

5. FINANSIJSKA ANALIZA PRIMENE MERA UNAPREĐENJA ENERGETSKE EFIKASNOSTI

5.1 OCENA RENTABILNOSTI PROJEKTA

Primenom različitih mera moguće je poboljšati energetska efikasnost, pri čemu treba voditi računa o finansijskim efektima primenjenih mera. Svaka zgrada, bilo nova ili postojeća, može se dovesti na nivo koji je blizak “nultoj” potrošnji, ali su često investiciona ulaganja visoka i nisu ekonomski isplativija. Zato je poreban sistematičan pristup prilikom izbora mera koje će dovesti do smanjenja potrošnje energije u zgradi na godišnjem nivou, a sa druge strane biti isplativije i imati “razuman” period povraćaja investicije.

Primena svake pojedinačne mere zavisi od namene zgrade, kao i od trenutnog ukupnog stanja u kome se zgrada nalazi. Ako je zgrada građena u periodu kada nije bilo propisa o termičkoj zaštiti, čest je slučaj da su spoljni zidovi, krov, kao i konstrukcije ka negrejanim prostorima izvedeni bez termičke izolacije. U tim slučajevima obavezno se razmatra poboljšanje termičke izolovanosti omotača zgrade, kao i sanacija ili zamena prozora u cilju smanjenja transmisionih i ventilacionih gubitaka objekta. Ukoliko se analizom obuhvati i zamena izvora toplote i rekonstrukcija sistema grejanja, onda će predviđena mera poboljšanja omotača rezultovati manjim kapacitetom novog izvora toplote i manjom površinom grejnih tela u zgradi.

Takođe je važno razmatrati efekte svake primenjene mere pojedinačno, a zatim zbirni efekat nekoliko primenjenih mera, u težnji da se postigne zadovoljavajući period otplate investicije.

Tehnički vek projekta utvrđuje se na osnovu fizičkog trajanja opreme neophodne za određenu meru ili projekat. Kod projekata, koji su sastavljeni od više mera sa različitim fizičkim trajanjem, mora se izračunati potrebno ponavljanje mera sa kraćim tehničkim vekom, da bi se pokrilo vreme trajanja mera sa najdužim tehničkim vekom. Ekonomski vek projekta predstavlja period u kome projekat donosi profit (uštede), koji je planiran i unet u studiju opravdanosti projekta. Ekonomski vek se koristi za ocenu finansijske isplativosti i ekonomske opravdanosti mera i projekta energetske efikasnosti.

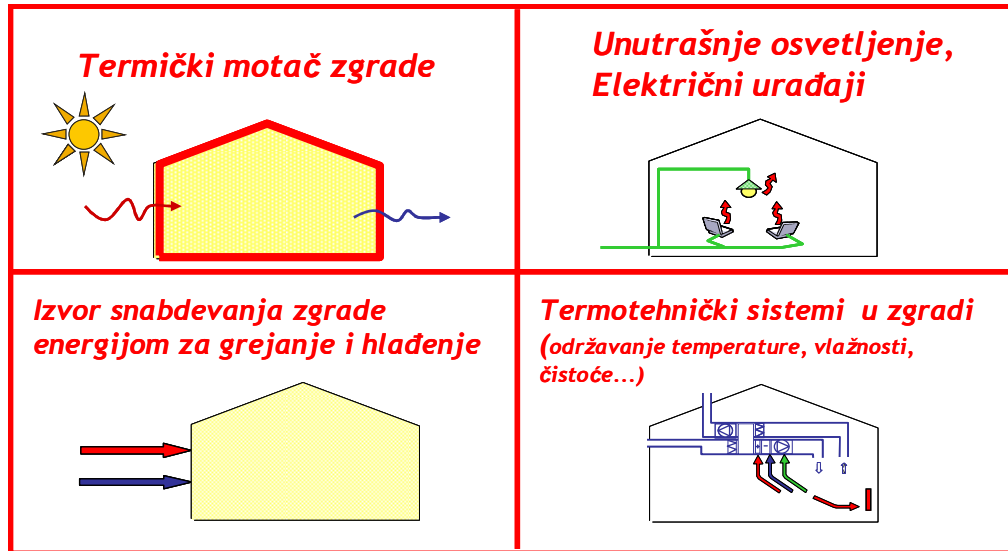
Osnovni ciljevi ocene rentabilnosti (isplativosti) i opravdanosti mera projekata unapređenja energetske efikasnosti zgrada su:

- da se ustanovi da li je projekat finansijski isplativ i ekonomski opravdan,
- da se omogući upoređivanje isplativosti različitih mera i projekata,
- da se omogući investitorima, finansijskim institucijama i donatorima da ocene prihvatljivost projekta za finansiranje.

