

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet strojarstva i brodogradnje

DIPLOMSKI RAD

Marica Car

Zagreb, 2009.

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet strojarstva i brodogradnje

DIPLOMSKI RAD

Mentor

Neven Duić

Marica Car

Zagreb, 2009.



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE
Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite



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

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa:	
Ur.broj:	

DIPLOMSKI ZADATAK

Student: **Marica Car**

Mat. br.:35884894

Naslov: **Potencijalne mjere energetskih ušteda u odabranoj školi**

Opis zadatka:

Zadatak ovog diplomskog rada je napraviti analizu potrošnje energije u odabranoj školi. Kroz energetski pregled potrebno je ustanoviti koji su potencijali smanjenja potrošnje energije i eventualne mogućnosti korištenja određenih obnovljivih izvora energije.

U okviru diplomskog rada potrebno je napraviti energetski pregled odabrane škole te predložiti mjere za povećanje energetske učinkovitosti i smanjenja emisija stakleničkih plinova, uključujući korištenje obnovljivih izvora.

Radom obuhvatiti:

- stanje zgrade (instalacija, opreme i sl.), popis potrošača
- ukupnu energetsku potrošnju (električna energija, toplina, hlađenje)
- pregled računa (ukoliko su dostupni)
- energetske gubitke i potencijalna poboljšanja (prijedlog eventualne sanacije)
- povećanje energetske učinkovitosti (izolacija, grijanje, el. instalacije i sl.)
- mogućnost uporabe obnovljivih izvora energije
- izradu tehno-ekonomskog proračuna

Školu za koju će se raditi navedeni zadatak zadat će mentor rada.

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

Zadatak zadan:

16. travnja 2009.

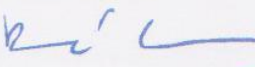
Rok predaje rada:

18. lipnja 2009.


Predviđeni datum obrane:

01. – 03. srpnja 2009.

Zadatak zadao:


Prof. dr. sc. Neven Duić

Predsjednik Povjerenstva:


Prof. dr. sc. Mladen Andrassy

SAŽETAK

U diplomskom radu sam prvo analizirala energetska situaciju u Hrvatskoj i uvjete Europske Unije o energetska učinkovitosti koje Hrvatska mora ispuniti. Zatim sam napravila energetska pregled škole u kojemu sam prikupila i analizirala podatke o potrošačima energenata i o potrošnji energenata u posljednje tri godine, analizirala sam račune, opisala sam sustave najizglednije za uštedu, napravila sam prijedlog mjera za poboljšanje rada sustava u smislu potrošnje energije, napravila izračun energetska i financijska ušteda i investicija i izračun smanjenja CO₂.

Ključne riječi: energija, energenti, energetska učinkovitost

Sadržaj

SAŽETAK.....	4
1. UVOD	11
2. LOKACIJA ŠKOLE I METODOLOGIJA IZRADE DIPLOMSKOG RADA.....	21
2.1. Lokacija osnovne škole Eugena Kvaternika iz Rakovice	21
2.2. Dijagram toka izrade	23
2.3. Energetski pregled škole	24
2.4. Razvoj zakonodavstva o kontroli potrošnje u zgradama.....	29
3. ENERGETSKA UČINKOVITOST U OSNOVNOJ ŠKOLI EUGENA KVATERNIKA RAKOVICA.....	37
3.1 Stanje zgrade (instalacija, oprema i sl.):	37
3.2 Ukupna energetska potrošnja (električna energija, toplina, hlađenje)	50
3.3 Pregled računa	51
3.4. Energetski gubici i potencijalna poboljšanja.....	54
3.5. Povećanje energetske učinkovitosti škole	55
3.6. Mogućnost uporabe obnovljivih izvora energije.....	58
3.7. Izrada tehno-ekonomskog proračuna	62
4. ZAKLJUČAK	66
POPIS LITERATURE	68

POPIS SLIKA

- Sl.1. Vlastita opskrbljenost primarnom energijom u Hrvatskoj
- Sl.2. Energetska intenzivnost ukupne potrošnje energije
- Sl.3. Intezitet potrošnje električne energije
- Sl.4. Struktura neposredne potrošnje energije
- Sl.5. Energetska bilanca u zgradi
- Sl.6. Položaj Rakovice na karti
- Sl.7. Osnovna škola Eugena Kvaternika Rakovica
- Sl.8. Udio potrošnje finalne energije u zgradama u ukupnoj potrošnji finalne energije u RH
- Sl.9. Emisije onečišćujućih tvari u zrak iz energetskeg sektora
- Sl.10. Odnos zadovoljavajuće i nezadovoljavajuće toplinske zaštite zgrada u RH
- Sl.11. Sektor zgradarstva u RH
- Sl.12. Usporedba potrošnje energije u standardno izoliranoj kući, niskoenergetskoj kući i pasivnoj kući.
- Sl.13. Specifična potrošnja energije u zgradama
- Sl.14. Energetska bilanca zgrade iz 1970. godine prije i nakon rekonstrukcije
- Sl.15. Energetski dobici i gubici zgrade
- Sl.16. Izgled i sadržaj energetskeg certifikata sa skalom za određivanje energetskeg razreda prema potrošnji energije
- Sl.17. Izgled energetskeg certifikata koji je odredila Europska Unija
- Sl.18. Pročelje Osnovne škole Eugena Kvaternika Rakovica
- Sl.19. Ulaz u školu
- Sl.20. Školska zgrada s dvoranom
- Sl.21. Škola i igradilište
- Sl.22. Učionice
- Sl.23. Raspored tlaka zraka u grijanoj prostoriji zimi
- Sl.24. Račun za struju siječanj, 2009.
- Sl.25. Račun za struju veljača, 2009.
- Sl.26. Račun za struju ožujak, 2009.
- Sl.27. Račun za struju svibanj, 2009.
- Sl.28. Dozvoljeni i korigirani zadovoljavajući koeficijenti prolaska topline
W/m². Ž.

Sl.29. Prikaz toplinskih gubitaka zida od cigle s fasadom bez izolacije i s toplinskom izolacijom

Sl.30. Usporedba potrošnje energije ugradnjom termostatskih ventila i regulacijom kotla

Sl.31. Solarni kolektori i priprema tople vode

IZJAVA

Izjavljujem da sam diplomski rad izradila samostalno koristeći literaturu navedenu u popisu literature.

Zahvaljujem se na savjetima i stručnoj pomoći mentoru Nevenu Duiću i gospodinu Tomislavu Pukšecu.

Na pruženoj moralnoj podršci zahvaljujem se svojoj djeci: Leonu, Izabeli i Luki.

PREDGOVOR

Stalna briga o zaštiti okoliša, povećanju energetske učinkovitosti i korištenju obnovljivih izvora energije jedna je od temeljnih komponenti održivog razvoja i važan čimbenik u integracijskom procesu Republike Hrvatske Europskoj uniji. Ministarstvo gospodarstva, rada i poduzetništva, Fond za zaštitu okoliša i energetske učinkovitosti i Program Ujedinjenih naroda za razvoj (UNDP) pokrenuli su Program za učinkovito korištenje energije u objektima u vlasništvu Republike Hrvatske – Dovedi svoju kuću u red, čiji je cilj poboljšanje energetske efikasnosti u objektima u vlasništvu Republike Hrvatske te ispunjavanje obveza koje propisuju direktive Europske unije, vezane uz energetske učinkovitost u zgradarstvu. Ukupni proračun za ovaj program je oko 47 milijuna kuna koje osigurava Fond za zaštitu okoliša i energetske učinkovitosti. Za projekt Poticanje energetske efikasnosti u Hrvatskoj je do 2009. godine odobreno 9 milijuna kuna, te projekt Sustavno gospodarenje energijom u gradovima i županijama je odobreno 20 milijuna kuna.

Potrošnja energije u Hrvatskoj prema bruto dohotku po glavi stanovnika je 20 posto veća od prosjeka EU-15. To znači da gubimo jedan posto BDP-a zbog neefikasnog korištenja energije. Istraživanja pokazuju da se u Hrvatskoj 40 posto energije troši u kućanstvima i području usluga, kako javnih tako i komercijalnih. Uslužni sektor je sam odgovoran za više od 10 posto potrošnje i sve se više povećava. Naponi vezani uz energetske učinkovitosti također otvaraju nova radna mjesta u području primjene mjera za uštedu. Dok Hrvatska radi na ispunjavanju standarda Europske unije i zahtjeva Kyoto protokola – UNDP pokušava djelovati kao most i pomoći u praktičnoj primjeni tih zahtjeva u području energetske efikasnosti u graditeljstvu. Hrvatska je regionalni lider u području energetske efikasnosti koji već sada dijeli svoje znanje i iskustvo s drugim državama.

Američki predsjednik Barack Obama, pozivajući na hitnu akciju, od Kongresa je zatražio da što prije prihvati njegov plan gospodarskih poticaja vrijedan 825 milijardi dolara. Iznoseći nove pojedinosti svog plana istaknuo je kako se njime predviđa izgradnja više od 5000 kilometara elektroenergetske mreže za prijenos struje iz alternativnih izvora energije, povećanje energetske ekonomičnosti 75 posto vladinih zgrada, te termička izolacija 2.5 milijuna kuća s kojom će prosječna zaposlena obitelj na troškovima grijanja uštedjeti 350 dolara. Obama je naglasio da bi plan omogućio i otvaranje 3 do 4 milijuna radnih mjesta.

1. UVOD

Tema mog diplomskog rada je «Potencijalne mjere energetske ušteda u odabranoj školi» . Odabrala sam OŠ Eugena Kvaternika iz Rakovice. Kroz energetske pregled ustanoviti ću koji su potencijali smanjenja potrošnje energije i eventualne mogućnosti korištenja određenih obnovljivih izvora energije. Radom ću obuhvatiti:

- stanje zgrade (instalacije, opremu i sl.), popis potrošača
- ukupnu energetske potrošnju (električna energija, toplina, hlađenje)
- pregled računa
- energetske gubitke i potencijalna poboljšanja
- povećanje energetske učinkovitosti
- mogućnost uporabe obnovljivih izvora energije
- izradu tehno-ekonomskog proračuna

Prije toga ću se osvrnuti na energetske situaciju u Hrvatskoj i nastojanja na poticanju energetske efikasnosti. Hrvatska je danas suočena s tri velika problema vezano uz energiju:

- nedostatak energije i nesigurnost u opskrbi energijom (uvozimo preko 50 posto potrebne energije)
- stalan rast cijena energije i energenata
- stalan rast potrošnje kako toplinske energije za grijanje, tako i energije za hlađenje, posebno rastom standarda i masovnim uvođenjem klimatizacije u zgrade.

Program Ujedinjenih naroda za razvoj (UNDP) i Ministarstvo gospodarstva, rada i poduzetništva (MINGORP) pokrenuli su projekt Poticanje energetske efikasnosti u Hrvatskoj. Cilj projekta je podizanje svijesti građanstva o efikasnoj potrošnji energije te poticanje primjene ekonomski isplativih, energetske efikasnih (EE) tehnologija, materijala i usluga u Hrvatskoj. Projekt je započet u srpnju 2005.g., i provodit će se do srpnja 2010. godine.

Ciljne skupine projekta, na koje otpada više od 40% ukupne potrošnje energije u Hrvatskoj, su:

1. sektor domaćinstva
 - građanstvo
2. sektor uslužnih djelatnosti
 - hotel

- banke
- trgovački centri
- poslovne zgrade
- restorani
- trgovine i dr.

3. javni sektor

- državne zgrade
- zgrade jedinica lokalne i regionalne samouprave
- bolnice
- škole i fakulteti
- sportski objekti
- knjižnice, muzeji, kazališta i dr.

Uz povećanje energetske efikasnosti, što često dovodi i do smanjenja potrošnje energije te uštede novca, cilj projekta je i izravno smanjenje emisije stakleničkih plinova, koji pridonose efektu globalnog zatopljenja.

Kao glavni ciljevi projekta postavljeni su:

- Poticanje transformacije tržišta energetske efikasne proizvoda i usluga, odnosno poticanje razvoja takvog tržišta u Hrvatskoj, kako bi EE usluge i proizvodi bili što dostupniji krajnjim korisnicima.
- Informiranje i educiranje krajnjih korisnika o energetske efikasnosti te o dostupnosti energetske efikasne tehnologije i uređaja na tržištu.

Kako bi postigli gore navedene ciljeve, potrebno je istovremeno djelovati i na stranu ponude i na stranu potražnje na tržištu. S tim u vidu projekt je postavljen kao poveznica između ta dva sudionika tržišta, a krajnji cilj je poticanje i ubrzanje formiranja samostalnog i samoodrživog EE tržišta u Hrvatskoj.

Instrumenti i aktivnosti koji su unutar strukture projekta predviđeni za dostizanje gore navedenih ciljeva su sljedeći:

- EE Savjetovanje - Usluga EE savjetovanja namijenjena je pretežito sektoru domaćinstava. Građanima se na ovaj način omogućava savjetovanje s ciljem informiranja i educiranja o mogućnostima poboljšanja energetske efikasnosti u svom domu. . U slučaju potrebe može se dogovoriti i posjet stručne osobe koja će vas

savjetovati u vašem domu. Prijavu možete izvršiti slanjem obrasca Osnovni podaci o zgradi. Početni energetske pregledi zgrada (eng. Preliminary energy audit) - Usluga početnog energetske pregleda namijenjena je pretežito uslužnom i javnom sektoru. Pregled uključuje posjet stručne osobe/a koja će obilaskom objekta utvrditi mjesta na kojima se troši ili gubi najviše energije, te predložiti moguća rješenja za poboljšanje energetske efikasnosti. Rezultat pregleda je prijedlog potencijalnih projekata poboljšanja energetske efikasnosti čijom realizacijom možemo smanjiti potrošnju energije te uštedjeti novac.

- Potpore za izradu projektne dokumentacije - Jedan od dostupnih instrumenata je i "Fond za razvoj projekata" koji je namjenjen sufinanciranju troškova izrade dokumentacije potrebne za prijavu projekata poboljšanja energetske efikasnosti financijskim institucijama (bankama, fondovima, itd.). Trošak izrade dokumentacije sufinancira se maksimalno do iznosa od 50% ukupne cijene. U slučaju odobravanja financiranja i realizacije projekta sufinancirani iznos potrebno je vratiti u Fond.
- Organiziranje stručnih seminara, prezentacija, obrazovnih tečajeva, javnih promocija s ciljem podizanja informiranosti i znanja o energetske efikasnosti i sustavnom gospodarenju energijom.
- Usluge stručne tehničke pomoći u pripremi projekata poboljšanja energetske efikasnosti te u pripremi i provođenju projekata sustavnog gospodarenja energijom.

Korisnici prema kojima su usmjerene usluge koje se pružaju unutar aktivnosti projekta su:

- Krajnji korisnici u sektoru domaćinstva, odnosno vlasnici i iznajmljivači kuća i stanova
- Vlasnici i upravitelji poslovnih i javnih zgrada, uključujući i ministarstva i regionalnu i lokalnu samoupravu
- Obrazovne institucije (sveučilišta, veleučilišta, škole...)
- Ponuđači usluga (konzultantskih, inženjerskih, ESCO usluga)
- Financijske institucije
- Projektanti i graditelji (vezani za izgradnju novih kuća, stanova i drugih zgrada)
- Trgovački lanci, udruge potrošača, nevladine

Što je energetska učinkovitost

Energetska učinkovitost je suma isplaniranih i provedenih mjera čiji je cilj korištenje minimalno moguće količine energije tako da razina udobnosti i stopa proizvodnje ostanu sačuvane.

Razlozi ZA energetska učinkovitost

Zaštita okoliša

Energija se većinom proizvodi sagorijevanjem fosilnih goriva. Najznačajniji polutanti su SO₂, NO_x, CO₂. Svaki nepotrošeni kWh energije = određena količina polutanata koja nije ispuštena u atmosferu.

