

Primjena računalnog programa Thorium A+ za određivanje optimalnih mjera energetske učinkovitosti pri održavanju stambenog objekta

Paper Category

Adam Martinek

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku,
Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek
Kneza Trpimira 2B, 31000 Osijek, Hrvatska
amartinek@etfos.hr

Ivan Ostheimer

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku,
Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek
Kneza Trpimira 2B, 31000 Osijek, Hrvatska
iostheimer@etfos.hr

Luka Patrun

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku,
Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek
Kneza Trpimira 2B, 31000 Osijek, Hrvatska
lpatrun@etfos.hr

Sažetak– Cilj ovoga rada je prikazati koje su mjere energetske učinkovitosti optimalne pri održavanju stambenog objekta. Pri tome se uzima u obzir ekonomsko stajalište koje nam ukazuje koliki je jednostavni povratni period te isplativost određene investicije. Svi izračuni su napravljeni koristeći računalni program za energetske certificiranje i fiziku zgrada Thorium A+.

Gljučne riječi – energetska učinkovitost, mjere energetske učinkovitosti, stambeni objekt, Thorium A+

APPLICATION OF COMPUTER PROGRAM THORIUM A+ FOR ASSESSMENT OF OPTIMAL ENERGY EFFICIENCY MEASURES

Abstract – Objective of this paper is to show optimal measures of energy efficiency in order of maintenance of housing property. Economical aspects are taken in consideration which tell us about return of investment and about investment profitability. All calculations have been made using computer program for energy certifications and physics of buildings Thorium A+.

Keywords – energy efficiency, measures of energy efficiency, housing property, Thorium A+

1. UVOD

Zgradarstvo je područje koje troši najviše energije. Udio potrošnje zgradarstva u 2013. u ukupnoj energiji je iznosio 42,36 % u Republici Hrvatskoj [1]. Zgradarstvo u Europskoj Uniji troši 40 % energije i emitira 36 % ukupnih emisija CO₂ u atmosferu [2]. No, u zgradarstvu ima najviše mjesta za poboljšanje i uštedu. Upravo u svrhu tog poboljšanja pokrenut je niz zakonskih regulativa kojima se uz pomoć energetske certificiranja može dati precizno stanje pojedinog stambenog objekta i/ili zgrade javne namjene te se upravo na temelju toga odlučuju slijedeći koraci koji govore o mjerama

energetske učinkovitosti, koje su to, koliko iznosi povratni period takve investicije i koliko zapravo mijenjaju cijelu situaciju jednom kada su implementirane. Upravo iz tog razloga koristeći računalni program za energetske certificiranje i fiziku zgrade, Thorium A+, prikazat će se kroz primjer jedan stvarni stambeni objekt te njegovo stanje prije i poslije uvođenja optimalnih mjera energetske učinkovitosti.

2. OSNOVNI POJMOVI

Energetska učinkovitost je odnos između ostvarenog korisnog učinka i energije potrošene za ostvarenje tog učinka, kao i proizvodnja energije iz obnovljivih izvora energije i /ili kogeneracije za koju se ostvaruje poticajna cijena temeljem posebnih propisa [3].

Energetski pregled zgrade je sustavan postupak za stjecanje odgovarajućeg znanja o postojećoj potrošnji energije i energetskim svojstvima zgrade ili skupine zgrada koje imaju zajedničke energetske sustave, za utvrđivanje i određivanje isplativosti primjene mjera za poboljšanje energetske učinkovitosti te izradu izvješća o energetskim pregledima zgrade s prikupljenim informacijama i predloženim mjerama, a obavlja ga ovlaštena osoba [3].

Energetski razred zgrade jest indikator energetskih svojstava zgrade koji se za stambene zgrade izražava preko $Q_{H,nd-a}$ tj. godišnje potrebne energije za grijanje za referentne klimatske podatke svedene na jedinicu ploštine korisne površine zgrade, a za nestambene zgrade preko relativne vrijednosti godišnje potrebne toplinske energije za grijanje [3].

Stambena zgrada jest obiteljska kuća ili višestambena zgrada koja je u cijelosti ili u kojoj je više od 90 % građevinske (bruto) površine namijenjeno za stanovanje. Termotehnički sustav jest tehnička oprema za grijanje, hlađenje, ventilaciju, klimatizaciju i pripremu potrošne tople vode zgrade ili samostalne uporabne cjeline zgrade [3].

