMISIJE CO ₂ (EL.E.) kt CO ₂	EMISIJE CO ₂ (UKUPNO) kt CO ₂
2005	60,46	45,54	106,01
2010	57,79	43,53	101,31
2015	55,22	41,59	96,81
2020	52,58	39,60	92,19
2025	49,43	37,23	86,66
2030	46,68	35,16	81,85
2035	44,17	33,27	77,43
2040	42,06	31,68	73,74
2045	39,99	30,12	70,10
2050	38,32	28,86	67,18
SMANJENJE EMISIJA CO ₂ U 2050. g. U ODNOSU NA 2005. g			
	36,62%	36,62%	36,62%
VISOKI FERTILITET			
GODINA	EMISIJE CO ₂ (TOPLINA) kt CO ₂	EMISIJE CO ₂ (EL.E.) kt CO ₂	EMISIJE CO ₂ (UKUPNO) kt CO ₂
2005	60,46	45,54	106,01
2010	57,64	43,41	101,05
2015	55,09	41,50	96,59
2020	52,58	39,60	92,18
2025	49,32	37,15	86,46
2030	46,63	35,12	81,75
2035	44,42	33,46	77,88
2040	42,60	32,08	74,68
2045	41,03	30,90	71,94
2050	39,50	29,75	69,26
SMANJENJE EMISIJA CO ₂ U 2050. g. U ODNOSU NA 2005. g			
	34,67%	34,67%	34,67%



Slika 3. 29: Emisije CO₂ dobivene Modelom prema demografskom scenariju sa niskim fertilitetom i niskom migracijom



Slika 3. 30: Emisije CO₂ dobivene Modelom prema demografskom scenariju sa srednjim fertilitetom i srednjom migracijom



Slika 3. 31: Emisije CO₂ dobivene Modelom prema demografskom scenariju s visokim fertilitetom i visokom migracijom

Kao što je vidljivo iz tabličnih podataka i dijagrama u 2050. godini možemo očekivati da ukupne emisije CO₂ u obrazovnom sustavu budu 35 do 40 % manje u odnosu na 2005. godinu. Razlog tome leži u činjenici da se prema Modelu predviđanja potrošnje predviđa smanjenje potrošnje energije u obrazovnom sustavu. S jedne strane do smanjenja potrošnje dolazi zbog povećanja energetske učinkovitosti, a s druge zbog negativnih demografskih trendova koji dovode do smanjene potrebe za prostorom, odnosno obrazovnim ustanovama. Sve to zajedno dovodi u konačnici do smanjenja ukupnih emisija CO₂ te je razvidno da se u obrazovnom sustavu kroz mjere povećanja energetske učinkovitosti emisije CO₂ mogu značajno smanjiti.

4. Zaključak

Na temelju rezultata prikazanih u podpoglavlju 3.1 možemo zaključiti da se investicija u novu stolariju, obnovu fasade i upotrebu rekuperatora topline, uz korištenje topline iz centraliziranog sustava grijanja grada Zagreba, isplati više nego opcija korištenja kotla na drvene pelete ili toplinskih pumpi. Razlog za to vjerojatno leži u daljnjem porastu investicije, koju uštede ne mogu adekvatno pratiti, no s porastom cijena primarne energije ta bi se situacija u budućnosti mogla i te kako promijeniti.

Na temelju rezultata predviđanja potrošnje energije prikazanih u podpoglavljima 3.2 i 3.3 možemo doći do nekoliko zaključaka. Prvi i osnovni je taj da bi kroz povećanje energetske učinkovitosti moglo doći do značajnog smanjenja potrošnje energije u obrazovnom sustavu Republike Hrvatske. Sa smanjenjem potrošnje energije nužno dolazi i smanjenje emisije CO₂, što je od posebne važnosti s obzirom na sve strože zahtjeve za smanjenjem emisije CO₂, koje će nam budućnost u Europskoj uniji sigurno i donijeti. Nadalje, smanjenje potrošnje i korištenje obnovljivih izvora energije znači i manje troškove energije. Uštede koje se na taj način mogu ostvariti mogu se iskoristiti za daljnje povećanje obrazovnog standarda. Drugi zaključak do kojega možemo doći jest da procjenu povećanja potrošnje energije u sektoru usluga prikazanu u Strategiji energetskog razvitka Republike Hrvatske [10] treba uzeti s određenom rezervom. Naime, analiza potrošnje u sektoru usluga jednostavno predstavlja godišnje postotno povećanje potrošnje temeljeno na procjeni povećanja potrošnje podsektora turizma. Time se u potpunosti zanemaruju bilo kakvi eventualni doprinosi smanjenju potrošnje energije u sektoru usluga od strane ostalih podsektora, kakav je npr. obrazovanje, a gdje smo pokazali da se potrošnja energije može i te kako smanjiti.