Ekonomska učinkovitost

- smanjeni računi za energiju
- smanjeni troškovi proizvodnje/poslovanja
- povećanje konkurentnosti

PRIHOD – TROŠAK = BRUTO DOBIT

Pravni i institucionalni okvir za energetska učinkovitost u RH

Nacionalni energetska programi

- Strategija energetska razvitka RH (NN 38/02)
- Energetska zakonodavstvo
- Zakon o energiji (NN 68/01, 177/04, 76/07)
- Pravilnik o označavanju energetska učinkovitosti kućanskih uređaja (NN130/07)
- Paket podzakonskih akata za poticanje proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije (NN 33/07 i 67/07)
- Master plan energetska učinkovitosti

Zakonodavstvo iz područja graditeljstva

- Zakon o prostornom uređenju i gradnji (NN 76/07)
- Tehnički propis o uštedi toplinske energije i toplinskoj zaštiti zgrada (NN 79/05, 155/05, 74/06)
- Zakonodavstvo iz područja zaštite okoliša
- Zakon o zaštiti okoliša (NN 110/07)

Ministarstvo zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva

Ministarstvo gospodarstva, rada i poduzetništva

Fond za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost

- zajmovi; subvencije; financijske pomoći; donacije

Akcijski plan za energetske učinkovitost

- energetske učinkovitije proizvodi
- energetske učinkovitije zgrade
- energetske učinkovitije promet
- učinkovitije tehnologije pretvorbe energije
- financijski poticaji energetske učinkovitosti
- podizanje svijesti i promjene ponašanja
- međunarodna suradnja

Smjernice EU relevantne za energetske učinkovitost:

- učinkovitost potrošnje energije i energetske usluge (2006/32/EC)
- energetska učinkovitost zgrada (2002/91/EC)
- eko-dizajn (2005/32/EC)
- označavanje kućanskih uređaja (92/75/EEC i niz provedbenih) kogeneracija (2004/08/EC)

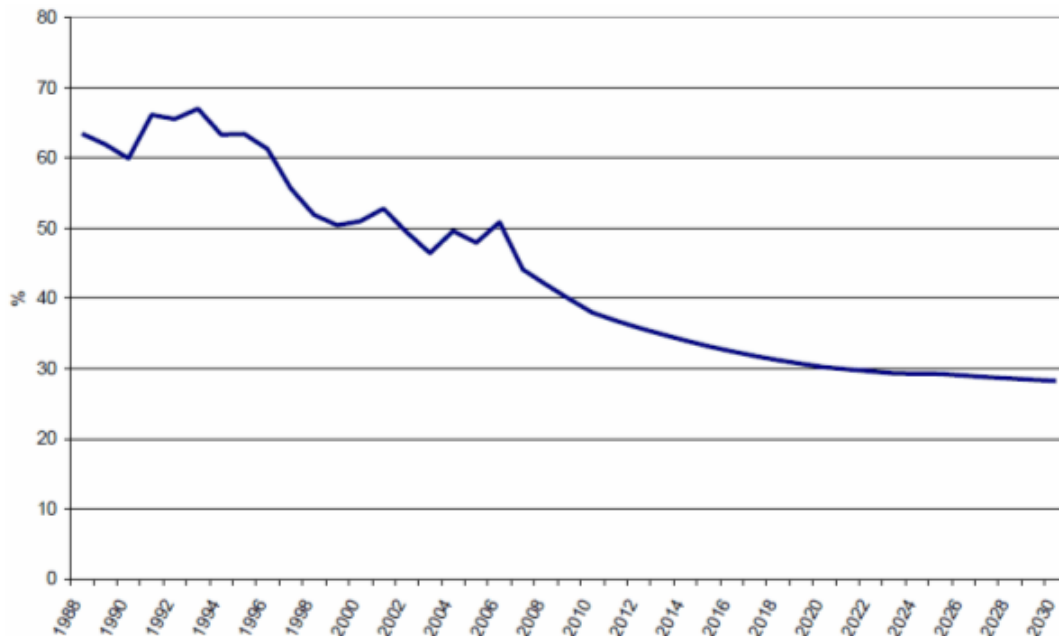
Smjernica o energetske učinkovitosti i energetske uslugama

(2006/32/EC)

- Godišnje smanjenje 1% u periodu 2008.-2016.
- Donošenje tri trogodišnja plana s kvantificiranim ciljevima
- Javni sektor – primjer učinkovite uporabe energije

- Analiza i izbor mjera za distributere, operatore distribucijskih sustava i trgovce energijom
- Dobrovoljni ugovori
- Institucionalni okvir za mjerenje i verifikaciju energetske ušteda
- Dostupnost informacija
- Ukupna potrošnja energije u RH u 2006. godini 410.56 PJ
- Ukupna proizvodnja energije u RH u 2006. godini 208.76 PJ

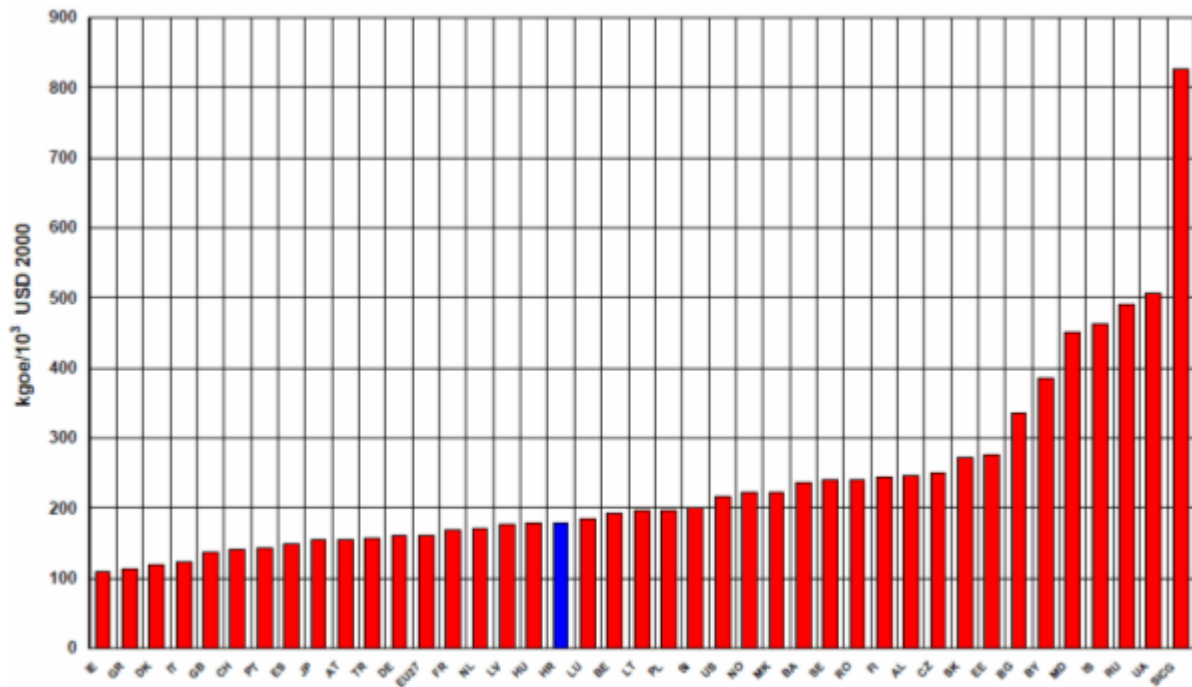
Vlastita opskrbljenost Hrvatske primarnom energijom s godinama će opadati.



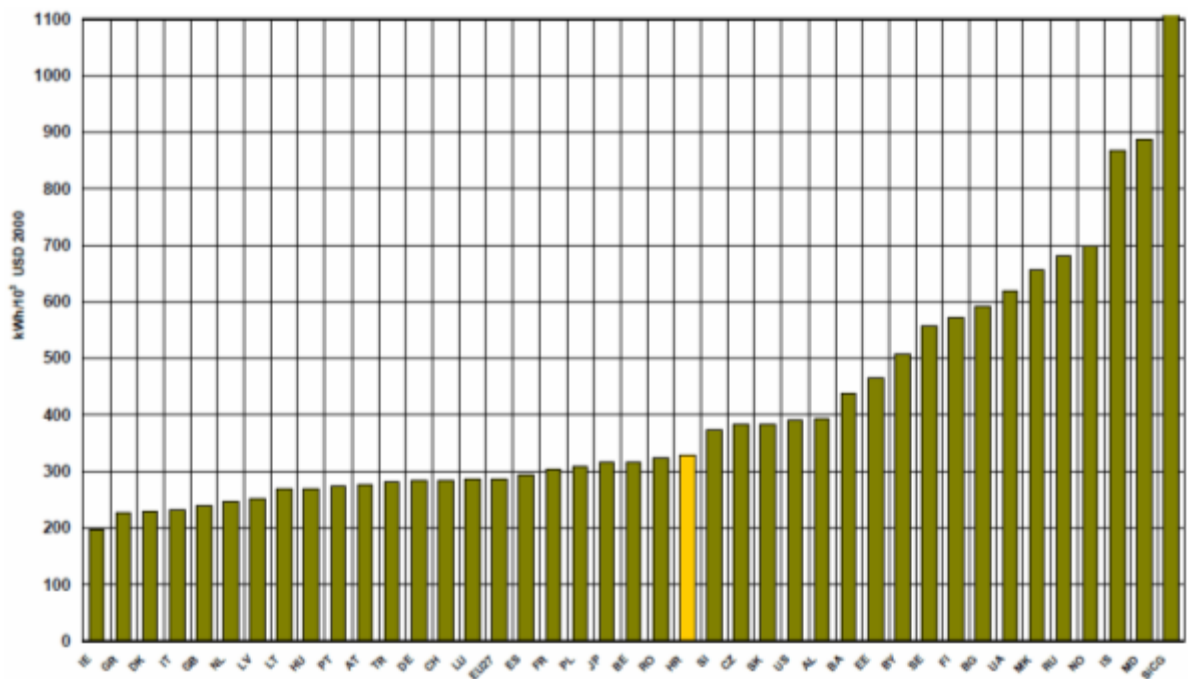
Sl.1. Vlastita opskrbljenost primarnom energijom u Hrvatskoj

Pokazatelj učinkovitosti potrošnje energije:

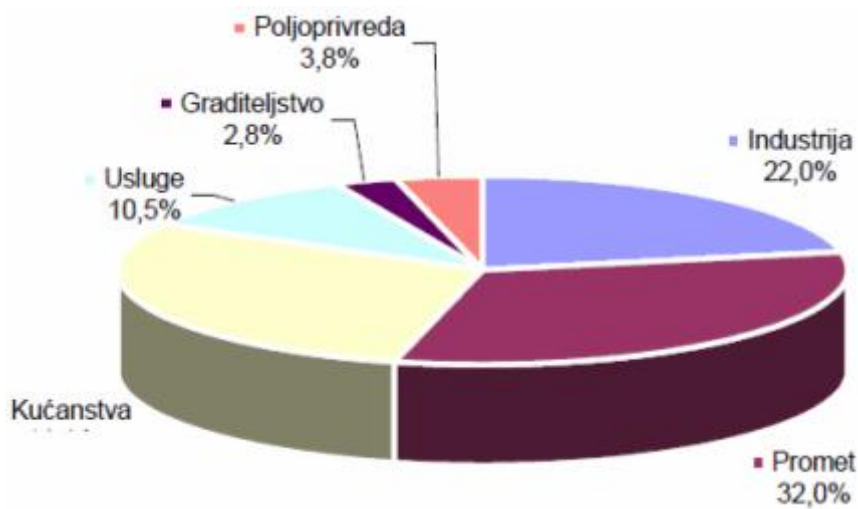
energetska intenzivnost = potrošnja energije / BDP



Sl.2. Energetska intenzivnost ukupne potrošnje energije



Sl.3. Intezitet potrošnje električne energije



Sl.4. Struktura neposredne potrošnje energije

Tab.1. Kretanje cijena energije

	2000.	2001.	2002.	2003.	2004.	2005.	2006.
Električna energija - za kućanstva (kn/kWh)	0,4184	0,5095	0,5143	0,5087	0,5489	0,5559	0,58
Ekstra lako loživo ulje (kn/l)	2,64	3,14	2,71	2,77	3,29	4,17	4,7
Prirodni plin (kn/m³) - za kućanstva	1,45	1,72	1,94	1,95	2,04	2,04	2,13

Cijene energije za 2007., 2008. i 2009. navodila sam kod konkretnih primjera u trećem poglavlju.

Energetska učinkovitost u RH i budući izazovi*Tab.2. Emisije onečišćujućih tvari*

	2000.	2001.	2002.	2003.	2004.	2005.
SO ₂ (t)	60910	62060	68018	66598	53772	53494
NO _x (t)	68428	68798	67811	68454	66019	67195
Čestice (t)	11810	11387	11402	12887	12476	12680
CO ₂ (1000t)	16827	17704	18880	20202	19657	20006

Izvori energije

- obnovljivi izvori (sunce, vjetar, geotermalna, vode, mora i oceani, biomasa)
- fosilna goriva (ugljen, nafta, prirodni plin) nuklearno gorivo (uran, plutonij)

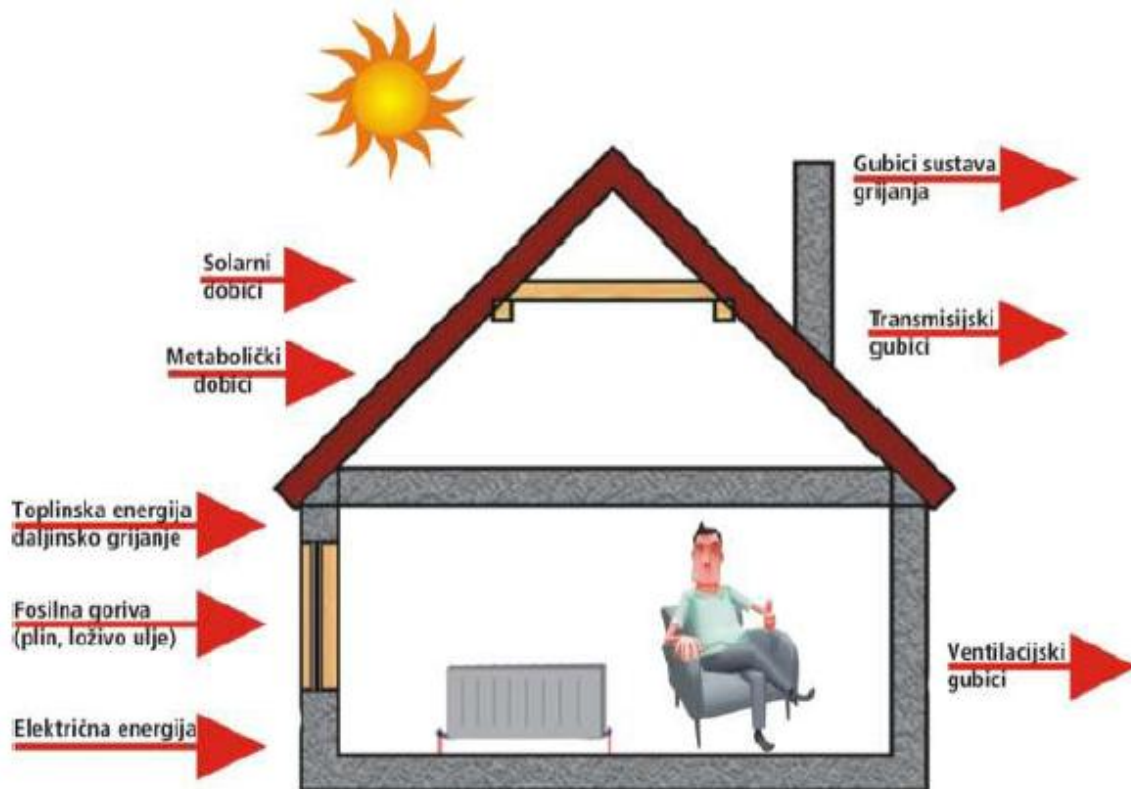
Energetske pretvorbe u zgradama:

- ogrijevni kotlovi/bojleri
- motori s unutarnjim sagorijevanjem
- sunčevi toplinski kolektori
- fotonaponski paneli
- toplinske crpke

Energetska (toplinska) bilanca zgrade

- Q – (primarna) energija dovedena sustavu grijanja
- Q_{in} – unutarnji dobici
- Q_{sun} – toplinski dobici od sunca
- Q_{trans} – transmisijski gubici
- Q_{vent} – ventilacijski gubici
- Q_h – gubici sustava grijanja

$$Q = Q_{in} + Q_{sun} = Q_{trans} + Q_{vent} + Q_h$$



Sl.5. Energetska bilanca u zgradi

Energetska bilanca otkriva osnovne principe energetske učinkovitosti u zgradama:

- povećanje toplinskih dobitaka od sunca
- smanjenje transmisijskih i ventilacijskih gubitaka
- smanjenje gubitaka u sustavu grijanja i ostalim tehničkim sustavima
- povećanje udjela obnovljivih izvora energije

Čimbenici koji utječu na potrošnju energije u zgradi :

- karakteristike građevine
- energetske sustave u zgradi
- klimatski uvjeti
- navike
- korisnici

2. LOKACIJA ŠKOLE I METODOLOGIJA IZRADE DIPLOMSKOG RADA

2.1. Lokacija osnovne škole Eugena Kvaternika iz Rakovice

Rakovica je udaljena oko 120 km od Zagreba u smjeru juga (jugozapada). Nalazi se uz glavnu državnu prometnicu (D1) koja spaja sjevernu i južnu Hrvatsku pa je vrlo dobra povezanost sa središnjom i južnom Hrvatskom.