Energetska obnova zgrade – primjena mjera energetske učinkovitosti u svrhu poboljšanja energetskog svojstva zgrade ili njezina dijela i temeljnog zahtjeva za građevinu – gospodarenje energijom i očuvanje topline. Pri čemu mjere energetske učinkovitosti obuhvaćaju: energetski pregled i energetsko certificiranje zgrade za potrebe energetske obnove, izradu projektne dokumentacije za energetske obnovu zgrade kojom se dokazuje ušteda energije, povećanje toplinske zaštite ovojnice zgrade, unapređenje tehničkih sustava zgrade koji uključuju tehničku opremu za grijanje, hlađenje, ventilaciju, klimatizaciju i pripremu potrošne tople vode, sustav rasvjete te sustav automatizacije i upravljanja zgrade ili njezina dijela te uvođenje sustava obnovljivih izvora energije [3].

Na slici 1 se vidi energetski razred pregledanog stambenog objekta prije provođenja mjera energetske učinkovitosti. Sa slike se vidi da je dobiveni razred G što ovaj

stambeni objekt stavlja među najlošije objekte s obzirom na energetske učinkovitost.

$Q_{H,nd,ref}$	kWh/(m ² a)	Izračun
		345,94
A+	≤ 15	
A	≤ 25	
B	≤ 50	
C	≤ 100	
D	≤ 150	
E	≤ 200	
F	≤ 250	
G	> 250	

Sl. 1. Energetski razred stambenog objekta prije uvođenja mjera [4]

U tablici 1 su prikazane geometrijske karakteristike promatranog objekta.

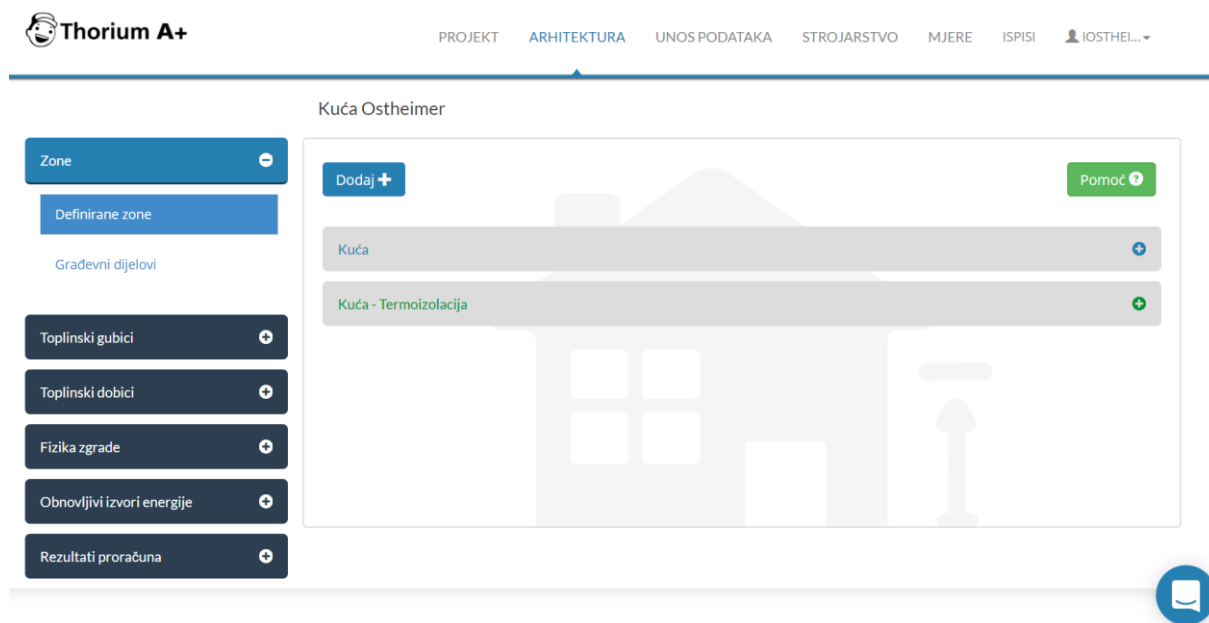
Tablica 1. Geometrijske karakteristike objekta