Mere koje se primenjuju za poboljšanje energetske efikasnosti u zgradama mogu se podeliti u tri osnovne grupe (slika 5.1):

1. **Mere poboljšanja karakteristika same zgrade** kroz smanjenje potreba za grejanjem u zimskom i hlađenja u letnjem periodu (termička izolovanosti i zaptivenost, zaštita od Sunčevog zračenja leti);
2. **Mere unapređenja termotehničkih instalacija** kroz primenu opreme i uređaja sa visokim stepenom korisnosti, korišćenje otpadne toplote i obnovljivih izvora energije (bolje iskorišćenje primarne energije);

3. **Mere optimizacije eksploatacije tehničkih sistema** kroz uvođenje automatskog upravljanja rada instalacija grejanja, hlađenja, ventilacije i veštačkog osvetljenja (termički parametri sredine se održavaju na željenom nivou samo u periodu korišćenja prostorija u zgradi).



5.3 Mere za unapređenje energetske efikasnosti zgrada

Prilikom analize primene mera unapređenja energetske performansi važno je problemu pristupiti određenim redosledom, počevši sa grupom mera poboljšanja karakteristika same zgrade, preko mera smanjenja gubitaka toplote pri proizvodnji i distribuciji toplote, do grupe mera koje podrazumevaju zamenu uređaja i opreme sistema za grejanje, klimatizaciju i pripremu sanitarne tople vode ili sistema osvetljenja, uz uvođenje regulacije rada sistema.

Redosled analize mera za unapređenje energetske efikasnosti zgrade:

- I grupa: poboljšanje termičke izolovanosti i zaptivenosti zgrade uz primenu pasivnih mera zaštite od Sunčevog zračenja (rezultat: smanjenje potrebnog kapaciteta izvora toplote, instalisane snage grejnih tela i ukupnih toplotnih potreba zgrade; smanjenje potreba za hlađenjem i poboljšanje termičkog komfora)
- II grupa: izolacija toplovoda i dela cevne i kanalske mreže (rezultat: smanjenje gubitaka u distribuciji toplote i potrebne primarne energije)
- III grupa: zamena izvora / energenta (rezultat: povećanje ukupnog stepena korisnosti postrojenja)
- IV grupa: centralna regulacija sistema grejanja - kvalitativna regulacija prema spoljnoj temperaturi (rezultat: smanjenje pregrevanja prostorija - 1°C viša temperatura unutrašnjeg vazduha dovodi do povećanja potrošnje toplote za cca. 6%)
- V grupa: lokalna regulacija - termostatski ventili i cirkulacione pumpe sa promenljivim brojem obrtaja (kod zgrada sa više zona i različitog režima korišćenja)
- VI grupa: uvođenje CSNU sistema (kod zgrada sa složenim termotehničkim sistemima: grejanje, ventilacija, STV, klimatizacija; mogućnost povezivanja ostalih servisa: osvetljenje, protivprovalni...)
- VII grupa: primena OIE (npr. PSE za pripremu STV - rezultat: smanjenje potrebne primarne energije i emisije CO₂; toplotna pumpa u kombinaciji sa niskotemperaturnim sistemom grejanja - rezultat: visok stepen korisnosti; mogućnost sniženja unutrašnje projektne temperature; mogućnost korišćenja za potrebe hlađenja)
-Korišćenje otpadne toplote i tehnike noćne ventilacije.....

5.2 FINANSIJSKI POKAZATELJI

Neto uštede u tekućim troškovima za svaku godinu, koje su nastale kao rezultat investicionih ulaganja u mere i projekat EE izražavaju se kao [6]:

$$B = \sum_{t=1}^n (B_t \cdot P_e - \Delta C_e), \quad (5.1)$$

gde su:

- B ukupne godišnje uštede,
- B_t ušteda energije za jednu godinu ($t = 1$ do n),
- P_e cena energije za jednu godinu,
- ΔC_e promena eksploatacionih troškova u odnosu na situaciju pre primene projekta.

Vrednost novca u vremenu

Buduća vrednost novca dobija se ukamaćivanjem (kapitalisanjem) raspoloživog novca. Ukamaćivanje je uvećanje vrednosti raspoloživog novca, za prinos (npr. kamatu), koja se može ostvariti u svakoj budućoj obračunskoj godini

$$FV_n = PV_0 \cdot (1 + p)^n \quad (5.2)$$

gde su:

- PV_0 sadašnja vrednost raspoloživog novca,
- FV_n buduća vrednost novca posle n -godina,
- n broj godina,
- p referentna stopa prinosa ili kamatna stopa.

Sadašnja vrednosti novca ostvaruje se u budućim godinama, dobija se diskontovanjem odnosno svođenjem na sadašnji trenutak.

Diskontovanje je umanjenje vrednosti očekivanog budućeg novca, za prihod (npr. kamatu), koji je propušten u svakoj godini čekanja da se priliv novca ostvari. Diskontna stopa zavisi od načina finansiranja projekta.

Diskontna stopa kada se projekat u potpunosti finansira iz kredita:

$$d_n = r_n + r_s \quad (5.3)$$

gde su:

- d_n nominalna diskontna stopa,
- r_n nominalna kamatna stopa,
- r_s kamatni spread za rizik.