Rakovica je neposredni prirodni i urbani susjed Nacionalnog parka Plitvička jezera, idealan za odmor i predah turista, pun prirodnih znamenitosti i gostoljubivih domaćina. Smještena je u najužem dijelu Karlovačke županije, a njegovim središtem protječe potok nekad bogat rakovima po kojem je Rakovica i dobila ime. Kroz Rakovicu prolazi najvažnija hrvatska i srednjoeuropska cestovna magistrala prema Jadranskom moru. Mnogobrojnim turistima i prolaznicima poznata je i kao Plitvička cesta ili zelena magistrala sjever-jug, bogata restoranima s autohtonim jelima.

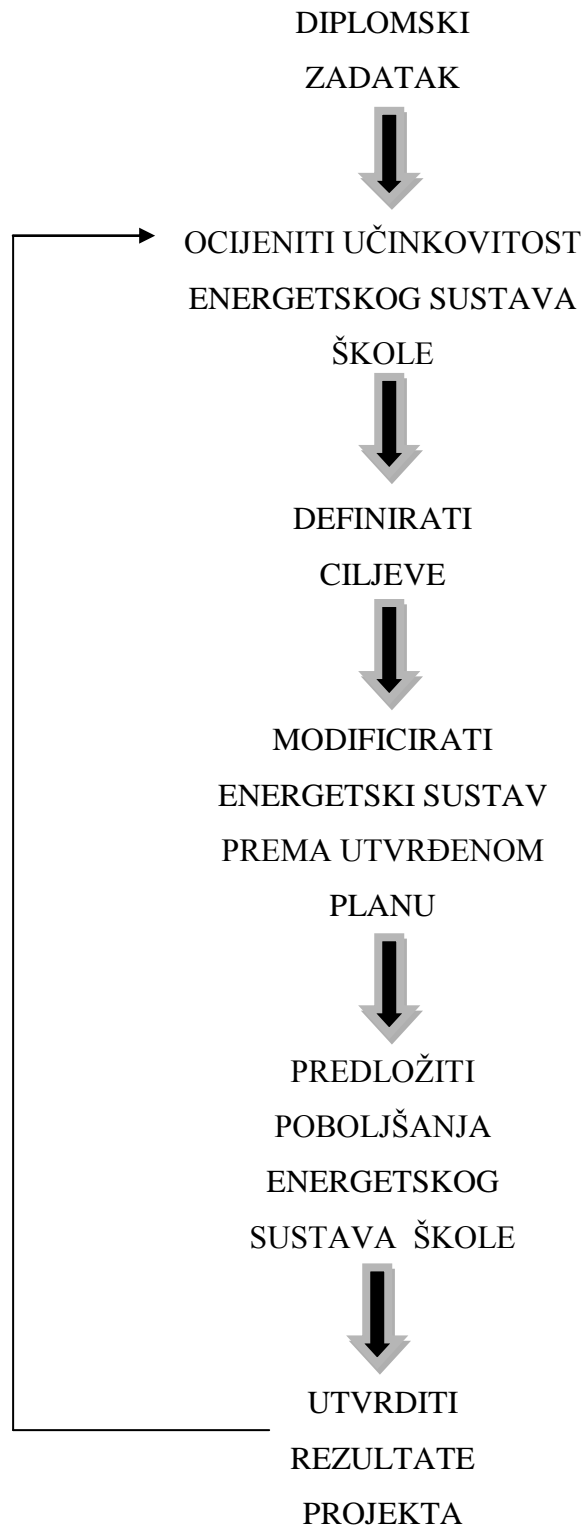
Sl. 6. Položaj Rakovice na karti



Sl.7. Osnovna škola Eugena Kvaternika Rakovica

Za Rakovicu vežemo mnoge znamenite događaje, od kojih ću spomenuti samo onaj po kojemu je Rakovica postala slavna i glasovita. Naime, 8. listopada 1871. godine je Eugen Kvaternik, prijatelj i sudrug Ante Starčevića pokrenuo ustanak poznat pod nazivom Rakovički ustanak. U spomen na taj pothvat je i naša škola dobila ime pa se svaki učenik/učenica može ponositi da je pohađao Osnovnu školu Eugena Kvaternika. Uz matičnu školu u Rakovici postoji još devet područnih škola od kojih zasad radi samo PŠ Drežnik.

2.2. Dijagram toka izrade



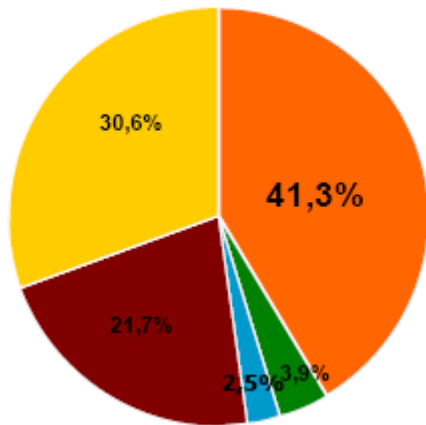
2.3. Energetski pregled škole

U sklopu energetskog pregleda objekta škole analizirati će postojeće stanje energetskih sustava i ovojnice objekta te dati prijedloge poboljšanja sa stanovišta smanjenja potrošnje energije (električne i toplinske). Sve predložene mjere poboljšanja moraju biti u skladu s tehničkim normama i propisima koje vrijede u RH. Predložene mjere kojima je jednostavni period otplate (radovi i oprema) veći od 8 godina, izuzev vanjske stolarije 12 god, treba odmah odbaciti kao neisplative.

Energetski pregled obuhvatit će osnovne cjeline:

- prikupljanje podataka o potrošnji energenata za posljednje tri godine/sezone (računi).
- Prikupljanje podataka o potrošačima energenta (rasvjeta, uredska oprema, kuhinjski uređaji, kotlovi bojleri za pripremu PTV, cirkulacijske pumpe...) s radnim rasporedima.
- Analizu računa za energente (odstupanja od očekivanih vrijednosti s ispitivanjem uzroka)
- izrade modela potrošnje, udjeli potrošnje pojedinih sustava (rasvjeta, uredska oprema, kuhinja...) prema radnim rasporedima i usporedba s računima za energente te određivanje udjela u ukupnoj potrošnji
- opisa sustava najizglednijih za uštedu energije: rasvjeta. priprema i distribucija toplinske energije (popis opreme: starost, funkcionalnost,...), vanjska ovojnica objekta
- prijedloga mjera za poboljšanje rada sustava u smislu smanjenja potrošnje energije
- izračuna energetske i financijske uštede i investicije (procijeniti investiciju za radove i opremu te povećati troškove za 20% vrijednosti R&O za troškove projektiranja, nadzora i dr.troškova), izračun smanjenja emisije CO₂
- postaviti scenarije (skup mjera) za provedbu prijedloga

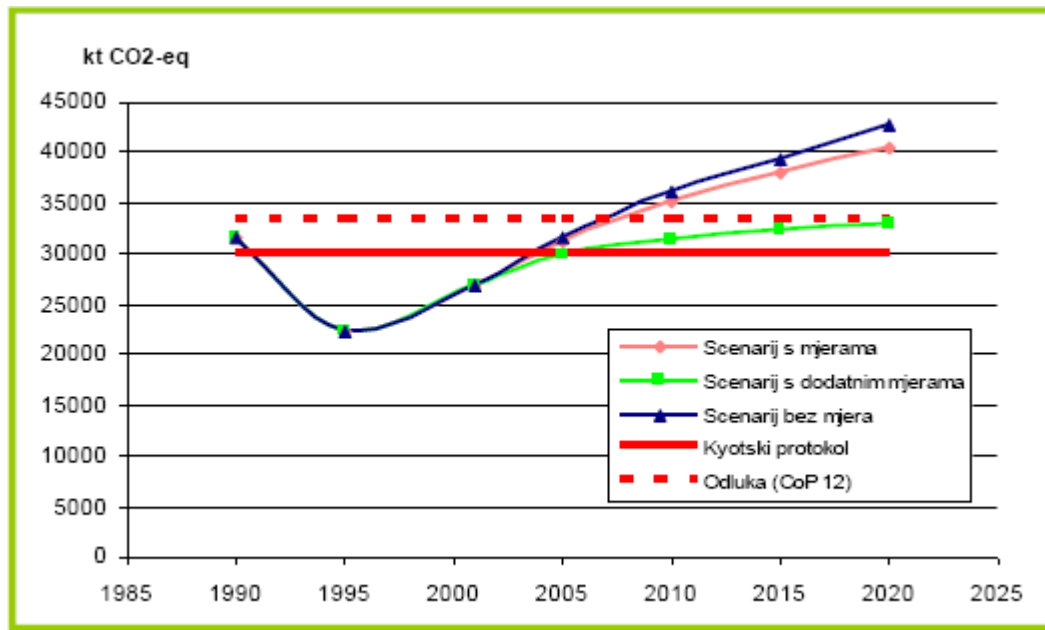
Prije prikaza energetske učinkovitosti u OŠ Eugena Kvaternika Rakovica osvrnula bih se na: postojeće stanje i energetski potencijal zgrada RH



- 30,6% STAMBENE I NESTAMBENE ZGRADE
- 41,3% POLJOPRIVREDA
- 21,7% GRAĐEVINARSTVO
- 3,9% INDUSTRIJA
- 2,5% PROMET

Sl.8. Udio potrošnje finalne energije u zgradama u ukupnoj potrošnji finalne energije u RH 2005. godine.

Zbog velike potrošnje energije u zgradama, a istovremeno i najvećeg potencijala energetske i ekološke ušteda, energetska efikasnost je danas prioritet suvremene arhitekture i energetike. Akcijski plan za energetske efikasnost, niz direktiva i poticajnih mehanizama, te obavezna energetska certifikacija zgrada u EU, upućuju na hitnu potrebu smanjenja potrošnje energije u zgradama, čime se direktno utječe na ugodniji i kvalitetniji boravak u zgradi, duži životni vijek zgrade, te doprinosi zaštiti okoliša. Sektor stambenih i nestambenih zgrada u Hrvatskoj troši 41,30 posto ukupne finalne potrošnje energije, uz stalan rast potrošnje - 108,7 PJ od ukupne potrošnje 263,3 PJ u 2005. godini.



Sl.9. Emisije onečišćujućih tvari u zrak iz energetskeg sektora

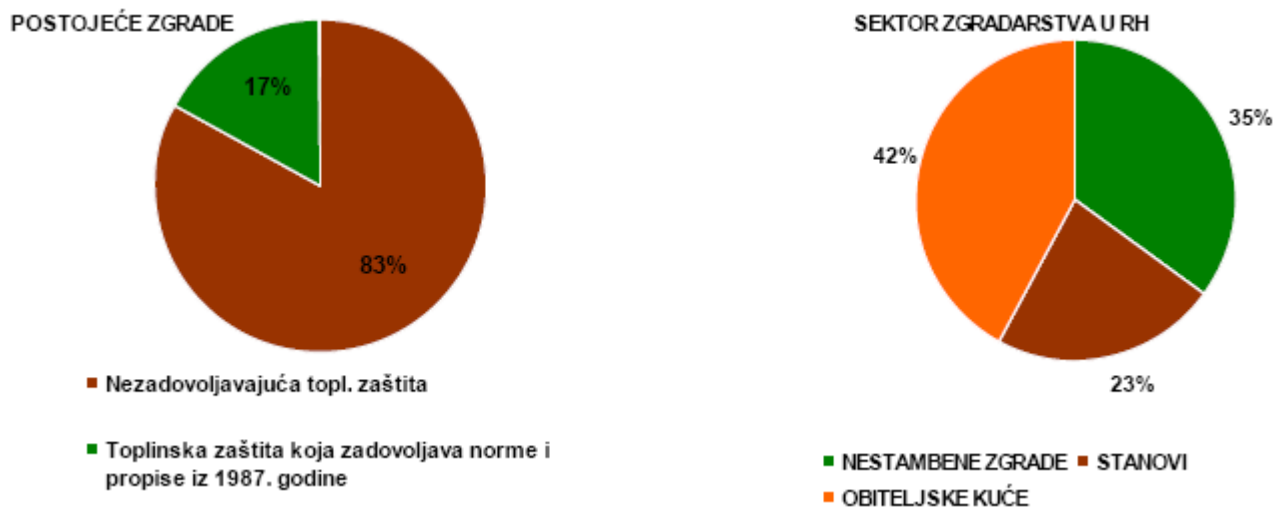
Emisije onečišćujućih tvari u zrak iz energetskeg sektora imaju zabrinjavajući rastući trend. Emisija CO₂ uzrokovana je povećanom potrošnjom fosilnih goriva. Hrvatska je 27. travnja 2007. godine ratificirala i Protokol iz Kyota, prema kojem proizlazi obveza smanjenja emisije stakleničkih plinova iz antropogenih izvora za 5 posto, u razdoblju od 2008. do 2012. godine, u odnosu na referentnu 1990. godinu.

Zbog dugog životnog vijeka zgrada, njihov utjecaj na okoliš u kojem živimo je dug i kontinuiran i ne možemo ga zanemarivati. Novogradnja – iako definirana zakonima i podzakonskim aktima, zbog naglog prodora i utjecaja kapitala te nevjerojatne ekspanzije gradnje u Hrvatskoj u posljednjih nekoliko godina, svjedoci smo arhitektonskih realizacija upitne kvalitete i bez ikakvog energetskeg koncepta. Postojeće zgrade su danas najveći energetske problem. Imaju niski standard, troše enormno puno energije i veliki su zagađivač okoliša, te slijedi potreba za sustavnom obnovom.

Toplinska zaštita zgrada - jedna je od najvažnijih tema u području energetske efikasnosti, zbog velikog potencijala energetske ušteda. Temeljno načelo smanjenja energetske potreba tj. povećanja energetske efikasnosti je optimalna toplinska izolacija cijele vanjske ovojnice zgrade i izbjegavanje toplinskih mostova. Nedovoljna toplinska izolacija uzrok je da su povećani toplinski gubici zimi, hladne obodne konstrukcije, oštećenja nastala kondenzacijom,

tj. vlagom te pregrijavanje prostora ljeti. Posljedica su oštećenja konstrukcije te neudobno i nezdravo stanovanje i rad, povećanje cijene korištenja i održavanja prostora te veće zagađenje okoliša.

Osnovna karakteristika postojeće izgradnje je neracionalno velika potrošnja svih tipova energije, prvenstveno toplinske energije, ali i električne energije, 83 posto postojećih zgrada u Hrvatskoj ne zadovoljava niti Propise o toplinskoj zaštiti iz 1987. godine → 2005. Novi Tehnički propis o uštedi toplinske energije i toplinskoj zaštiti u zgradama u primjeni od 1.7.2006.