Mišljenja sam da bi se ovakve analize trebale provesti i za ostale podsektore unutar sektora usluga kako bi se mogla dobiti bolja i kvalitetnija informacija o mogućoj potrošnji energije u budućnosti.

Na temelju rezultata prikazanih u podpoglavlju 3.4 možemo zaključiti ono što smo i pretpostavljali, a to je da će povećanje energetske učinkovitosti nužno dovesti i do smanjenja emisije CO₂. Naravno, to vrijedi za slučaj da se uzimaju u obzir rezultati potrošnje dobiveni Modelom, a ne rezultati dobiveni prema podacima iz Strategije [10].

Prema svemu navedenom, mišljenja sam da bi energetsku strategiju trebalo revidirati i da bi predviđanja potrošnje trebalo realističnije modelirati i prikazati.

5. Literatura

- [1] Energija, 8. travnja 2008., <http://www.izvorienergije.com/energija.html>, (10.11.2009.)
- [2] Rebić, M., Zašto uopće štedjeti energiju?, 15. siječnja 2008., <http://www.eecroatia.com/domaca-stvarnost/zasto-uopce-stedjeti-energiju/>, (10.11.2009.)
- [3] Butala V, Novak P., Energy consumption and potential energy savings in old school buildings, *Energy and Buildings* volume 29, Issue 3, siječanj 1999. stranice 241-246, (16.11.2009.)
- [4] Grob G., Renewable, clean energies, urgency-solutions-priorities, *Proceedings of the 1st World Renewable Energy Congress*, Reading, UK, 1990, stranice 13–27 (16.11.2009.)
- [5] B. Field B., *Economía ambiental, una introducción* BC Panamericana Formas e Impresos SA, Colombia 1995., stranice 507–567., (16.11.2009.)
- [6] Grupa autora, Using intelligent clustering techniques to classify the energy performance of school buildings, *Energy and Buildings* Volume 39, Issue 1, siječanj 2007, stranice 45-51, (16.11.2009.)
- [7] Theodosiou T.G., Ordoumpozanisa K.T., Energy, comfort and indoor air quality in nursery and elementary school buildings in the cold climatic zone of Greece, *Energy and Buildings* Volume 40, Issue 12, 2008, stranica 2207-2214, (16.11.2009.)
- [8] Pereza Y. V., Capeluto I. G., Climatic considerations in school building design in the hot–humid climate for reducing energy consumption, *Applied Energy* Volume 86, Issue 3, ožujak 2009., stranice 340-348, (16.11.2009.)
- [9] Borić, I., Dugi niz godina, <http://www.os-dtrstenjaka-zg.skole.hr/skola/povijest>, (11.11.2009.)
- [10] Ministarstvo gospodarstva, rada i poduzetništva Program Ujedinjenih naroda za razvitak (UNDP), Prilagodba i nadogradnja strategije energetskeg razvoja Republike Hrvatske, listopad 2008., http://www.energetska-strategija.hr/doc/zelena_knjiga.pdf, (10.11.2009.)
- [11] PVC STOLARIJA, <http://www.alu-m.hr/pvc-stolarija.html>, (16.11.2009.)
- [12] ALUMINIJSKA STOLARIJA, <http://www.alu-m.hr/aluminijska-stolarija.html>, (16.11.2009.)
- [13] Sustavi grijanja u građevinama - Postupak proračuna normiranoga toplinskog opterećenja (EN 12831:2003),

http://www.fsb.hr/atlantis/upload/newsboard/30_06_2008__8789_EN_12831_Vjezbe.pdf, (10.11.2009.)