Klasa zgrade	Teška
Broj etaža	1
Prosječna visina etaže [m]	2,5
Obujam grijanog dijela zgrade V_e [m ³]	228,38
Obujam grijanog dijela zraka V [m ³]	173,57
Brutto podna površina [m ²]	96,19
Površina zone s vanjskim dimenzijama A_f [m ²]	90,79
Korisna površina A_k [m ²]	73,03

Na slici 2 je prikazano sučelje Thorium A+ aplikacije. Aplikacija je pregledna i jednostavna je za koristiti. U gornjem izborniku su kartice 'projekt', 'arhitektura', 'unos podataka', 'strojarstvo', 'mjere' i 'ispisi'. U kartici projekt se definiraju osnovni podaci o projektu kao što su naziv, adresa, vrsta zgrade, godina izgradnje, ime projektanta itd. U kartici arhitektura definiraju se zone objekta te građevni dijelovi zajedno s materijalima od kojih se sastoje. Također su vidljivi toplinski gubici objekta, fizika objekta i toplinski dobici. Kartica unos podataka

služi za unos vrijednosti računa svih energenata, ukoliko nije moguće doći do računa pridržava se normi. Sustave za grijanje i PTV te hlađenje unose se u kartici strojarstvo. Tu je također moguće napraviti usporedbe sustava nakon uvođenja mjera. Sve mjere su vidljive u kartici mjere. Naposljetku kartica ispisi služi za

ispisivanje izvještaja o pregledu, energetskog certifikata, energetske iskaznice te fizike zgrade. Prednost Thorium A+ aplikacije je što svi ispisi automatski generiraju u MS Wordu. Također svi izračuni, koji su u ispisima, su automatski generirani nakon unosa podataka što će kasnije u radu biti prikazano.



SI. 2. Prikaz sučelja Thorium A+ aplikacije [4]

3. PREDLOŽENE MJERE ENERGETSKE UČINKOVOSTI I NJIHOV UČINAK

Za određivanje optimalnih mjera energetske učinkovitosti uzevši u obzir iznos investicije i uštedu primarne i isporučene energije korišten je Thorium A+, računalni program za energetske certificiranje i fiziku zgrade, koji svojim jednostavnim i preglednim sučeljem omogućuje korisniku da napravi proračune mjera i tako vidi njihovu ekonomsku isplativost.

Mjere energetske učinkovitosti su radnje koje vode ka poboljšanju promatranog objekta, bilo da se radi o smanjenju potrošnje bilo kojeg oblika energije te se pri tome mogu izmjeriti i provjeriti/usporediti [5].

Za povećanje energetske učinkovitosti postoje mnoge mjere od kojih će se za ovaj rad izdvojiti samo tri troškovno optimalne mjere. Odabrane mjere uključuju izolaciju vanjske ovojnice, izolaciju stropa te instalaciju kondenzacijskog plinskog kotla. Navedene mjere smanjuju potrebnu energiju za grijanje i

hlađenje (termoizolacija vanjske ovojnice i termoizolacija stropa) te isporučenu i primarnu energiju za grijanje objekta (ugradnja kondenzacijskog kombi kotla).

Nakon prikupljanja podataka na terenu o stambenom objektu, zajedno s računima za energente, svi podaci se unose u Thorium A+ aplikaciju. Nakon automatske obrade podataka od strane aplikacije dobivene su sljedeće troškovno optimalne mjere.

Izolacija vanjske ovojnice i stropa

Pod pojmom vanjska ovojnica podrazumijeva se fasada objekta. Zahvaljujući dobro izoliranoj vanjskoj ovojnici objekt će trošiti manje energije u zimskim mjesecima na grijanje, a za vrijeme ljetnih mjeseci na hlađenje i klimatizaciju. Dakle, osim što će se smanjiti troškovi održavanja stambenog objekta, povećat će se kvaliteta i udobnost stanovanja te će objekt imati duži životni vijek [6]. Gubljenje energije topline preko vanjske ovojnice direktno je povezano s toplinskom provodnosti materijala od kojih je ovojnica napravljena. Toplinska provodnost je fizikalna veličina koja nam govori kako toplina

prolazi kroz neku tvar. Toplinska provodnost materijala ovisi o prirodi promatrane tvari, o njenoj temperaturi, tlaku i vlažnosti. Provodnost materijala se određuje mjerenjem i izražava se u W/mK (vat po metru kelvinu) [7]. S obzirom na provodnost materijala, koja može biti od nekoliko stotina (za metale) do vrijednosti ispod 1 (nemetalni materijali i plinovi), materijale dijelimo na izolatore i vodiče. Izolatori su oni materijali čije su vrijednosti toplinske provodnosti niže i poželjno je da je ona oko 0,04 W/mK [8].