Sl.10. Odnos zadovoljavajuće i nezadovoljavajuće zaštite zgrada u RH *Sl.11. Sektor zgradarstva u RH toplinske zaštite zgrada u RH*

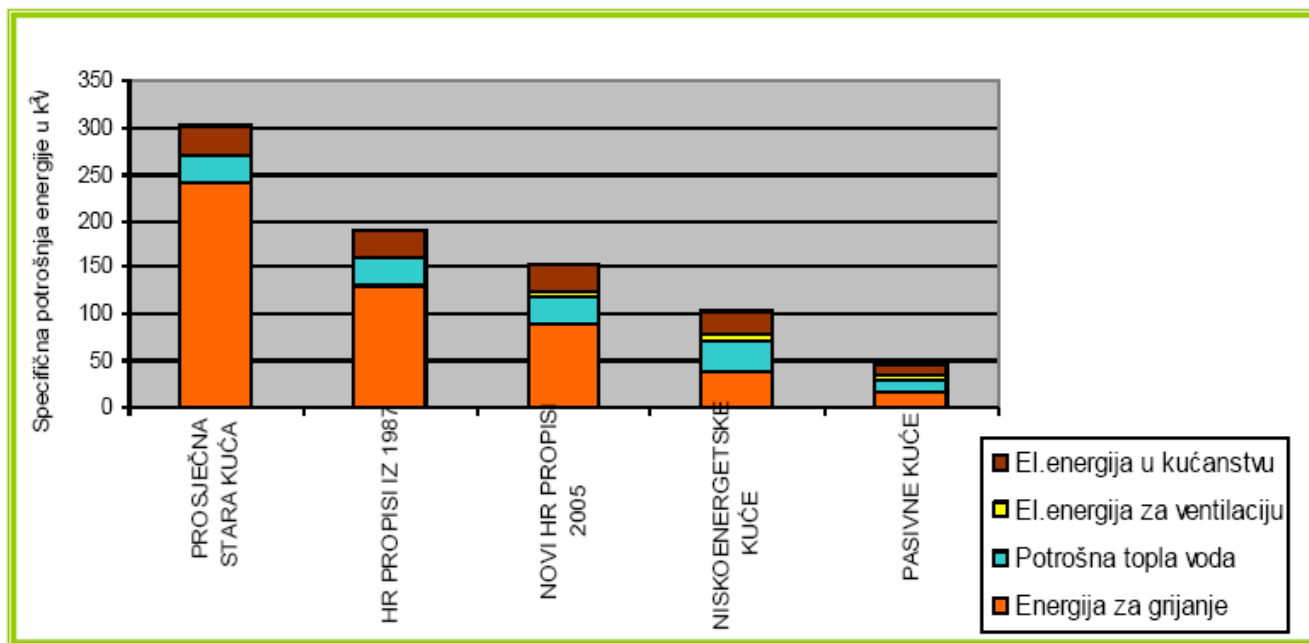
Prema starosti i vrsti gradnje, te energetske stanju, postojeće zgrade u Hrvatskoj možemo podijeliti u četiri grupacije:

- zgrade građene prije 1970. godine
- zgrade građene u periodu od 1970. do 1987. godine
- zgrade građene u periodu od 1987. do 2006. godine
- novogradnja usklađena s novim Tehničkim propisom o uštedi toplinskeenergije i toplinskoj zaštiti u zgradama (NN 79/05) s obaveznom primjenom od 1. srpnja 2006. godine.

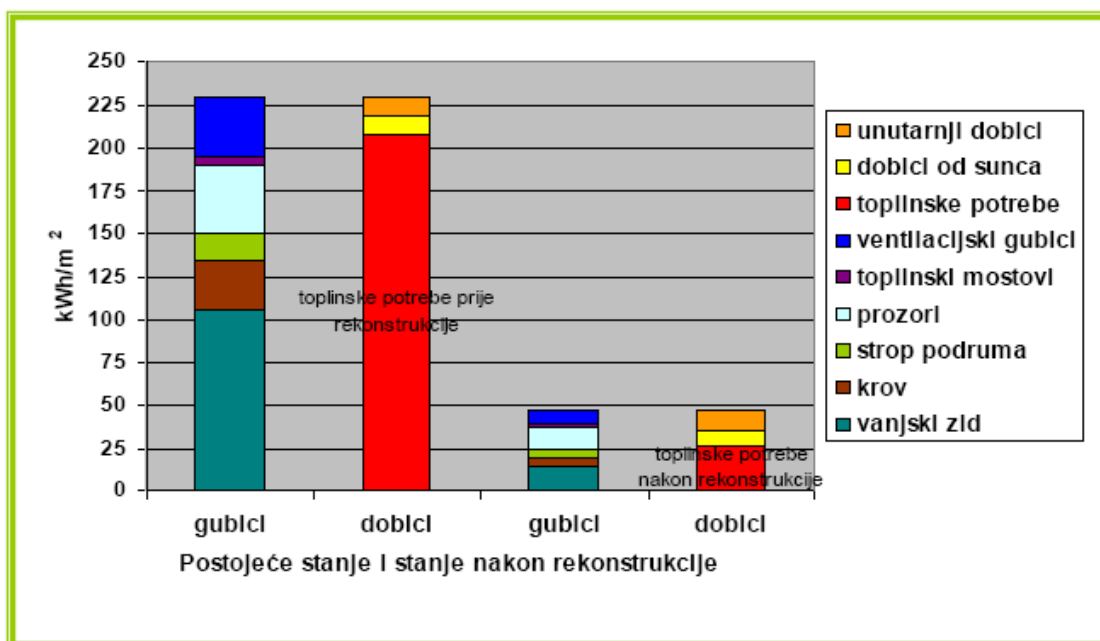
Sa stajališta energetske potrošnje - razdoblje izgradnje je izuzetno važan parametar. Zbog karakteristika gradnje i nedostatka propisa o toplinskoj zaštiti, u razdoblju najveće stambene izgradnje od 1950. do 1980. godine, izgrađen je niz stambenih i nestambenih zgrada s prosječnom potrošnjom energije za grijanje od preko 200 kWh/m². Prosječne stare zgrade godišnje troše 200-300 kWh/m² energije za grijanje, standardno izolirane kuće ispod 100, suvremene niskoenergetske kuće ispod 40, a pasivne i nulenergetske kuće 15 kWh/m² i manje. Energijom koju potrošimo u standardno izoliranoj kući danas možemo zagrijati 3 do 4 niskoenergetske kuće ili 8 do 10 pasivnih kuća.



Sl.12. Usporedba potrošnje energije u standardno izoliranoj kući, niskoenergetske i pasivnoj kući.



Sl.13. Specifična potrošnja energije u zgradama



Sl.14. Energetska bilanca zgrade iz 1970. godine prije i nakon rekonstrukcije

Osnovna škola Eugena Kvaternika Rakovica završena je 1970.godine i ima karakteristike zgrada napravljenih u tom vremenskom razdoblju zato prije analize energetske učinkovitosti škole dajem primjer energetske bilance prosječne zgrade građene 70-tih godina, prije rekonstrukcije i bilanca nakon rekonstrukcije primjenom standarda niskoenergetske gradnje.

2.4. Razvoj zakonodavstva o kontroli potrošnje u zgradama

Razvoj zakonodavnog okruženja igra veliku ulogu u kontroli potrošnje energije u zgradama. U Zakonu o energiji (NN 68/01, 177/04, 76/07) je prvi put izrađen pozitivan stav države prema učinkovitom korištenju energije i jasno naglašeno da je učinkovito korištenje energije u interesu Republike Hrvatske.

Zakonom o Fondu za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost (NN 107/03) osnovan je Fond koji treba obavljati poslove financiranja pripreme, provedbe i razvoja programa, projekata i

sličnih aktivnosti u području očuvanja, održivog korištenja, zaštite i unaprjeđivanja okoliša, te energetske učinkovitosti i korištenja obnovljivih izvora energije.

Zakon o gradnji (NN 175/03, 100/04) odredio je da su ušteda energije i toplinska zaštita jedan od šest bitnih zahtjeva za građevinu.

Zakon o prostornom uređenju i gradnji (NN 76/07) naglašava značaj energetske učinkovitosti i uvodi obvezu energetske certifikacije zgrada.

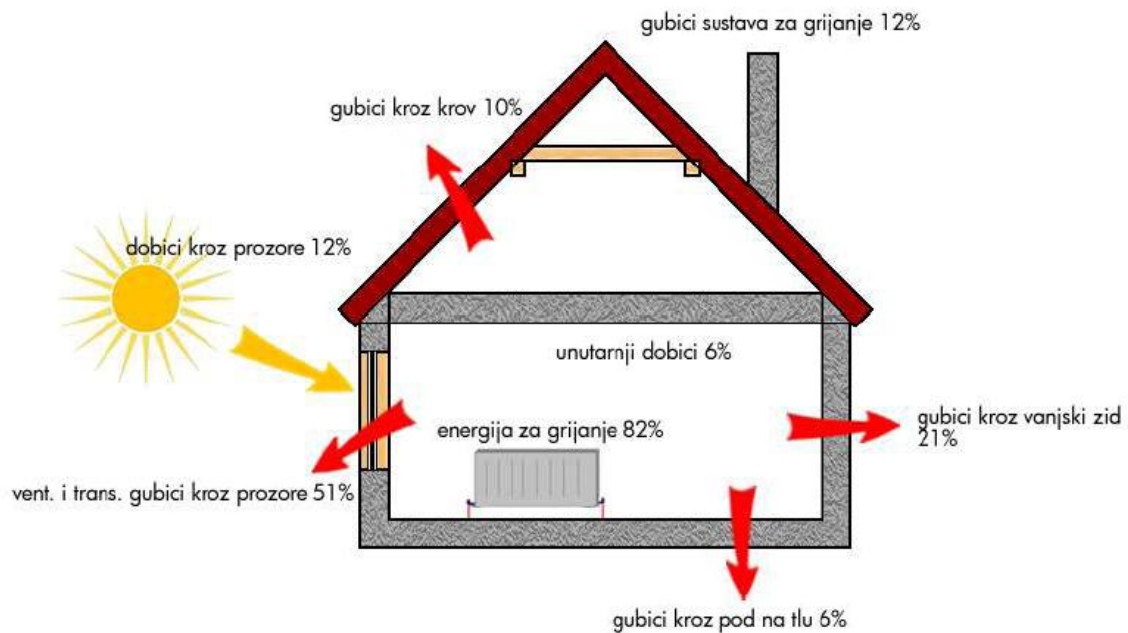
Zakonom o prostornom uređenju i gradnji (NN 76/07) definira se značaj energetske efikasnosti i obavezna energetska certifikacija zgrada, te se obvezuje na uštedu energije i toplinsku zaštitu. Za nove i postojeće zgrade kvaliteta s obzirom na potrošnju energije odrediti će se klasifikacijom u energetske razrede. Podaci o potrošnji pojedine vrste energije određivati će se proračunom ili prema stvarnoj potrošnji u zgradi. Prije izdavanja uporabne dozvole, kod promjene vlasništva ili iznajmljivanja zgrade ili stana bit će obaveza pribaviti certifikat o energetske svojstvima zgrade. Energetska svojstva i način izračuna toplinskih svojstava zgrade, energetske zahtjeve za nove i postojeće zgrade, uvjete, sadržaj i način izdavanja certifikata, zgrade za koje postoji obveza javnog izlaganja certifikata i uvjete za osobe ovlaštene za izdavanje certifikata propisati će ministar pravilnikom.

Tehnički propis o uštedi topl. energije i topl. zaštiti u zgradama (NN79/2005) govori o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama. NN110/2008 je usvojen 1. srpnja 2005. godine, s obaveznom primjenom od 1. srpnja 2006. Veliki je napredak u toplinskoj zaštiti zgrada, a obuhvaća i novogradnje i rekonstrukcije postojećih zgrada. Prvi je korak u implementaciji Direktive EU o energetske značajkama zgrada.

Energetska bilanca zgrade, prema HRN EN 832:2000 + HRN EN 832/AC:2004 uključuje:

- transmisijske toplinske gubitke i toplinske gubitke zbog provjetravanja iz unutarnjeg prema vanjskom prostoru
- transmisijske toplinske gubitke i toplinske gubitke zbog provjetravanja ili toplinske dobitke sa susjednim zonama
- iskoristive unutarnje toplinske dobitke od unutarnjih izvora topline
- iskoristive toplinske dobitke od sunca

- toplinske gubitke u sustavu grijanja
- energiju dovedenu u sustav grijanja
- Zahtjevi za ograničenje godišnje potrebne topline ne primjenjuju se za:
- Zgrade koje najmanje 70 posto potrebne energije za grijanje podmiruju iz individualnih obnovljivih izvora energije
- Zgrade koje više od polovice toplinskih gubitaka nadoknađuju unutarnjim izvorima topline iz tehnološkog procesa



Sl.15. Energetski dobici i gubici zgrade

EU Direktiva 2002/91/EC o energetske značajkama zgrada

Directive 2002/91/EC of the European Parliament and of the Council of 16

December 2002 on the energy performance of buildings (Official Journal L 001,04/01/2003)

propisuje:

- uspostavu općeg okvira za metodologiju proračuna energetske karakteristika zgrada
- primjenu minimalnih zahtjeva energetske efikasnosti za nove zgrade
- primjenu minimalnih zahtjeva energetske efikasnosti za postojeće zgrade prilikom većih rekonstrukcija (korisne površine iznad 1000 m²)
- energetske certifikacije zgrada
- redovitu inspekciju kotlova i sustava za kondicioniranje zraka u zgradama

Metodologija proračuna energetske značajke zgrada u skladu s Direktivom obuhvaća:

- toplinske karakteristike ovojnice i unutarnjih konstrukcijskih dijelova zgrade
- sustav za grijanje i pripremu tople vode
- sustav za kondicioniranje zraka
- sustav ventilacije
- instalirani sustav rasvjete
- poziciju i orijentaciju zgrade uključujući vanjske klimatske uvjete
- pasivni sunčani sustavi i naprave za zaštitu od sunca
- prirodnu ventilaciju
- klimatske uvjete unutar zgrade

Pri projektiranju novih kao i rekonstrukciji postojećih zgrada površine veće od 1000 m² potrebno je razmotriti mogućnosti primjene slijedećih sustava:

- aktivni solarni sustavi i drugi sustavi za proizvodnju topline i električne energije na temelju obnovljivih energenata;
- proizvodnja toplinske i električne energije putem kogeneracije;
- sustavi daljinskog ili blokovskog grijanja i hlađenja;
- toplinske crpke ili dizalice topline ;
- prirodno osvjetljenje

Direktiva za postojeće zgrade koje se obnavljaju traži poboljšanje minimalnih energetske svojstava koliko god je to tehnički, funkcionalno i ekonomski izvedivo.

Direktiva o energetske značajkama zgrada vrlo je značajna za sektor zgradarstva i donosi velike promjene za sve sudionike u projektiranju i gradnji. Novu EU Direktivu zemlje članice morale su integrirati u svoje zakonodavstvo do 4. siječnja 2006. godine (uz moguće produljenje roka za tri godine). Upravo se priprema proširenje direktive na cjelokupni sektor zgrada.

Republika Hrvatska, odnosno nadležno Ministarstvo osnovalo je povjerenstvo i započelo implementaciju ove direktive u hrvatsko zakonodavstvo. Ciljani datum za implementaciju Direktive u zakonodavstvo Republike Hrvatske je bio 31. prosinac 2008. godine.

Implementacija Direktive 2002/91/EC o energetske svojstvima zgrada / Directive 2002/91/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2002 on the energy performance of buildings:

- Akcijski plan za implementaciju EU direktive o energetske svojstvima zgrada, MZOPUG - izrađena i pripremljena 2 nova tehnička propisa i 2 nova pravilnika, od posebne važnosti za područje energetske učinkovitosti u zgradama.
- Tehnički propis o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama, NN110/2008
- Tehnički propis o sustavima grijanja i hlađenja zgrada, NN110/2008
- Pravilnik o energetske certificiranju zgrada, NN113/2008
- Pravilnik o uvjetima i mjerilima za osobe koje provode energetske preglede i energetske certificiranje zgrada, NN113/2008

Pravilnikom o energetske certificiranju zgrada, NN113/2008 propisuju se:

- zgrade za koje je potrebno izdati certifikat
- Energetske razredi
- Sadržaj i izgled en.certifikata
- Zgrade javne namjene za koje je potrebno javno izlaganje certifikata
- Obveze investitora i vlasnika zgrada
- Postupak en.certificiranja
- Registar certifikata
- Energetske razredi od A+ do G, dvije referentne klime: 2900 stupanj dana za kontinentalnu Hrvatsku i 1600 za primorsku Hrvatsku, granica na 2200 Stupanj dan - umnožak broja dana grijanja s temperaturnom razlikom između dogovorene unutarnje temperature zraka (dogovoreno 20°C) i temperature vanjskog zraka pri čemu se u račun uzimaju samo oni dani u godini kod kojih je temperatura zraka niža od 10, 12 ili 15°C.
- Zgrade javne namjene površine > 1000 m² en. certifikat javno izložen uz glavni ulaz, s preporukama

Prije izdavanja uporabne dozvole, kod promjene vlasništva ili iznajmljivanja zgrade ili stana trebat će se pribaviti certifikat o energetske svojstvima zgrade i dati na uvid kupcu ili iznajmljivaču.