[14] Grupa autora, Nonresidential cooling and heating load calculations, ASHRAE Fundamentals 1997., (10.11.2009.)

[15] Unutrašnja stopa povrata, 16. listopada 2008.,
http://powerlab.fsb.hr/osnoveenergetike/wiki/index.php?title=ENERGETSKA_EKONOMIKA#Unutrašnja_stopa_povrata_.28IRR.29, (10.11.2009.)

[16] Grizelj M., Akrap A., Projekcije stanovništva Republike Hrvatske 2004.-2051., 2006, http://www.dzs.hr/Hrv/important/Notices/projekcije_stanovnistva_2004-2051.pdf, (10.11.2009.)

[17] Baza podataka Informacijskog sustava za gospodarenje energijom, <http://isge.undp.hr/ISGE/EnergyManagement/Index>, (11.11.2009.)

[18] Grupa autora, Eurostat regional yearbook 2009., 2009.,
http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_OFFPUB/KS-HA-09-001/EN/KS-HA-09-001-EN.PDF (11.11.2009.)

[19] Grupa autora, Statističke informacije 2000.-2009., 2001.-2009.
http://www.dzs.hr/Hrv/Publication/stat_info.htm, (10.11.2009.)

[20] Statistička područja Hrvatske, 7. siječnja 2009.,
http://hr.wikipedia.org/wiki/Statistička_područja_Hrvatske, (10.11.2009.)

[21] Grupa autora, Priopćenja 2000.-2009., 2001.-2009.,
<http://www.dzs.hr/Hrv/Publication/FirstRelease/firstrel.asp>, (10.11.2009.)

[22] Ministarstvo zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva, Pravilnik o energetske certifikiranju zgrada, 3. listopada 2008.,
<http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/342062.html>, (10.11.2009.)

[23] Greenhouse Gas Conversion Factors, 29. rujna 2008.,
http://www.carbontrust.co.uk/resource/conversion_factors/default.htm, (11.11.2009.)

[24] OSRAM Lamps and lighting systems catalogue, 2009,
<http://catalog.myosram.com>, (11.11.2009.)

[25] OSRAM Electronic Control Gear Technical information,
<http://www.buildingdesign.co.uk/elec-technical/osram-t1/osram-electronic-control-gear.htm>, (16.11.2009.)

[26] Pilot projekt povećanja energetske efikasnosti u zgradarstvu: Elektrostrojarska obrtnička škola u Zagrebu, rujna 2003., <http://www.eihp.hr/hrvatski/pdf/skola.pdf>, (11.11.2009.)

- [27] CJENIK - PELETI, 1. rujna 2009.,
http://www.drvenjaca.hr/PDF/CJENIK_PELETA.pdf, (11.11.2009.)
- [28] Tarifni modeli, 1. rujna 2009, <http://www.hep.hr/ods/kupci/tarifni.aspx>,
(11.11.2009.)
- [29] Božić H., Vuk B., Novosel D., Energy Efficiency Policies and Measures in Croatia, rujna 2009., *Energy Efficiency Policies and Measures in Croatia; Monitoring of Energy Efficiency in EU 27, Norway and Croatia (ODYSSEE-MURE)*,
http://www.odyssee-indicators.org/publications/PDF/croatia_nr.pdf, (10.11.2009.)
- [30] Grupa autora, Energija u hrvatskoj 2007, 10. prosinca 2008.,
http://www.mingorp.hr/UserDocsImages/ENERGETIKA/EUH07_web.pdf, (10.11.2009.)
- [31] Pukšec, T., CO₂ calculator, 2008.
http://www.dairyenergy.eu/index.php?option=com_ieecalculator&calcType=20&Itemid=316, (11.11.2009.)
- [32] District heating & cooling statistics for Croatia,
<http://www.euroheat.org/Croatia-72.aspx>, (11.11.2009.)