Koeficijent prolaska topline (U) ukazuje koliko topline građevina gubi u jednoj sekundi po metru kvadratnom za razliku temperatura od jednog kelvina (W/m²K). Kao i kod toplinske provodnosti, poželjno je da je vrijednost što niža.

Suprotna vrijednost koeficijentu prolaska topline je toplinski otpor (R). Veličina ukazuje koliko se pojedini materijal opire prolasku temperature kroz njega. Toplinski otpor se izražava u metar kvadratni kelvin po vatu (m²K/W). Toplinski otpor se određuje za svaki sloj od kojeg je kuća sačinjena te se zbraja da se dobije sveukupni toplinski otpor vanjske ovojnice [8].

U slučaju promatranog objekta, fasada se sastoji od tri sloja: unutarnja vapneno-cementna žbuka, puna opeka od gline te vanjska vapneno-cementna žbuka. Naime, najveći postotak kuća u Hrvatskoj je izgrađen prije 1987. godine te nemaju gotovo nikakvu izolaciju, što rezultira povećanim troškovima za grijanje i hlađenje. Mjere energetske učinkovitosti u takvim slučajevima mogu značajno smanjiti potrošnju energije.

Za troslojnu vanjsku ovojnicu vrijede slijedeći podatci:

Puna opeka od gline je građevni materijal kuće te ima toplinsku provodljivost $\lambda=0,81$ W/mK. Debljina opeke je 32 cm. Otpornost ovog sloja iznosi 0,40 m²K/W. Vapneno-cementna žbuka s unutarnje i vanjske strane. Kao što je vidljivo otpornost od 0,02 m²K/W ne igra gotovo nikakvu ulogu jer je debljina samo 2 cm.

Na slici 3 je vidljivo da zahtjev za dinamičke toplinske karakteristike građevnog dijela [9] je zadovoljen, dok zahtjev na koeficijent prolaska topline U nije zbog nedostatka izolacije vanjske ovojnice. Građevni dio zadovoljava dinamičke toplinske karakteristike ako mu je plošna masa veća od 100 kg/m², a za slučaj da je manja tada koeficijent U građevnog dijela mora biti manji od 0,30 W/K.

R [m ² K/W]	R _{si} [m ² K/W]	R _{se} [m ² K/W]	R _{uk} [m ² K/W]	U [W/m ² K]	U _{dop} [W/m ² K]	Plošna masa [kg/m ²]
0.44	0.13	0.04	0.61	1.65	0.30	648.00

Zahtjev $U < U_{dop}$ **nije zadovoljen.**

*Zahtjev za dinamičke toplinske karakteristike građevnog dijela **je zadovoljen.**

*Zahtjev se odnosi na dinamičke toplinske karakteristike građevnih dijelova zgrade, članak 62. [Tehničkog propisa o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama.](#)

Materijal	Debljina [cm]	R [m ² K/W]	Uključeno u proračun
3.03 Vapneno-cementna žbuka	2	0.02	<input checked="" type="checkbox"/>
1.01 Puna opeka od gline	32	0.40	<input checked="" type="checkbox"/>
3.03 Vapneno-cementna žbuka	2	0.02	<input checked="" type="checkbox"/>

Spremi građevni dio u bazu

Zatvori

← Natrag

Dalje →

Potvrdi

SI. 3. Prikaz slojeva vanjske ovojnice objekta [4]