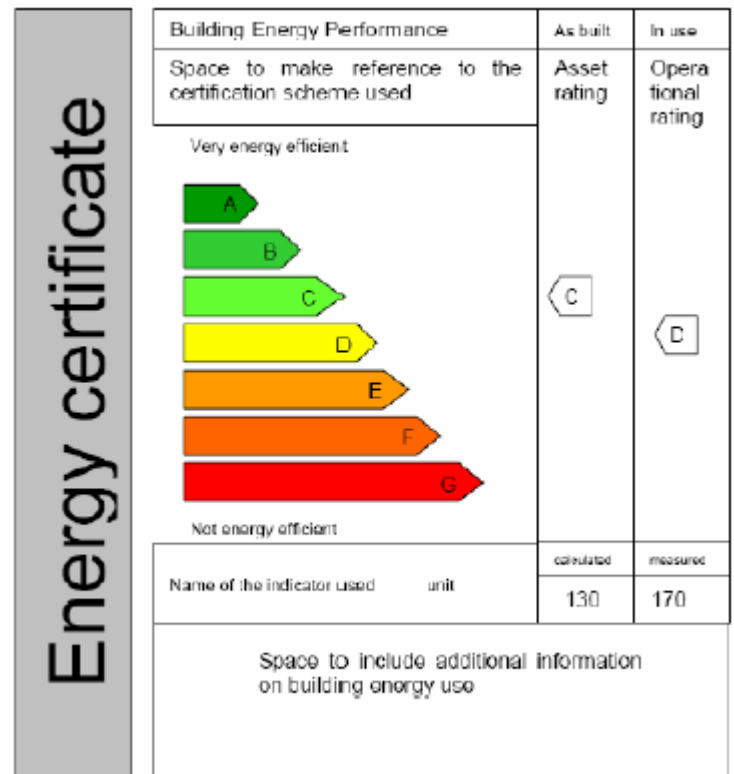
Zgrada		<input type="checkbox"/> nova	<input type="checkbox"/> postojeća	
Mjesto zgrade N.L. ko. Adresa				
Mjesto Vlasnik / investitor Izdavač Godina izgradnje				
Energijski certifikat za nestambene zgrade	$Q_{H,udjel}$	kWh/(m ² a)	Izračun	Potrošnja (spojnici)
			49	98
	A+	≤ 15		
	A	≤ 25		
	B	≤ 50	← B	← C
	C	≤ 100		
	D	≤ 150		
	E	≤ 200		
F	≤ 250			
G	> 250			
Podaci o osobi koja je izdala certifikat				
Ime certifikata				
Datum izdavanja i rok važenja				
Ovlaštena pravna osoba / stranojavna osoba				
Ovlaštena fizička osoba				
Registar ili ovlaštene osobe				
Putopis				
Podaci o zgradi				
A_v [m ²]				
V_v [m ³]				
S_v [m ²]				
$H_{t,udjel}$ [W/(m ² K)]				

Sl.16. Izgled i sadržaj energetskog certifikata sa skalom za određivanje energetskog razreda prema potrošnji energije

Pravilnikom o uvjetima i mjerilima za osobe koje provode energetske preglede i energetsko certificiranje zgrada, NN113/2008 propisuju se:

- Uvjeti i mjerila za davanje, produžavanje, izmjena ovlaštenja za provođenje energetske preglede i energetsko certificiranje zgrada
- Nadzor nad obavljanjem poslova
- Registar ovlaštenih osoba
- Uvjeti i mjerila za davanje suglasnosti za provođenje programa izobrazbe
- Registar nositelja programa izobrazbe
- Nadzor nad radom nositelja programa izobrazbe
- Osobe koje provode energetske preglede i energetsku certifikaciju moraju imati ovlaštenje ministarstva – pravna ili fizička osoba, VSS arhitektonske, građevinske, strojarke ili elektrotehničke struke, 5 godina radnog iskustva, završen program stručnog osposobljavanja

Zbog problema različite metodologije koju su pojedine europske zemlje razvile za energetske certifikacije zgrada i izgled energetske certifikate, Europska Unija je pripremila normu EN 15217:2007 Energy performance of buildings - Methods for expressing energy performance and for energy certification of buildings kako bi ujednačila izgled i formu energetske certifikate, kao i način izražavanja energetske značajke zgrada na nivou Europske Unije.



Sl.17. Izgled energetske certifikate koji je odredila Europska Unija

Direktiva 2006/32/EC o energetskej efikasnosti i energetskej uslugama ukazuje na:

- Poboľšanje efikasnosti neposredne potrošnje energije, a time i sveukupne sigurnosti opskrbe energijom, smanjenje ovisnosti o uvozu energenata, smanjenje emisija CO₂ iz energetskeg sektora, ali i povećanje konkurentnosti europskeg gospodarstva
- Obaveza izrade nacionalnih akcijskih planova za energetskej efikasnost svake 3 godine te provedba planova sa ciljem ukupnog smanjenja potrošnje energije za 9 posto u roku od devet godina, ili 1 posto godišnje.

Aksijski plan europske komisije o energetskej efikasnosti donosi smjernice kojima bi se povećala ušteda za 20 % do 2020. godine:

- Prioriteti - akcije u području efikasnosti kućanskih uređaja, energetske efikasnosti u zgradarstvu s naglaskom na promociju niskoenergetskih pasivnih zgrada, energetske efikasnosti u prometu, energetske efikasne proizvodnje i distribucije energije, mehanizama financiranja, te promocije i edukacije

- Ukoliko se odmah krene s primjenom predloženih mjera do 2020. bi se mogla smanjiti potrošnja za 100 milijardi eura godišnje, a emisija CO₂ pala bi za 780 milijuna tona
- Veliki potencijal energetske i ekološke ušteda leži u cjelokupnom sektoru zgrada u RH
- Upravo loše energetske stanje postojećih zgrada trebalo bi pokrenuti njihovu sustavnu obnovu
- Uštede implementacijom energetske efikasnosti u zgrade kreću se od 30 do 80 posto
- Da bi ostvarili vidljive rezultate do 2020. godine treba početi djelovati odmah na svim razinama

3. ENERGETSKA UČINKOVITOST U OSNOVNOJ ŠKOLI EUGENA KVATERNIKA RAKOVICA

3.1 Stanje zgrade (instalacija, oprema i sl.):

Pogled izvana



Sl.18. Pročelje Osnovne škole Eugena Kvaternika Rakovica



Sl.19. Ulaz u školu



Sl.20. Školska zgrada s dvoranom



Sl.21. Škola i igradilište



Sl.22. Učionice

Tab.3. Osnovni podaci o objektu

Naziv objekta	školska zgrada			
Adresa	Rakovica bb Rakovica, 47245			
Osoba za kontakt	Slavo Cindrić, ravnatelj			
Telefon-fax	047-780-070 047-784-016			
Namjena objekta	odgoj i obrazovanje učenika			
Kad je objekt izgrađen (zadnji put renoviran)	1970, renovirana 1996.			
Površina i namjena	Površina zgrade m ² (ukupna površina svih etaža)	2072		
	Broj etaža (uključujući podrum i prizemlje)	2		
	Visina etaže m	3		
	Ukupni grijani m ² prostor	2072		
	Toplinska izolacija	loša		
	Radni (boravišni) prostor	70%	Skladišta	2.8%
	Stubišta i hodnici	26.9%	Ostalo	0.3%

Tab.4. Kratak opis stanja objekta i korištenja objekta

Materijal od kojeg je izgrađen objekt (beton, cigla, lagane konstrukcije)	cigla
Vrsta i stanje vrata i prozora (dvostruki prozori, krilo na krilo, IZO ostakljenje)	IZO ostakljenje, krilo na krilo
Stanje unutrašnjosti zgrade	relativno dobro
Stanje fasade	oštećena
Stanje krova	kosi, salonit ploče, oštećen
Stanje stubišta i hodnika	dobro
Stanje podrumskih prostora	dobro
Opseg zadnje renovacije objekta	djelomično renovirana 1996.
Broj osoba u objektu	286
Radno vrijeme objekta: Sati tjedno Sati godišnje	40 2680
Prekid korištenja objekta (godišnji odmor)	12.07. do 20.08.

Izgradnja škole počela je 1968.godine, a završena je 1970. godine. Renovirana je 1996. godine zbog posljedica ratnih događanja. Zgrada je zidane konstrukcije, a materijal od kojeg je izgrađena je cigla. Sastav konstrukcije i stanje vanjske ovojnice ne zadovoljavaju niti trenutno važeće Propise o toplinskoj zaštiti i uštedi energije, a daleko su od novih Europskih Smjernica 2002/91 EC o energetske svojstvima zgrada, koje je krajem 2002.godine donio Europski Parlament (Directive of the European Parliament and of the Council on the energy performance of the buildings). Pokrov krovništva je napravljen od lesanit ploča. Okviri prozora su napravljeni od PVC materijala, ostakljenje je IZO. Zamjenom drvenih okvira PVC okvirima i IZO ostakljenjem škola uštedi godišnje oko 10 000 litara lož ulja za grijanje.

Stanje unutrašnjosti zgrade je relativno dobro, fasada je oštećena, krov je ponegdje oštećen, stanje stubišta i hodnika i stanje podrumskih prostora je dobro. Toplinske i zvučne izolacije u zgradi nema. Radno vrijeme škole je 40 sati tjedno, tj. 2680 sati godišnje. Prekid korištenja školske zgrade radi godišnjeg odmora je od 12.srpnja do 20.kolovoza. Ukupna površina školskog prostora je 2072.29 m². Površina školskih prostorija tabelarno prikazana izgleda ovako:

Tab.5. Školski prostor Osnovne škole Eugena Kvaternika Rakovica

Red. Br.	Naziv prostorije	Površina prostorije	Količina	Ukupna površina
1.	PRVI KAT			
2.	UČIONICE	53.70	5	314.40
3.	INFORMATIČKA UČIONICA	45.90	1	45.90
4.	UKUPNO UČIONIČKI PROSTOR			314.40
5.	KABINET FIZIKE	14.79	1	14.79
	KANCELARIJE:			
6.	ZBORNICA	35.38	1	35.38
7.	KANCELARIJA RAVNATELJA	13.60	1	13.60
8.	TAJNIŠTVO	11.60	1	11.60
9.	RAČUNOVODSTVO	12.24	1	12.24
10.	PEDAGOG	17.85	1	17.85
11.	UKUPNO KANCELARIJE		5	90.67
	OSTALI PROSTOR			
12.	HODNICI	173.65	2	173.65
13.	ČAJNA KUHINJA	5.79	1	5.79
14.	WC MUŠKI	11.10	1	11.10
15.	WC ŽENSKI	11.50	1	11.50
16.	WC KOD ZBORNICE	1.36	1	1.36
17.	STEPENIŠTE	19.37	1	19.37
18.	UKUPNO OSTALI PROSTOR			285.83
19.	SVEUKUPNO KAT			705.69
20.	PRAKTIKUM			52.00
	UKUPNO			757.69

	PRIZEMLJE			
21..	TEHNIČKA UČIONICA	52.00	1	52.00
22.	UČIONICE	53.70	5	268.50
23.	MALA ŠKOLA	45.90	1	45.90
24.	KNJIŽNICA	54.90	1	54.90
25.	PRAKTIKUM TEHNIČKE KULTURE	52.02	2	52.02
	UKUPNO UČIONIČKI PROSTOR			421.32
26.	HOL	128.45	1	128.45
27.	HODNIK	134.27	1	134.27
	OSTALI PROSTOR			
28.	PORTA	12.50	1	12.50
29.	ARHIVA	10.14	1	10.14
30.	PROSTORIJA ZA TEHNIČKO OSOBLJE	9.75.	1	9.75
31.	WC MUŠKI I ŽENSKI	11.50	1	11.50
32.	SVLAČIONICA MALE ŠKOLE	15.30	1	15.30
33.	FOTO LABORATORIJ	4.40	1	4.40
34.	SPREMIŠTE U FOTO LABORATORIJU	5.40	1	5.40
35.	UKUPNO PRIZEMLJE			765.03
	KUHINJA			
36.	KUHINJA	19.50	1	19.50
37.	SKLADIŠTE	8.97	1	8.97
	UKUPNO KUHINJA			28.47
38.	DVORANA	288.00	1	288.00
39.	KABINET UČITELJA	15.21	1	15.21
40.	SPREMIŠTE	34.17	1	34.17
41.	SVLAČIONICE MIŽ	18.87	2	37.74
42.	HODNICI		2	20.49
	UKUPNO DVORANA			395.61
43.	PODRUM	16.80	1	16.80
44.	PREDPODRUM	10.35	1	10.35
45.	KOTLOVNICA	30.00	1	30.00
	SVEUKUPNO PODRUM			68.30
	UKUPNO			2072.29

Postojeće stanje električnih instalacija s gledišta sigurnosti je relativno dobro. Nema vidljivih oštećenja. Najveći udio u potrošnji električne energije ima rasvjeta. Ukupno instalirana snaga rasvjete je 32 380 W. Ukupna snaga svih potrošača je 91 162 W. Popis trošila po prostorijama prikazati ću tabelarno.

Tab.6. Popis potrošača

prostorije	trošila	kom.	snaga W	Dnevno opterećenje (h)	Potrošnja u (kWh)
Prvi kat					
zbornica	žarulje s žarnom niti	4	600	2	1200
	TV	1	80	3	240
	računalo	1	60	4	240
	pisač	1	18	0.5	9
hodnik kod zbornice	žarulje s žarnom niti	5	200	3	600
	kopirni aparat	1	800	4	3200
kancelarija ravnatelja	žarulje s žarnom niti	4	600		
	računalo	1	626	2	1200
	pisač	1	18	1	626
	kopirni aparat	1	800	1	18
	aparat	1	18	1	800
	radio			1	18
kancelarija tajnika	žarulje s žarnom niti	2	300	3	900
	radio	1	18	1	18
	računalo	1	626	8	5008
	pisač	1	18	1	18

	fax	1	18	8	144
čajna kuhinja	žarulje s žarnom niti	3	120	1	120
	bojler	1	2000	2	4000
	štednjak	1	2000	1	2000
WC	žarulja s žarnom niti	1	40	2	80
hodnik i stepenište	žarulja s žarnom niti	33	1320	2	2640
učionica kemije	fluorescentne cijevi	26	1560	2	3120
	računalo	1	626	1	626
	grafoskop	1	350	2	700
	projektor	1	300	2	600
učionica hrvatskog jezika	žarulje s žarnom niti	9	1350	2	2700
	fluorescentne cijevi	2	120	2	240
	TV	1	80	0,5	40
	grafoskop	1	350	2	700
učionica fizike	žarulje s žarnom niti	9	1350		2700
	fluorescentne cijevi	2	120	2	240
	grafoskop	1	350	2	1400
	TV	1	80	4	40
				0,5	
učionica geografije	žarulje s žarnom niti	9	1350	2	2700
	fluorescentne cijevi	2	120	2	240
	radio	1	18	0	0
	TV	1	80	0	0
	grafoskop	1	350	1	350

učionica glazbene kulture	žarulje s žarnom niti fluorescentne cijevi grafoskop	9 2 1	1350 120 350	2 2 1	2700 240 350
informatička učionica	žarulje s žarnom niti fluorescentne cijevi računala pisač	9 2 10 1	1350 120 6260 18	2 2 5 1	2700 240 31300 18
računovodstvo	žarulje s žarnom niti računalo pisač radio	2 1 1 1	300 626 18 18	2 8 2 1	600 5008 36 18
učionica engleskog jezika	žarulje s žarnom niti fluorescentne cijevi radio grafoskop TV	9 2 1 1 1	1350 120 18 350 80	2 2 4 2 0,5	2700 240 72 700 40
kancelarija pedagoga	žarulje s žarnom niti računalo pisač radio	2 1 1 1	300 626 18 18	2 8 1 1	600 5008 18 18
WC ženski	žarulje s žarnom niti	4	160	2	320
WC muški	žarulje s žarnom niti	3	120	2	240

PRIZEMLJE					
hol	žarulje s žarnom niti	33	1320	2	2640
hodnik	žarulje s žarnom niti	21	840	2	1680
porta	žarulje s žarnom niti	3	120	1	120
knjižnica	žarulje s žarnom niti	9	1350	3	4050
	računalo	1	626	8	5008
	kopirni aparati	1	800	1	800
	projektor	1	800	1	1200
	video	1	300	4	0
	rekorder	1	25	0	25
	DVD player	1	25	1	25
	TV	1	160	1	160
	arhiva	žarulje s žarnom niti	1	100	0,5
domar	žarulje s žarnom niti	2	120	2	240
kuhinja	žarulje s žarnom niti	5	750	2	1500
	bojler	1	2000	2	4000
	štednjak i kotao	1	15000	2	30000
	mesoreznica	1	600	1	600
	friteza	1	2000	1	2000

	kruhozeznica	1	750	1	750
	napa	1	1000	1	8000
	hladnjak	1	800	8	19200
	hladnjača	1	200	24	4800
				24	
dvorana	žarulje s žarnom niti	14	560	12	6720
	reflektori	12	1800	6	10800
	kaloriferi	3	2250	3	6750
	bojleri	3	4200	3	12600
učionica 1.A	žarulje s žarnom niti	9	1350	2	2700
	fluorescentne cijevi	2	120	2	240
	računalo	1	626	0	0
	radio	1	18	0	0
	grafoskop	1	350	1	350
učionica 1.B	žarulje s žarnom niti	9	1350	2	2700
	fluorescentne cijevi	2	120	2	240
	računalo	1	626	0	0
	radio	1	18	0	0
	grafoskop	1	350	1	350
učionica 2. razred	žarulje s žarnom niti	9	1350	2	2700
	fluorescentne cijevi	2	120	2	240
	računalo	1	626	0	0
	radio	1	18	0	0
	grafoskop	1	350	1	350
učionica 3. razred	žarulje s žarnom niti	9	1350	2	2700

	fluorescentne cijevi	2	120	2	240
	grafoskop	1	350	1	1400
učionica 4.A	žarulje s žarnom niti	9	1350	2	2700
	fluorescentne cijevi	2	120	2	240
	računalo	1	626	0	0
	radio	1	18	0	0
	grafoskop	1	350	1	350
učionica 4.B	žarulje s žarnom niti	6	900	2	1800
	fluorescentne cijevi	2	120	2	240
	računalo	1	626	0	0
	radio	1	18	0	0
	grafoskop	1	350	1	350
mala škola	žarulje s žarnom niti	4	600	2	1200
	TV	1	80	0.5	40
	radio	1	18	0.5	9
učionica povijesti	fluorescentne cijevi	26	1560	2	3120
	grafoskop	1	350	2	700
	radio	1	18	0	0
	TV	1	80	1	80
kotlovnica	pumpe	2	1820	12	21840
	bojler	1	2000	4	8000
	žarulje s žarnom niti	4	16	0.5	80

dnevno

Suma: 280.248 kWh

Stanje vodovodnih instalacija je zadovoljavajuće. Voda se u školi troši u kuhinji, čajnoj kuhinji, WC-ima, u dvorani u tuševima. Slavine su uglavnom bez adekvatnih nastavaka i bez perlator-mrežica, što uzrokuje prekomjerno istjecanje vode. U WC-ima pisoari nisu opremljeni štedljivim armaturama. Za pripremu sanitarne tople vode u kuhinji se koristi električni bojler snage 2000 W i zapremnine 80 litara. U čajnoj kuhinji koristi se električni bojler snage 2000 W i zapremnine 30 litara.

Grijanje prostorija provodi se preko radijatora koji su ugrađeni u gotovo svim prostorijama. Regulacija radijatora je ručna. Nisu ugrađeni termostatski ventili. U OŠ Eugena Kvaternika Rakovica za sustav centralnog grijanja se koristi kotao na lož ulje slijedećih karakteristika:

Godina proizvodnje: 1997.

Najviši radni tlak: 5 bar

Najviša radna temperatura: 110 °C

Razred: IV

Volumen: 580 m³

Ogrijevna površina: 93 m²

Učin: 0.35 MW

3.2 Ukupna energetska potrošnja (električna energija, toplina, hlađenje)

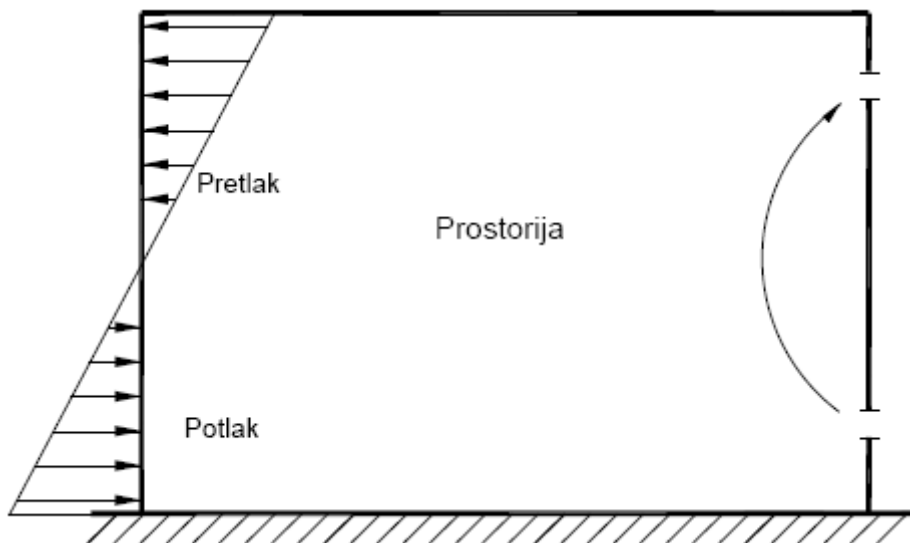
Uspjela sam prikupiti podatke o potrošnji i uplati električne energije u prethodne tri godine. U 2006. godini ukupno je potrošeno 23 000 kWh i za to je plaćeno 19 551,15 kn, u 2007. godini potrošeno je 23 500 kWh el. energije i za to je plaćen 19 941,91 kn. U 2008. godini potrošeno je 20 000 kWh el. energije i plaćeno je 15.311,76 kn. Mjesečna potrošnja ovisna je o broju radnih dana i o godišnjem dobu, tj. o potrebi grijanja prostorija.

Uplata za potrošeno lož ulje u 2006. godini za potrošenih 33169,04 litara je 156889,56 kn, u 2007. godini za potrošenih 42961,69 litara je 199 771,88 kn, a u 2008. godini za potrošenih 36860,67 litara je 214 897,68 kn.

Općina Rakovica plaća račune za vodu koju potroši škola pa škola nema podataka o tome. Procjenom sam utvrdila da škola u vrijeme nastavnih radnih dana troši oko 1.5 m³ vode dnevno, znači oko 35 m³ mjesečno.

Hlađenje i ventilacija škole odvijaju se prirodno, infiltracijom zraka kroz zazor prozora i vrata, te zidova i otvaranjem prozora i vrata.

Ako je unutarnja temperatura zraka viša od vanjske temperature zraka, kao što je zimi u grijanim prostorijama, uslijed razlike u gustoći toplijeg i hladnijeg zraka, pritisak zraka na vanjski zid raspoređuje se prema Slici. Minimalni broj izmjena zraka u jednom satu u stambenoj prostoriji ne smije biti manji od 0,5 1/h.



Sl.23. Raspored tlaka zraka u grijanoj prostoriji zimi

3.3 Pregled računa

Dostupni su mi računi jedino za električnu struju prvi, drugi, treći i peti mjesec 2009. godine.

Prilažem kopije računa:

 HEP-OPERATOR DISTRIBUCIJSKOG SUSTAVA d.o.o.		Datum računa: 31.01.2009 Mjesto izdavanja: GOSPIĆ Datum dostizanja: 14.02.2009 R-1		
Matični broj: 1643991 ELEKTROLIKA GOSPIĆ LIPOVSKA 31 TEL: 053-570-162 FAX: 053-570-166 ŽIRO RAČUN: 2340009-1510077805		3 142 O.Š. "EUGEN KVATERNIK" RAKOVICA RAKOVICA /BB 47245 RAKOVICA		
Podaci o kupcu: Šifra kupca: 130252 Kupac: OSNOVNA ŠKOLA RAKOVICA Ulica i kbr.: RAKOVICA /BB Mjesto: RAKOVICA Porezni broj: 3311279 Broj obračuna po mjesnim mjestima: 1		Račun: 1900130252-090120-8 za električnu energiju, razdoblje 1/2009		
Opis	Jed.mjere	Količina	Jed.cijena	Iznos kn
PODUZETNIŠTVO BIJELI				
Električna energija viša dnevna tarifna stavka	kWh	6000	0,75	4.500,00
Električna energija niža dnevna tarifna stavka	kWh	7440	0,38	2.827,20
Naknada za mjemu i opskrbnu uslugu	mjesec	1,00	65,00	65,00
Naknada za poticanje proizvodnje iz obnovljivih izvora	kWh	13440	0,0089	119,62
Porezna osnovica				7.511,82
PDV 22%				1.652,60
UKUPAN IZNOS RAČUNA				9.164,42

Sl.24. Račun za struju siječanj, 2009.

 HEP-OPERATOR DISTRIBUCIJSKOG SUSTAVA d.o.o.		Datum računa: 28.02.2009 Mjesto izdavanja: GOSPIĆ Datum dostizanja: 13.03.2009 R-1		
Matični broj: 1643991 ELEKTROLIKA GOSPIĆ LIPOVSKA 31 TEL: 053-570-162 FAX: 053-570-166 ŽIRO RAČUN: 2340009-1510077805		3 156 O.Š. "EUGEN KVATERNIK" RAKOVICA RAKOVICA /BB 47245 RAKOVICA		
Podaci o kupcu: Šifra kupca: 130252 Kupac: OSNOVNA ŠKOLA RAKOVICA Ulica i kbr.: RAKOVICA /BB Mjesto: RAKOVICA Porezni broj: 3311279 Broj obračuna po mjesnim mjestima: 1		Račun: 1900130252-090220-4 za električnu energiju, razdoblje 2/2009		
Opis	Jed.mjere	Količina	Jed.cijena	Iznos kn
PODUZETNIŠTVO BIJELI				
Električna energija niža dnevna tarifna stavka	kWh	3240	0,38	1.231,20
Naknada za mjemu i opskrbnu uslugu	mjesec	1,00	65,00	65,00
Naknada za poticanje proizvodnje iz obnovljivih izvora	kWh	3240	0,0089	28,84
Porezna osnovica				1.325,04
PDV 22%				291,51
UKUPAN IZNOS RAČUNA				1.616,55

Sl.25. Račun za struju veljača, 2009.

<p>HEP-OPERATOR DISTRIBUCIJSKOG SUSTAVA d.o.o.</p> <p>Matični broj: 1643991 ELEKTROLIKA GOSPIĆ</p> <p>LIPOVSKA 31 TEL: 053-570-162 FAX: 053-570-166 ŽIRO RAČUN: 2340009-1510077805</p>		<p>Datum računa: 31.03.2009 Mjesto izdavanja: GOSPIĆ Datum dostupca: 12.04.2009 R-1</p>		
<p>Podaci o kupcu:</p> <p>Šifra kupca: 130252 Kupac: OSNOVNA ŠKOLA RAKOVICA Ulica i kbr.: RAKOVICA /BB Mjesto: RAKOVICA Porezni broj: 3311279 Broj obračuna po mjesim mjestima: 1</p>		<p>3 148</p> <p>O.Š. "EUGEN KVATERNIK" RAKOVICA</p> <p>RAKOVICA /BB 47245 RAKOVICA</p>		
Račun: 1900130252-090320-0 za električnu energiju, razdoblje 3/2009				
Opis	Jed.mjere	Količina	Jed.cijena	Iznos kn
PODUZETNIŠTVO BIJELI				
Električna energija niža dnevna tarifna stavka	kWh	2940	0,38	1.117,20
Naknada za mjeseu i opskrbnu uslugu	mjesec	1,00	65,00	65,00
Naknada za poticanje proizvodnje iz obnovljivih izvora	kWh	2940	0,0089	26,17
Porezna osnovica				1.208,37
PDV 22%				265,84
UKUPAN IZNOS RAČUNA				1.474,21

Sl.26. Račun za struju ožujak, 2009.

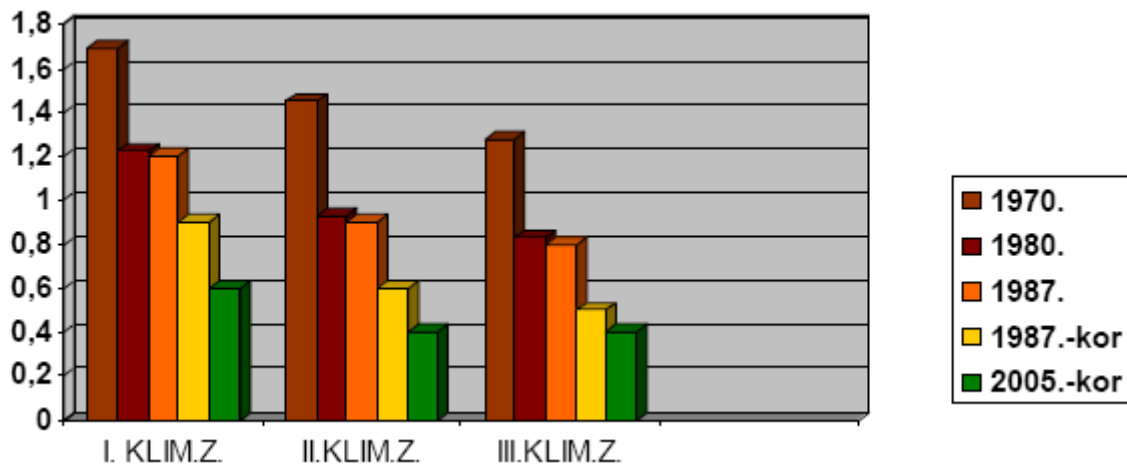
<p>HEP-OPERATOR DISTRIBUCIJSKOG SUSTAVA d.o.o.</p> <p>Matični broj: 1643991 ELEKTROLIKA GOSPIĆ</p> <p>LIPOVSKA 31 TEL: 053-570-162 FAX: 053-570-166 ŽIRO RAČUN: 2340009-1510077805</p>		<p>Datum računa: 31.05.2009 Mjesto izdavanja: GOSPIĆ Datum dostupca: 13.06.2009 R-1</p>		
<p>Podaci o kupcu:</p> <p>Šifra kupca: 130252 Kupac: OSNOVNA ŠKOLA RAKOVICA Ulica i kbr.: RAKOVICA /BB Mjesto: RAKOVICA Porezni broj: 3311279 Broj obračuna po mjesim mjestima: 1</p>		<p>3 161</p> <p>O.Š. "EUGEN KVATERNIK" RAKOVICA</p> <p>RAKOVICA /BB 47245 RAKOVICA</p>		
Račun: 1900130252-090520-3 za električnu energiju, razdoblje 5/2009				
Opis	Jed.mjere	Količina	Jed.cijena	Iznos kn
PODUZETNIŠTVO BIJELI				
Električna energija niža dnevna tarifna stavka	kWh	1380	0,38	524,40
Naknada za mjeseu i opskrbnu uslugu	mjesec	1,00	65,00	65,00
Naknada za poticanje proizvodnje iz obnovljivih izvora	kWh	1380	0,0089	12,28
Porezna osnovica				601,68
PDV 22%				132,37
Kamata				8,74
UKUPAN IZNOS RAČUNA				742,79

Sl.27. Račun za struju svibanj, 2009.

Iz kopije računa je vidljivo da škola koristi bijeli tarifni model za poduzetništvo.

3.4. Energetski gubici i potencijalna poboljšanja

U ovom poglavlju sagledati ću energetske gubitke školske zgrade koja je dovršena 1970.godine i ima nedostatke karakteristične za zgrade koje su građene u tom vremenskom razdoblju zbog nepostojanja zakonskih regulativa. Prvi propisi o toplinskoj zaštiti zgrada u RH doneseni su 1970. godine (Pravilnik o tehničkim mjerama i uvjetima za toplinsku zaštitu zgrada – Služeni list SFRJ 35/70) - podjela državne teritorije na tri građevinsko klimatske zone. Novi Tehnički propis o uštedi toplinske energije i toplinskoj zaštiti u zgradama usvojen je 1. srpnja 2005. godine. Prikaz dozvoljenog koeficijenta prolaza topline ovisno o zakonodavnom okruženju i klimatskim zonama izgledao bi ovako:



Sl.28. Dozvoljeni i korigirani zadovoljavajući koeficijenti prolaska topline W/m^2K za vanjski zid ovisno o zakonodavnom okruženju

U sljedećem poglavlju predložiti ću sanaciju i poboljšanja koja će dovesti do smanjenja gubitaka i povećanja energetske efikasnosti. Energetski gubici škole mogu se podijeliti na :

- gubici kroz vanjske zidove oko 21%, zid je napravljen od cigle debljine 38 mm, a za njega koeficijent prolaska topline iznosi $1.40 W/m^2K$, toplinski gubici iznose oko $134 kWh/m^2$ zida
- transmisijski gubici kroz krov koji je kosi i nema izolacije su oko 10%
- ventilacijski i transmisijski gubici kroz prozore su oko 51%, okviri su od PVC-a, ostakljeni su IZO staklom koje nije visoke kvalitete, bez većeg je broja međuprostora i

bez punjenja međuprostora argonom ili kryptonom , koeficijent prolaska topline je oko $1.8 \text{ W/m}^2\text{K}$

- gubici sustava grijanja su oko 12%, regulacija topline kroz radijatore je ručna, nisu ugrađeni termostatski ventili
- transmisijski gubici kroz pod na tlu su oko 6%

Krov i fasada su oštećeni pa ih treba sanirati zbog funkcionalnosti i zbog estetskog izgleda škole.