R [m ² K/W]	R _{si} [m ² K/W]	R _{se} [m ² K/W]	R _{uk} [m ² K/W]	U [W/m ² K]	U _{dop} [W/m ² K]	Plošna masa [kg/m ²]
5.58	0.13	0.04	5.75	0.17	0.30	688.00
Zahtjev $U < U_{dop}$ je zadovoljen.						
*Zahtjev za dinamičke toplinske karakteristike građevnog dijela je zadovoljen.						
*Zahtjev se odnosi na dinamičke toplinske karakteristike građevnih dijelova zgrade, članak 62. Tehničkog propisa o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama.						
Materijal	Debljina [cm]	R [m ² K/W]	Uključeno u proračun			
3.03 Vapneno-cementna žbuka	<input type="text" value="2"/>	0.02	<input checked="" type="checkbox"/>			
1.01 Puna opeka od gline	<input type="text" value="32"/>	0.40	<input checked="" type="checkbox"/>			
3.03 Vapneno-cementna žbuka	<input type="text" value="2"/>	0.02	<input checked="" type="checkbox"/>			
7.02a Ekspandirani polistiren (EPS)	<input type="text" value="20"/>	5.13	<input checked="" type="checkbox"/>			
3.03 Vapneno-cementna žbuka	<input type="text" value="2"/>	0.02	<input checked="" type="checkbox"/>			

SI. 4. Prikaz slojeva vanjske ovojnice nakon uvođenja mjere energetske učinkovitosti [4]

Na slici 4 prikazani su slojevi vanjske ovojnice objekta nakon uvođenja mjere energetske učinkovitosti. Kao mjera je izabrano postavljanje 20 cm stiropora (EPS) sa sljedećom karakteristikom: $R = 5,13 \text{ m}^2\text{K/W}$.

Zahvaljujući aplikaciji odmah je vidljivo da je zahtjev za dinamičke toplinske karakteristike građevnog dijela sada zadovoljen jer je koeficijent prolaska topline $0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$.

R [m ² K/W]	R _{si} [m ² K/W]	R _{se} [m ² K/W]	R _{uk} [m ² K/W]	U [W/m ² K]	U _{dop} [W/m ² K]	Plošna masa [kg/m ²]
0.48	0.10	0.04	0.62	1.62	0.25	325.00
Zahtjev $U < U_{dop}$ nije zadovoljen.						
Materijal	Debljina [cm]	R [m ² K/W]	Uključeno u proračun			
4.05 Drvo	<input type="text" value="2"/>	0.13	<input checked="" type="checkbox"/>			
1.01 Puna opeka od gline	<input type="text" value="14"/>	0.17	<input checked="" type="checkbox"/>			
6.04 Pijesak, šljunak, tucanik (drobljenac)	<input type="text" value="3"/>	0.04	<input checked="" type="checkbox"/>			
4.05 Drvo	<input type="text" value="2"/>	0.13	<input checked="" type="checkbox"/>			

Spremi građevni dio u bazu

Zatvori

← Natrag

Dalje →

Potvrdi

SI. 5. Prikaz slojeva stropa objekta [4]

Također na slici 5 su prikazani slojevi stropa objekta. Budući da je objekt izgrađen 1965. te se strop sastoji od dasaka, trske i blata u Thoriumu su aproksimirane vrijednosti R sa sljedećim slojevima: dva sloja drvenih dasaka debljine 2 cm, sloj pune opeke od gline debljine 14 cm te pijesak debljine 3 cm. Lako se može uočiti da uvjet $U < U_{dop}$ nije zadovoljen jer je U daleko veći od U_{dop} .

Na slici 6 su prikazani slojevi stropa nakon uvođenja mjere energetske učinkovitosti. Izabrana je mjera izolacije stropa mineralnom vunom (20 cm) jer nije preskupa investicija, a doprinosi mnogo u pogledu izolacije. 20 cm mineralne vune ima vrijednost $R = 5,71 \text{ m}^2\text{K/W}$. Također je odmah vidljivo da je uvjet $U < U_{dop}$ zadovoljen.

R [m ² K/W]	R _{si} [m ² K/W]	R _{se} [m ² K/W]	R _{uk} [m ² K/W]	U [W/m ² K]	U _{dop} [W/m ² K]	Plošna masa [kg/m ²]
6.19	0.10	0.04	6.33	0.16	0.25	339.00
Zahtjev $U < U_{dop}$ je zadovoljen.						
Materijal	Debljina [cm]	R [m ² K/W]	Uključeno u proračun			
4.05 Drvo	2	0.13	<input checked="" type="checkbox"/>			
1.01 Puna opeka od gline	14	0.17	<input checked="" type="checkbox"/>			
6.04 Pijesak, šljunak, tucanik (drobljenac)	3	0.04	<input checked="" type="checkbox"/>			
4.05 Drvo	2	0.13	<input checked="" type="checkbox"/>			
7.01 Mineralna vuna (MW) prema HRN EN 13162	20	5.71	<input checked="" type="checkbox"/>			

Spremi građevni dio u bazu

Zatvori

← Natrag

Dalje →

Potvrdi

SI. 6. Prikaz slojeva stropa nakon uvođenja mjere energetske učinkovitosti [4]

Na slici 7 je prikazana usporedba sustava grijanja s PTV u objektu prije provedbe mjere, te isti taj sustav nakon provedbe mjere izolacije vanjske ovojnice i stropa. Referentni sistem prikazan na slici je upravo sustav prije provedbe mjere, a zamjenski sistem je sustav nakon provedbe mjere. Na slici su uočljive izuzetno velike uštede, što u energiji što u novcu. Na godišnjoj bazi ušteda je 6 116 HRK. Ušteda se može vidjeti i u primarnoj energiji (E_{prim}) te isporučenoj energiji (E_{del}) što je logično jer je otpornost ovojnice povećana provedbom mjere te je smanjeno gubljenje topline kroz ovojnicu i strop. Ukupna investicija za mjeru izolacije vanjske ovojnice i postavljana mineralne vune na strop te njihova ušteda potrošnje energije. Investicija za ovu mjeru je oko 50 000 HRK te s uštedom od 6 116 HRK godišnje jednostavni povratni period (JPP) je 9.11 godina. Takav JPP je i više nego zadovoljavajući.

Na slici 9 su prikazani investicija, JPP te uštede u energiji i kunama. Uočljiva je i smanjena emisija CO₂ u atmosferu za 4.33 tone godišnje. Ova mjera je izabrana s obzirom na povratni period investicije i velike uštede u energiji te emisijama.

Ugradnja kondenzacijskog plinskog kotla

Plinski kotlovi u privatnim kućama koriste se za grijanje potrošne tople vode, kao i za grijanje prostora preko radnog medija u radiatorima. Na tržištu razlikujemo tri vrste kotlova: visokotemperaturni, niskotemperaturni i kondenzacijski kotao.

Visokotemperaturni, tj. standardni kotlovi su oni koji konstantno rade pri visokim temperaturama. Njihova radna temperatura kreće se između 70 °C i 90 °C [8]. Ove radne temperature uvjetovane su konstrukcijom

Ime sustava	Energent	$Q_{\text{gen, in, uk}}$ [kWh]	$W_{\text{aux, uk}}$ [kWh]	Cijena energenata [kn]	E_{del} [kWh]	E_{prim} [kWh]	CO_2 [kg]
Referentni sistemi							
Grijanje + PTV	Prirodni plin	30123.98	358.09	9446.85	30482.07	33271.51	6711.07
Klima uređaj	Električna energija	432.79	0.00	449.50	432.79	345.36	101.27
Ukupno		30556.77	358.09	9896.35	30914.86	33616.88	6812.34
Zamjenski sistemi							
GM1: Termoizolacija vanjske ovojnice - kombi kotao	Prirodni plin	10745.96	268.24	3515.85	11014.20	11980.88	2426.88
GM1: Termoizolacija vanjske ovojnice - Klima	Električna energija	256.17	0.00	266.06	256.17	204.42	59.94
Ukupno		11002.13	268.24	3781.92	11270.37	12185.31	2486.82
Ušteda		19554.64	89.85	6114.44	19644.48	21431.57	4325.52

SI. 7. Usporedba sustava prije i nakon provedbe mjere izolacije vanjske ovojnice i stropa te prikaz ušteda [4]

samog kotla, u kojem temperatura ne smije pasti ispod donje granice od 70 °C zbog opasnosti od kondenzacije dimnih plinova. Od navedene tri izvedbe kotla, ova ima najmanju učinkovitost zbog potrebe da je temperatura u njemu visoka. To u praksi znači najmanji stupanj djelovanja u usporedbi s niskotemperaturnim i kondenzacijskim kotlom.

Niskotemperaturni kotlovi su, kao što ime govori, kotlovi čije su radne temperature osjetno niže u usporedbi s visokotemperaturnim kotlovima. Prosječna temperatura vode u niskotemperaturnom kotlu je oko 40 °C [8].