3.5. Povećanje energetske učinkovitosti škole

Mjere povećanja energetske efikasnosti će obuhvaćati:

- poboljšanje toplinskih karakteristika vanjske ovojnice primjenom toplinske izolacije
- poboljšanje sustava grijanja i povećanje učinkovitosti
- uvođenje sustava klimatizacije u informatičku učionicu
- poboljšanje sustava pripreme tople vode
- promjenu izvora energije ako je to ekonomski i ekološki isplativo
- poboljšanje učinkovitosti sustava elektroinstalacija
- racionalno korištenje vode
- upravljanje energetikom općenito.

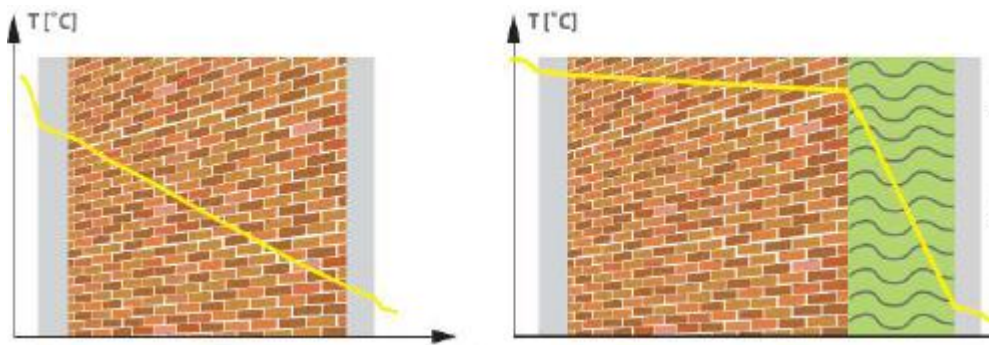
Poboljšanje toplinskih karakteristika vanjske ovojnice primjenom toplinske izolacije izvelo bi se dodavanjem novog toplinsko izolacijskog sloja, s vanjske strane zida. Pri izboru materijala za toplinsku zaštitu uzeti će u obzir njegovu toplinsku vodljivost, požarnu otpornost, faktor otpora difuziji vodene pare, tlačnoj tvrdoći, stišljivosti, trajnosti, otpornosti na vlagu i drugo. Debljina toplinsko-izolacijskog sloja bila bi 10 do 12 cm. Koeficijent prolaska topline smanjio bi se na oko $0.35 \text{ W/m}^2\text{K}$. Treba paziti na toplinske mostove posebno kod spojeva toplinske izolacije. Temperatura s unutrašnje strane pregrade na toplinskom mostu je manja pa bi moglo doći do kondenzacije vodene pare i pojave gljivica i plijesni. Najbolji način da se to izbjegne je postavljanje toplinske izolacije s vanjske strane cijele vanjske ovojnice, bez prekida , te dobro brtvljenje spojeva. Za dobru toplinsku izolaciju vanjskog zida biti će nam potrebno 10-12 cm kamene vune ili 9-11 cm polistirena ili 16-20 cm drvene vune ili 7-11 cm poliuretanske

izolacije. Kamena vuna dobar je toplinski izolator s toplinskom provodljivošću između 0,035 i 0,045, što je uvrštava među najbolje toplinske izolatore. Ima visoku otpornost na požar, paropropusna je i djelomično vodootporna. Otporna je na starenje i raspadanje, te na mikroorganizme i insekte. Možemo ju koristiti u svim vanjskim konstrukcijama za toplinsku zaštitu, te u pregradnim zidovima za zvučnu zaštitu. Jedino mjesto gdje se ne preporuča je za izolaciju podrumskih zidova pod zemljom. Polistiren ima dobra izolacijska svojstva, koeficijent toplinske vodljivosti mu je 0,035-0,040 W/mK, niske je cijene i jednostavne ugradnje, danas je to jedan od najpopularnijih izolacijskih materijala. Ima znatno slabija protupožarna svojstva od kamene vune, te nije otporan na temperature više od 80°C.

Ako uspoređujemo cijene materijala na tržištu te pretpostavimo da je cijena kamene vune 1, onda je polistirenska izolacija EPS nešto jeftinija, odnosno 0,80, a ekstrudirani polistiren XPS, 2,5 puta skuplji. Poliuretanska pjena ima faktor cijene 5-8, a npr. drvena vuna 4-6. Prosječna cijena izolacije za vanjski zid za npr. mineralnu vunu iznosi 7,5 kuna za 1 cm debljine, odnosno cca 75 kuna za 10 cm debljine izolacije po m² (bez PDV-a).

Tab.7. Projektne vrijednosti toplinske provodljivosti za neke toplinske izolacijske materijale, λ [W/(m·K)], približne vrijednosti faktora otpora difuziji vodene pare, te usporedba relativnih troškova za ugradnju

TOPLINSKOIZOLACIJSKI MATERIJAL	GUSTOĆA ρ kg/m ³	TOPLINSKA PROVODLJIVOST λ (W/mK)	POTREBNA DEBLJINA (cm) ZA $U=0,35$ W/m ² K	FAKTOR OTPORA DIFUZIJI VODENE PARE μ	REL. TROŠAK ZA $U=0,35$ W/m ² K
mineralna vuna (MW) prema HRN EN 13162 (kamena i staklena vuna)	10 do 200	0,035 do 0,050	9-11	1	1
ekspandirani polistiren (EPS) prema HRN EN 13163 (stiropor)	15 do 30	0,035 do 0,040	9-10	60	0,80
ekstrudirana polistirenska pjena (XPS) prema HRN EN 13164	≥ 25	0,030 do 0,040	8-10	150	2,5
tvrda poliuretanska pjena (PUR) prema HRN EN 13165	≥ 30	0,020 do 0,040	7-9	60	5-8
drvena vuna (WW) prema HRN EN 13168	360 do 460	0,065 do 0,09	16-20	3/5	4-6
ekspandirani perlit (EPB) prema HRN EN 13169	140 do 240	0,040 do 0,065	10-16	5	1,5-2,0
ekspandirano pluto (ICB) prema HRN EN 13170	80 do 500	0,045 do 0,055	11-14	5/10	2,0-3,0
ovčja vuna	15-60	0,040	10-11	1-2	-
slama	-	0,090 do 0,130	20-35	-	-



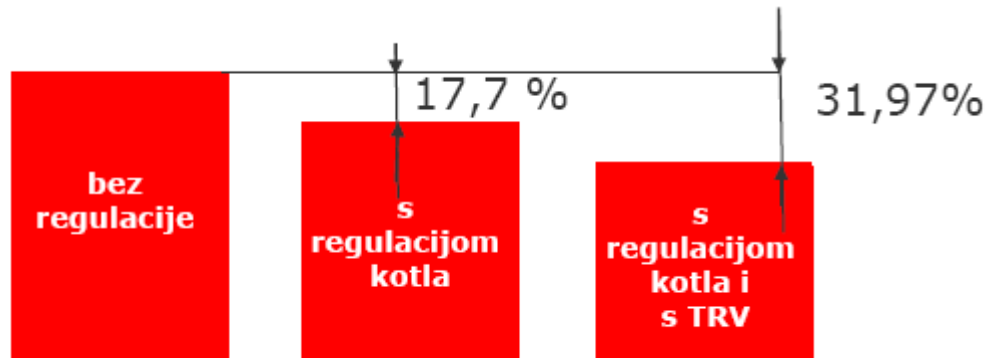
Sl.29. Prikaz toplinskih gubitaka zida od cigle s fasadom bez izolacije i s toplinskom izolacijom

Kosi krov školske zgrade ima velike toplinske gubitke zimi, vidljivo je po brzom topljenju snijega, a ljeti je problem pregrijavanje. Naknadna toplinska izolacija krova je jednostavna i ekonomski isplativa jer je povratni period investicije 1 do 5 godina. Spoj toplinske izolacije vanjskog zida i krova treba riješiti bez toplinskih mostova pa izolaciju treba postaviti u dva sloja. Možemo koristiti polistiren debljine 8-12 cm.

Kroz prozor osim ventilacijskih i transmisijskih gubitaka topline dolaze i dobici topline od oko 12%. Koeficijent prolaska topline smanjiti ćemo ako ugradimo tri stakla debljine 4 mm na razmaku 10 mm. Koeficijent prolaska topline smanjiti ćemo i ako međuprostor napunimo plinovima argonom ili kryptonom. U skladu s novim Tehničkim propisom, koeficijent prolaska topline za prozore i balkonska vrata kod grijanih prostora može iznositi maksimalno $U=1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$. EU smjernice se danas kreću uglavnom oko $U=1,4-1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$. Možemo odabrati LOW-e stakla koja su premazana sa strane koja dolazi u međuprostor IZO stakla posebnim metalnim filmom koji propušta zračenja kratke valne duljine (sunčeva svjetlost), a reflektira zračenja dugih valnih duljina (IC zračenja). Poboljšanje toplinskih karakteristika prozora i drugih vanjskih površina moguće je postići i na sljedeće načine: zabrtviti prozore i vanjska vrata, provjeriti i popraviti okove na prozorima i vratima.

Izolacijom vanjskog zida i kosog krova, te poboljšanjem prozora može se uštedjeti 60% u potrošnji toplinske energije.

Poboljšanje sustava grijanja najjednostavnije ćemo postići zamjenom ručnih ventila termostatskim ventilima. Vrlo često učionice se zimi previše ugriju pa se otvaraju prozori. Ugradnjom termostatskih ventila to bi se izbjeglo. Postavljanjem na željenu temperaturu ventil se automatski prilagođava promjenama temperature prostora. Ako bi još napravili i regulaciju kotla uštede bi bile oko 31.97%.

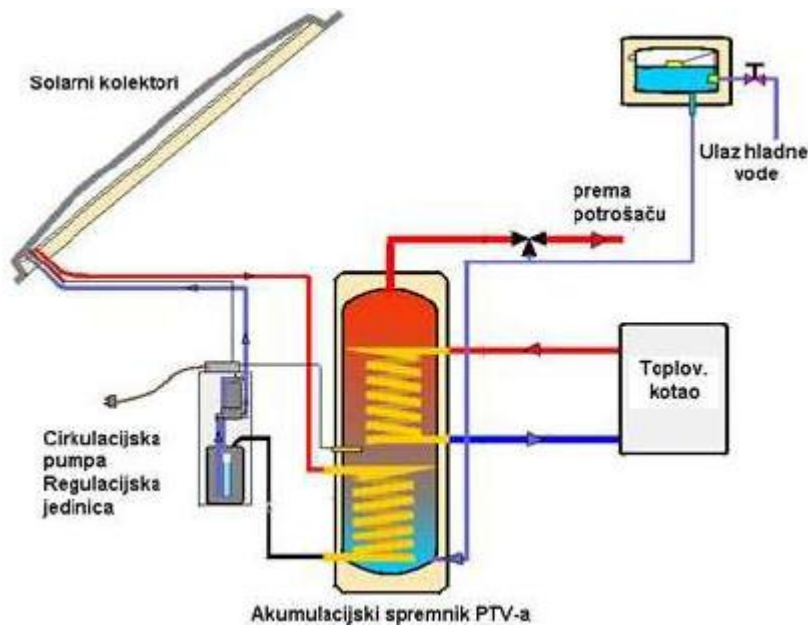


Sl.30. Usporedba potrošnje energije ugradnjom termostatskih ventila i regulacijom kotla

Priprema tople vode u kuhinji, čajnoj kuhinji i kotlovnici provodi se električnim protočnim bojlerima snage 2000 W. U svlačionicama dvorane su tri bojlera snage 1400 W koji zagrijavaju vodu za potrebe korisnika dvorane. Povećanje energetske učinkovitosti bi se postiglo ugradnjom protočnog kombinirano plinskog bojlera. Snaga plamenika bi se automatski regulirala u ovisnosti o trenutnom protoku vode. Bila bi konstantna odabrana temperatura vode, čime bi se uštedjela energija i smanjila emisija štetnih plinova u okoliš.

3.6. Mogućnost uporabe obnovljivih izvora energije

Ako bi željeli koristiti obnovljive izvore energije za pripremu potrošne tople vode mogli bi koristiti solarne kolektore. Mogli bi se koristiti samostalno ili u kombinaciji s klasičnim kotlom na plin, lož ulje ili biomasu. Zbog potrebe akumuliranja solarne energije, zapremine spremnika trebale bi biti veće nego kod grijanja samo s kotlom.



Sl.31. Solarni kolektori i priprema tople vode

Prednosti korištenja kolektora bile bi:

- korištenje (besplatne) sunčeve energije
- smanjenje godišnjeg broja uključivanja kotla
- izbjegavanje grijanja cijelog sustava isključivo kotlom (posebice u ljetnom periodu).

Spremnik potrošne tople vode treba biti izrađen od nehrđajućeg čelika, s unutrašnje strane mora biti zaštićen slojem emajla, plastike ili premaza koji mora zadovoljiti sve zakonski propisane zahtjeve na prikladnost za pitku vodu. Radi smanjenja toplinskih gubitaka spremnici se izoliraju slojem mineralne vune ili spužve debljine 5-12 cm. Potrebno je izolirati i sve spojne cjevovode do izljevniha mjesta i to izolacijom 2-5 cm. Da bi topla voda bila raspoloživa neposredno nakon otvaranja slavine, ugrađuje se recirkulacijski vod kroz koji se voda uz pomoć pumpe cirkulira u zatvorenom krugu između spremnika i izljevniha mjesta kada nema potrošnje. Obzirom da se time znatno povećavaju toplinski gubici u sustavu, uputno je uključivanje pumpe programirati u ograničenim periodima dana kada se obično troši topla voda. Znači za vrijeme održavanja nastave u jutarnjoj smjeni.

Ako bi se odlučili na kotao koji bi kao gorivo koristio biomasu, mogli bi odabrati drvenu biomasu. Drvna masa predstavlja samo jedan dio tvari biološkog porijekla koje nazivamo zajedničkim imenom biomasa.

Razlikujemo drvenu masu namijenjenu isključivo za loženje i drvenu masu koja predstavlja tehnološki ostatak, a može se koristiti kao gorivo (otkorci, otpadci, piljevina, blanjevina i sl.). Čak 35 do 40% drvene mase stabla namijenjenog za daljnju preradu ostaje kao ostatak. Sav taj drveni ostatak veliki je energetska potencijal. Ciklus modernog uzgoja drvene mase namijenjene za gorivo je od 3 do 15 godina, ovisno o vrsti drveta koje se uzgaja. Prinos takvog uzgoja kreće se od 10 do 15 t/ha/god. Svaka biomasa ima svojstva koja definiraju način njezine uporabe kao goriva. Karakteristično je njezino ponašanje u ložištu kako kod izgaranja tako i kod rasplinjavanja.

Najvažnija svojstva su:

- sadržaj vlage
- sadržaj pepela
- sadržaj hlapivih sastojaka
- kemijski sastav
- ogrjevnost
- gustoća

Vlaga predstavlja količinu vode u drvenoj masi izraženu u % njezine mase. Može biti svedena na vlažno stanje, suho stanje ili suho stanje bez pepela. Kako vlaga direktno utječe na ogrjevnost goriva bitno je znati na što je svedena. Biomasa ima široki dijapazon sadržaja vlage, od 10% pa do 50 ili čak 70%. Pepeo sadrži anorganske tvari (minerale), i izražava se kao i vlaga, a najčešće je sveden na suhu biomasu. U drvenoj biomasi ga ima manje od 0.5 %. Kemijski sastav pepela i njegova količina u biomasi važni su za konstrukciju ložišta. Oni mogu izazvati probleme u ložištima kotlova i rasplinjačima ukoliko dolazi do pojave taljenja pepela. Kad se biomasa zagrijava na temperaturu od 400 do 500 °C ona se raspada na hlapive tvari i drveni ugljen. U usporedbi s klasičnim ugljenom koji ima svega do 20% hlapivih tvari u biomasi ih ima do 80%. To stvara probleme kod izgaranja i regulacije izgaranja. Sastav biomase bez pepela je: ugljik, kisik, vodik i mala količina dušika.

Tab.8. Sastav biomase bez pepela

elementi	simbol	udio sveden na suhu tvar bez pepela
ugljik	C	44 - 51
vodik	H	5.5 - 6.7
kisik	O	41 - 50
dušik	N	0.12 – 0.6
sumpor	S	0.0 – 0.2

Gornja ogrijevna vrijednost Hg svedena na suho stanje i bez pepela iznosi

$H_g = 20.400 \text{ kJ/kg}$ (+/-15%), 1 kg drvene mase prosječne vlažnosti 20% ima donju ogrijevnu vrijednost od 14.500 kJ.