Ovi kotlovi su konstruirani tako da ni pri niskim temperaturama ne dolazi do kondenzacije dimnih plinova na površinama za izmjenu topline [8]. Današnji kotlovi mogu postići godišnji stupanj učinkovitosti oko 91 % do 95 %, a veći kotlovi s naprednijim plamenicima 94 % do 96 % [8].

Najučinkovitiji kotlovi su kondenzacijski kotlovi. Njihova posebnost leži u činjenici da mogu iskorištavati i energiju kondenzata plinova. Zbog toga njihov stupanj učinkovitosti

prelazi 100%. Prosječna temperatura vode u kondenzacijskim kotlovima iznosi oko 30 °C s učinkovitošću do 108 % [8].

Na slici 8 vidljiva je usporedba sustava prije i nakon provedbe mjere ugradnje kondenzacijskog kotla te prikaz ušteda. Mjera ugradnje novoga plinskog kondenzacijskog kotla je izabrana kao strojarska mjera. Na slici 8 je prikazana usporedba staroga kotla i kondenzacijskog kotla u neizoliranoj kući. I na ovom primjeru je pod referentni sistem stavljen

stari kotao, a pod zamjenski sistem novi kondenzacijski kotao. Vidljiva je godišnja ušteda od 1 484 HRK te ušteda primarne i isporučene energije od 4 807 kWh. Još uvijek velika količina primarne energije (E_{prim}) ulazi u objekt jer se zbog neizolirane ovojnice velika količina topline gubi kroz istu. Na slici 9 pod nazivom 'SM1: Ugradnja kondenzacijskog kotla' su prikazani investicija, JPP te uštede u kunama, emisijama CO_2 . Jednostavni povratni period je nešto veći jer objekt još uvijek gubi previše energije preko ovojnice koja nije izolirana.

Ime sustava	Energent	$Q_{\text{gen, in, uk}}$ [kWh]	$W_{\text{aux, uk}}$ [kWh]	Cijena energenata [kn]	E_{del} [kWh]	E_{prim} [kWh]	CO_2 [kg]
Referentni sistemi							
Grijanje + PTV	Prirodni plin	30123.98	358.09	9446.85	30482.07	33271.51	6711.07
Klima uređaj	Električna energija	432.79	0.00	449.50	432.79	345.36	101.27
Ukupno		30556.77	358.09	9896.35	30914.86	33616.88	6812.34
Zamjenski sistemi							
SM1: Ugradnja kondenzacijskog kotla	Prirodni plin	25877.35	161.01	7962.86	26038.37	28464.19	5730.69
SM1: Ugradnja kondenzacijskog kotla Klima uređaj	Električna energija	432.79	0.00	449.50	432.79	345.36	101.27
Ukupno		26310.14	161.01	8412.35	26471.15	28809.55	5831.97
Ušteda		4246.62	197.08	1484.00	4443.70	4807.32	980.37

SI. 8. Usporedba sustava prije i nakon provedbe mjere ugradnje kondenzacijskog kotla te prikaz ušteda [4]

4. UČINAK MJERA ENERGETSKE UČINKOVITOSTI

Na slici 9 je prikazan sumarni prikaz tri predložene mjere. Mjera ugradnje kondenzacijskog kotla i mjera izolacija vanjske ovojnice i stropa su obrađene kroz rad. U ovom dijelu će se opisati kombinirana mjera kao najbolja predložena mjera. Pod kombiniranom mjerom se smatra ugradnja kondenzacijskog plinskog kotla i izolacija ovojnice i stropa.

Ukupna investicija takve mjere je 65 000 HRK prikazana na slici 9. Kombinirana mjera je procijenjena kao najbolji jer ima dobar povratni period od 9.73 godine te velike uštede energije od 21 205 kWh godišnje. Ovom mjerom se smanjuje potreba za primarnom i isporučenom

energijom te također gubici kroz ovojnicu i poboljšava kvaliteta života u objektu. Na ovaj se način također provode zahtjevi EU za smanjenjem potrošnje energenata i poboljšanje energetske učinkovitosti stambenih objekata.

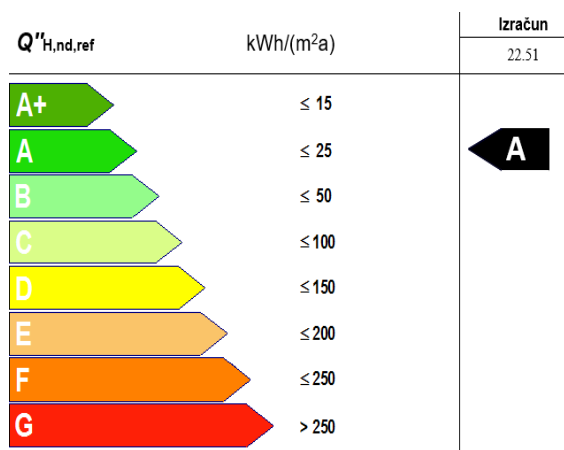
Najbolji pokazatelj predloženih mjera je novi energetski razred objekta koji se može vidjeti na slici 10. Prisjetimo se da je razred objekta prije primjene mjera bio G, što se vidi na slici 1. $Q_{\text{H,nd}}$ (potrebna toplinska energija za grijanje objekta) prije mjera je bio 345,94 kWh/(m²a). Prema slici 10 novi energetski razred objekta je A te $Q_{\text{H,nd}}$ iznosi 22,51 kWh/(m²a).

Sumarni prikaz mjera bez međuovisnosti

Ime mjere	Investicija [kn]	Procijenjena ušteda [kn/god]	Procijenjena ušteda [kWh/god]	JPP [god.]	Smanjenje emisija CO ₂ [tona/god]	Pokazatelj [kn/tCO ₂ god.]	Pokazatelj [kn/kWh god.]
SM1: Ugradnja kondenzacijskog kotla	15000.00	1484.00	4443.71	10.11	0.98	15306.12	3.38
GM1+SM1: Kombinirana mjera	65000.00	6677.26	21205.13	9.73	4.67	13915.65	3.07
GM1: Termoizolacija vanjske ovojnice i stropa	50000.00	6114.44	19644.48	8.18	4.33	11558.02	2.55

SI. 9. Sumarni prikaz tri predložene mjere [4]

Naravno ovakav razred bi objekt imao ukoliko bi se mere provele. Naposljetku, vlasnik je taj koji odlučuje hoće li se mjere provesti. No na ovaj način vlasnik objekta može dobiti realnu i preglednu sliku trenutnog stanja objekta i poboljšanja koje su mu na raspolaganju.



SI. 10. Energetski razred objekta nakon uvođenja kombinirane mjere [4]

5. ZAKLJUČAK

Pri sve oštrijim zahtjevima od strane EU u području energetske učinkovitosti aplikacije kao što je Thorium A+ su i više nego potrebne. Kroz nekoliko godina svi će stambeni i poslovni objekti morati posjedovati energetski certifikat što znači da će se za svaki objekt morati raditi ovakvi izračuni. Thorium A+ je potpuno izbacio mukotrpan posao 'ručnog' proračuna algoritama. Ponekad se na terenu prikupi toliko podataka da njihova raspodjela i obrada može potrajati tjednima. Također koristeći Thorium A+ ne moramo ručno unositi formule za razne izračune, svi izračuni su automatski generirani pomoću algoritama u aplikaciji koji koristi iste te formule. Thorium A+ aplikacija je napravljena poštujući sve zakone i norme u zgradarstvu te redovito nadograđivana novim zakonima i normama. Iz ovog rada se može zaključiti da je Thorium A+ trenutno najbolji izbor za energetsko certificiranje na tržištu. Naposljetku se može zaključiti kako je korisnost ove aplikacije višestruka jer ubrzava proces izrade energetskog certifikata te inženjerima olakšava mukotrpan posao.

REFERENCES:

- [1] Godišnji energetska pregled, Ministarstvo gospodarstva, 2013.
- [2] <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/buildings> (pristupljeno 05.05.2017.)
- [3] http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2014_10_127_2399.html (pristupljeno 05.05.2017.)
- [4] Generirano u aplikaciji Thorium A+
- [5] www.mgipu.hr/default.aspx?id=14521 (pristupljeno 05.05.2017.)
- [6] www.fzoeu.hr/hr/energetska_ucinkovitost/enu_u_zgradarstvu/ (pristupljeno 05.05.2017.)
- [7] www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=61788 (pristupljeno 05.05.2017.)
- [8] PRIRUČNIK ZA ENERGETSKO CERTIFICIRANJE ZGRADA
- [9] http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2014_08_97_1938.html (pristupljeno 05.05.2017.)