Sirova biomasa sadrži vrlo malo za okoliš štetnih tvari. Sumpor i klor prisutni su u vrlo malim količinama i mogu stvarati kisele kiše pretvarajući se u SO₂ ili HCl. Oksidi dušika (NO i NO₂ ukupno izraženi kao NO_x) uzrokuju kisele kiše. Dva tipa NO_x spojeva nastaju prilikom izgaranja. Termički NO_x nastaje na temperaturama iznad 950 °C iz N sadržanog u zraku za izgaranje. NO_x koji nastaje iz N sadržanog u gorivu stvara spojeve na nižim temperaturama. Količina NO_x može se ograničiti izborom nižih temperatura izgaranja ili stupnjevanim izgaranjem. Hlapivi ugljikovodici C_xH_y mogu izgoriti ukoliko provedu dovoljno dugo vrijeme u vrućoj zoni izgaranja (minimalno 2 s). U dobro konstruiranim ložištima emisija C_xH_y spojeva je vrlo mala. Kod loše konstruiranih ložišta i otvorenih vatri emisije C_xH_y spojeva mogu biti znatne.

Karakteristike drvene mase kao goriva su:

- 2,5 kg drvene mase (cca 20% vlage) = 1 lit. EL loživog ulja,
- 1 ha šume apsorbira količinu CO₂ koja nastaje izgaranjem 88.000 lit. EL loživog ulja ili 135.000 Nm³ prirodnog plina.

Za kotlove na biomasu preporuča se ugradnja akumulacijskog spremnika. Na taj se način osigurava rad kotla na približno nazivnoj snazi i dobrom stupnju djelovanja. U tom se slučaju mogu na instalaciju centralnog grijanja ugraditi termostatski ventili. Ukoliko ne postoji akumulacijski spremnik termostatski ventili uzrokuju loš rad kotla radi prigušivanja plamena kod smanjene potrebe za toplinom.

Pravila za dobar rad postrojenja na biomasu:

- Biomasa koja se koristi kao gorivo u kotlovima mora odgovarati zahtjevima koje navodi proizvođač kotlova. Tu se prvenstveno misli na sadržaj vlage i dimenzije.
- Kotao mora biti konstruiran za odgovarajući tip biomase
- Dimnjak mora biti dimenzioniran prema snazi kotla, izrađen iz kvalitetnih materijala i izoliran
- Mora se ostvariti tražen potlak (propuh) dimnjaka
- Ugradnja akumulacijskog spremnika osigurava kvalitetan rad sustava
- Drvenu biomasu potrebno je prije uporabe sušiti na zraku minimalno 12 mjeseci
- Kotao treba čistiti prema uputama proizvođača a po potrebi i češće
- Kontrolu i čišćenje dimnjaka treba povjeriti stručnoj osobi (dimnjačaru) svake godine.

3.7. Izrada tehno-ekonomskog proračuna

U ovom dijelu trećeg poglavlja osvrnuti ću se na investicijske zahvate u svrhu poboljšanja energetske učinkovitosti, smanjenje štetnog utjecaja na okoliš, investicijske troškove, procijenjene uštede i period povrata ulaganja. Ponoviti ću osnovne podatke potrebne da bi to napravila. Tijekom petodnevnog radnog tjedna u školi se odradi 40 radnih sati, što godišnje iznosi 2680 radnih sati. Ukupna površina školske zgrade je 2072 m². Tabela ću prikazati potrošnju električne energije, lož ulja i vode u zadnje tri godine. Zatim ću prikazati specifičnu potrošnju električne energije, lož ulja i vode u zadnje tri godine po m². Izračunala sam godišnju emisiju CO₂ u tonama električne energije, lož ulja i vode u posljednje tri godine.

Tab.9. Prikaz potrošnje električne energije, lož ulja i vode (procjena) u zadnje tri godine izgledao bi ovako:

godina	el. energija, kWh	el. energija, kn	lož ulje, l	lož ulje, kn	voda, m ³
2006.	23 000	19 551.15	33 169.04	156 889.56	326
2007.	23 500	19 941.91	42 961.69	199 771.88	326
2008.	20 000	15 331.76	36 860.67	214 897.68	326

Tab.10. Prikaz specifične potrošnje električne energije, lož ulja i vode po m²

godina	el. energija		lož. ulje		voda	
	kWh/m ²	kn/m ²	l/m ²	kn/m ²	m ³ /m ²	kn/m ²
2006.	11.10	9.44	16.01	75.72	0.157	
2007.	11.34	9.62	20.73	96.42	0.157	
2008.	9.65	7.40	17.79	103.72	0.157	

Potrošnja od 17.79 l/m² je ekvivalent od 177.9 kWh/m² pa prema tome Osnovna škola Eugena Kvaternika Rakovica spada u kategoriju F, energetska rastrošna zgrada.

Tab.11. Ocjena učinkovitosti potrošnje energije u zgradi

Klasa	Energijski broj za grijanje E_{gr} (kWh/m²god)	Komentar
A	0 -30	najbolja energetska učinkovitost
B	31 -50	visoka energetska učinkovitost
C	51 -70	energetski učinkovita zgrada
D	71 - 120	prosječna zgrada
E	121 -160	nezadovoljavajuća energetska učinkovitost
F	161 -200	energetski rastrošna zgrada
G	201 -	potpuno energetski neučinkovita zgrada

Tab.12. Emisija CO₂

godina	godišnja emisija CO ₂ (t)			ukupna godišnja emisija CO ₂
	el. energija	lož ulje	voda	CO ₂ (t)
2006.	6.37	87.79	0.09	94.25
2007.	6.51	113.72	0.09	120.32
2008.	5.54	97.57	0.09	103.20

Možemo usporediti dobivene podatke za Osnovnu školu Eugena Kvaternika s podacima deset osnovnih škola za koje je rađena procjena energetske efikasnosti. Većina škola ne zadovoljava sa stajališta energetske učinkovitosti. Prolaznu ocjenu od 11 škola, uključujući i našu, dobile bi samo tri škole čija je površina objekta manje kvadrature. Ostale škole moraju pribjeći investicijskim zahvatima u svrhu poboljšanja energetske učinkovitosti. To su uglavnom zahvati:

- zamjena stolarije
- termo izolacija zgrade
- modernizacija rasvjete i ostalih el. uređaja
- modernizacija sustava centralnog grijanja
- uporaba obnovljivih izvora energije
- racionalnije korištenje el. uređaja i sl.

Tab.13. Godišnja potrošnja energenata u školama i emisija ugljičnog dioksida u tonama

NAZIV OBJEKTA	POVRŠINA OBJEKTA (m ²)	GODIŠNJA POTROŠNJA ELEKTRIČNE ENERGIE		GODIŠNJA POTROŠNJA VODE		OGRJEVNI ENERGENT	SPECIFIČNA GODIŠNJA POTROŠNJA OG. EN.		GODIŠNJA EMISIJA CO ₂ (tCO ₂)			UK. GODIŠNJA EMISIJA CO ₂
		(kWh/m ²)	(kn/m ²)	(m ³ /m ²)	(kn/m ²)		(jed/m ²)	(kn/m ²)	EL. EN.	VODA	ENERGENT	
O.Š. "Braće Ribar"	3157	14,9	12,3	NEMA PODATKA	NEMA PODATKA	LOŽ ULJE I	19	89,3	13,02	NEMA PODATKA	158,775001	171,79
O.Š. "Viktorovac"	2780	13,5	8,8	NEMA PODATKA	NEMA PODATKA	LOŽ ULJE I	18	84,5	10,39	NEMA PODATKA	132,45588	142,84
O.Š. "22. Lipanj"	3976	16,1	12,3	NEMA PODATKA	NEMA PODATKA	LOŽ ULJE I	14,6	68,4	26,63	NEMA PODATKA	230,948496	257,58
P.Š. "Tišina Kaptolska"	500	2,02	1,135	0,015	0,18	DRVO m ³	0,04	13,25	0,28	0,002	0	0,28
O.Š. "Braće Bobetko"	3716	14,5	13,1	0,38	5,58	TOPLANA kWh	17,9	62,4	14,91	0,389	179,18552	194,48
P.Š. "Crnac"	570	9,98	5,15	0,074	0,88	LOŽ ULJE I	14,04	60,1	1,57	0,012	21,18291	22,77
O.Š. "Ivana Kukuljevića"	3420	18,9	11,7	0,59	8,98	LOŽ ULJE I	15,8	74,2	17,89	0,556	143,03124	161,48
O.Š. "Galdovo"	1820	16,65	8,32	0,53	5,014	LOŽ ULJE I	19,79	76,35	8,39	0,266	95,33888	103,89
P.Š. "Hrastelnica"	508	6,97	3,69	0,183	2,185	DRVO m ³	0,059	16,08	0,98	0,026	0	1,01
P.Š. "Tišina Erdutska"	234	1,08	0,608	NEMA PODATKA	NEMA PODATKA	DRVO m ³	0,042	13,38	0,07	NEMA PODATKA	0	0,07

Škola u svom planu ima predviđene investicijske zahvate koji bi obuhvaćali promjenu krovišta, modernizaciju instalacija, ugradnju toplinske izolacije na vanjskim zidovima, a time i novu fasadu, zatim nadogradnju informatičke učionice i kabineta. Procjena je da bi za taj cijeli projekt trebalo investirati oko 13.5 milijuna kuna.

Od mjera energetske ušteda koje ću predložiti prvo ću se osvrnuti na tehno-ekonomski proračun ugradnje vanjske toplinske izolacije zgrade i na primjenu solara u pripremi potrošne tople vode. U dijelu trećeg poglavlja (točka 3.5.) navela sam koje mjere treba poduzeti radi poboljšanja toplinskih karakteristika vanjske ovojnice primjenom toplinske izolacije, a koje bi se izvelo dodavanjem novog toplinsko-izolacijskog sloja, s vanjske strane zida. Ako bi koristili polistiren debljine 10 cm i stavljali novu fasadu, cijena rekonstrukcije po m² bila bi oko 250 kn. Primjenjeno na školsku zgradu ukupna cijena investicije bila bi oko 2.1 milijun kuna. Kada je na školskoj zgradi zamijenjena drvena stolarija PVC stolarijom potrošnja lož ulja godišnje smanjila se za približno 10 000 litara. Dodavanjem novog toplinsko-izolacijskog sloja i stavljanjem nove fasade potrošnja lož ulja bi se smanjila na približno 9945.6 l ili 4.8 l/m², što je ekvivalent 48 kWh/m². Time bi škola ušla u kategoriju B, visoke energetske učinkovitosti. Godišnja ušteda bila bi 173 800 kn. Povrat investicije bi se isplatio za 12 godina. Emisija CO₂ bi se smanjila za 26.33 t godišnje.

Ako bi za grijanje potrošne tople vode koristili solarne kolektore investicijski troškovi bili bi oko 40 000 kn.. Godišnje bi se uštedjelo oko 2000 kWh električne energije ili oko 2600 kn. Investicija bi se isplatila za oko 15 godina. Godišnja emisija CO₂ bi se smanjila za 0.55 t .

4. ZAKLJUČAK

Predložila sam više mjera i investicijskih zahvata radi poboljšanja energetske učinkovitosti u školi, od najjednostavnijih kao što je svakodnevno racionalno korištenje energije, do kompleksnih i skupih investicijskih zahvata. Koje mjere će škola prihvatiti ovisi o financijskim mogućnostima škole, a koje su ovisne o dogovoru s lokalnom upravom i državnom upravom i projektima u koje će se škola uključivati, a koje financira država ili šira međunarodna zajednica. Općina Rakovica sada plaća troškove potrošene vode. Hrvatska će morati ispoštovati direktive Europske Unije vezane uz energetske učinkovitost u zgradarstvu što će se odraziti na uvjete koje će škola morati zadovoljiti.

Predložene mjere povećanja energetske efikasnosti na školi obuhvaćaju:

- poboljšanje toplinskih karakteristika vanjskih zidova i krova primjenom toplinske izolacije,
- zamjenu ili poboljšanje sustava grijanja i povećanje učinkovitosti, zamjena ručnih ventila termostatskim ventilima, uvesti regulaciju kotla, zamjena lož ulja plinom ili drvnom biomasom
- zamjenu ili poboljšanje sustava pripreme tople vode, ugradnjom kombinirano plinskog bojlera ili ugradnjom solarnih kolektora
- uvođenje obnovljivih izvora energije (sunčeva, biomasa),
- poboljšanje učinkovitosti sustava elektroinstalacija i kućanskih uređaja,
- racionalno korištenje vode,
- upravljanje energetikom općenito.

Jednostavne mjere povećanja energetske efikasnosti, bez dodatnih troškova, uz trenutne uštede su sljedeće:

- prilagoditi grijanje ili hlađenje noću i onda kada nema nikoga u zgradi
- noću spustiti rolete i navući zavjese
- izbjegavati zaklanjanje i pokrivanje grijaćih tijela zavjesama, maskama i sl.
- vremenski optimirati grijanje i pripremu tople vode
- u sezoni grijanja smanjiti sobnu temperaturu za 1°C
- koristiti prirodno osvjetljenje u što većoj mjeri
- isključiti rasvjetu u prostoriji kad nije potrebna

- isključiti računala, televizore i druge aparate kada ih ne koristimo
- izbjegavati gubitke na tzv. stand by načinu rada

Mjere za povećanje energetske efikasnosti koje bi eventualno mogli primijeniti uz nešto veće troškove i duži period povrata investicije (više od 3 godine i preko 5000 kn/100m²) jesu:

- zamjena prozora i vanjskih vrata toplinski kvalitetnijim prozorima
- ugradnja mikroprekidača na prozore koji isključuju konvektorsko grijanje i hlađenje pri otvaranju prozora,
- toplinsko izoliranje zgrade kod cijele vanjske ovojnice zgrade, (zidovi, podovi, krov te plohe prema negrijanim prostorima minimalno u skladu sa zahtjevima iz posebnog propisa),
- saniranje i obnova dimnjaka,
- kombiniranje sustava grijanja i hlađenja u zgradi i po potrebi zamjena energetske učinkovitijim sustavom (modernizacija postojećeg kotla, ugradnja novog kotla, promjena izvora energije) te ga kombinirati s obnovljivim izvorima energije (sunčeva energija, biomasa),
- rekuperacija otpadne topline, vode i sl.,
- ugradnja centralnog nadzornog i upravljačkog sustava,
- ugradnja sunčevog sustava za zagrijavanje vode

POPIS LITERATURE

- [1.] Hrs Borković, Željka, Primjeri iz prakse-realizirani projekti povećanja energetske efikasnosti, Poticanje energetske efikasnosti u Hrvatskoj, 2008.
- [2.] Hrs Borković, Željka, Postojeće stanje i energetski potencijal zgrada RH, Poticanje energetske efikasnosti u Hrvatskoj, 2008.
- [3.] Hrs Borković, Željka, Savjeti za adaptaciju i rekonstrukciju postojećih zgrada u svrhu povećanja energetske efikasnosti, Poticanje energetske efikasnosti u Hrvatskoj, 2008.
- [4.] Hrs Borković, Željka, Pregled dostupnih materijala za toplinsku zaštitu, Poticanje energetske efikasnosti u Hrvatskoj, 2008.
- [5.] Soldo, Vladimir, Ventilacija i hlađenje stambenog prostora, Poticanje energetske efikasnosti u Hrvatskoj, 2008.
- [6.] Bukarica, Vesna, Potrošnja energije u zgradama, Poticanje energetske efikasnosti u Hrvatskoj, 2008.
- [7.] Dović, Vladimir, Priprema potrošne tople vode, Poticanje energetske efikasnosti u Hrvatskoj, 2008.
- [8.] Dović, Vladimir, Kogeneracija u kućanstvima, mini vjetrogeneratori, Poticanje energetske efikasnosti u Hrvatskoj, 2008.
- [9.] Zanki, Vlasta, Rezultati energetske preglede financiranih od strane UNDP-a
- [10.] Švaić, Srećko, Obnovljivi izvori energije u kućanstvu, Poticanje energetske efikasnosti u Hrvatskoj, 2008.
- [11.] Sučić, Boris, Električna energija u kućanstvima, Poticanje energetske efikasnosti u Hrvatskoj, 2008.

[12.] Sučić, Boris, Ekonomska procjena projekata energetske učinkovitosti, Poticanje energetske efikasnosti u Hrvatskoj, 2008.

[13.] Sučić, Boris, Energetski pregledi zgrada, Poticanje energetske efikasnosti u Hrvatskoj, 2008.

[14.] Majdandžić, Ljubomir, Solarni kolektori-iskustva iz prakse, Poticanje energetske efikasnosti u Hrvatskoj, 2008.