Realna diskontna stopa uključuje i inflaciju:

$$d_r = (d_n - i) / (1 + i) \quad (5.4)$$

gde su:

- d_r realna diskontna stopa
- d_n nominalna diskontna stopa
- i stopa inflacije (prosečan godišnji rast cena)

Sadašnja vrednosti novca računa se kao:

$$PV_0 = FV_n / (1 + d)^n \quad (5.5)$$

gde su:

PV0 sadašnja vrednost novca,
 FVn buduća vrednost novca posle n-godina,
 n broj godina,
 d diskontna stopa.

Prost period povraćaja investicije pokazuje vreme potrebno da se iz budućih prihoda (ostvarenih ušteda) naplate ukupna investiciona ulaganja:

$$PBP = \frac{I}{B} \quad (5.6)$$

gde su:

PBP prost period povraćaja investicije,
I ukupno investiciono ulaganje,
B godišnji neto prihod projekta (neto uštede).

Dinamički period povraćaja investicije pokazuje vreme potrebno da se iz budućih prihoda projekta svedenih na sadašnju vrednost, naplate investiciona ulaganja u početnom trenutku. Za njegov obračun potrebno je izvršiti diskontovanje projektovanih budućih prihoda projekta. Dinamički period povraćaja investicije računa se kao:

$$POP = \frac{\ln(1 - d \cdot PBP)}{\ln(1 + d)}, \quad (5.7)$$

gde je:

d - realna diskontna stopa.

Neto sadašnja vrednost dobija se kada se od sadašnje vrednosti prihoda projekta oduzme sadašnja vrednost ukupnih investicionih troškova projekta:

$$NPV = \frac{B_0}{(1+d)^0} + \frac{B_1}{(1+d)^1} + \frac{B_2}{(1+d)^2} + \dots + \frac{B_n}{(1+d)^n} - PVI \quad (5.8)$$

gde su:

n ekonomski vek projekta u izražen u godinama,
B neto priliv projekta u posmatranoj godini,
d diskontna stopa,
PVI sadašnja vrednost ukupnih investicionih troškova projekta.

Projekat je rentabilan kada je neto sadašnja vrednost veća od nule, odnosno kada su svedene uštede tokom ekonomskog veka projekta veće od ukupnih svedenih investicija. U protivnom, nema smisla ulagati u takav projekat.

Koeficijent neto sadašnje vrednosti predstavlja odnos neto sadašnje vrednosti i sadašnje vrednosti ukupnih investicionih troškova (svedenih investicija):

$$NPVc = NPV / PVI \quad (5.9)$$

gde su:

NPV neto sadašnja vrednost
 PVI sadašnja vrednost ukupnih investicionih troškova projekta

Koeficijent neto sadašnje vrednosti pokazuje koliko se godišnje zarađuje novčanih jedinica ulaganjem jedne novčane jedinice u projekat.

Interna stopa rentabilnosti je diskontna stopa, pri kojoj su izjednačene sadašnja vrednost prihoda od ušteda i sadašnja vrednost ukupnih troškova projekta, odnosno diskontna stopa pri kojoj je neto sadašnja vrednost projekta jednaka nuli:

$$\frac{B_0}{(1+d)^0} + \frac{B_1}{(1+d)^1} + \frac{B_2}{(1+d)^2} + \dots + \frac{B_n}{(1+d)^n} = PVI ; IIR = d \quad (5.10)$$

gde je:

$IIR = d$ interna stopa rentabilnosti,
 B neto prihod u n-toj godini,
 n rok trajanja projekta u godinama.

IRR projekta treba da bude veća ili najmanje jednaka diskontnoj stopi, koja odražava cenu sredstva za finansiranje projekta. IRR izabrane opcije projekta, mora biti viša ili bar jednaka IRR ostalih analiziranih opcija projekta ili mogućeg ulaganja sredstava. Kriterijum IRR favorizuje projekte koji zahtevaju manje investicije i rezultiraju manjim prihodima u apsolutnom iznosu.

Odlučivanje o finansiranju projekta vrši se na osnovu finansijskih pokazatelje, najčešće uvidom u vrednost koeficijenta neto sadašnje vrednosti i interne stope rentabilnosti. Ako projekat ima visoku stopu finansijske rentabilnosti, odluka o finansiranju projekta se može doneti na osnovu finansijske analize projekta. Ako projekat ima nisku/negativnu stopu finansijske rentabilnosti, odluka o finansiranju projekta se donosi, tek na osnovu ekonomske analize projekta. Obe analize su sastavni deo „*Cost-benefit*“ analize projekta unapređenja energetske efikasnosti. Ova analiza odnosi se na ukupne društveno-ekonomske troškove i koristi od investicionog projekta. Koristi se za ocenu društveno-ekonomske opravdanosti troškova investicionih projekta koji se sprovode u javnom sektoru.

„*Cost-benefit*“ analiza neophodna je prilikom:

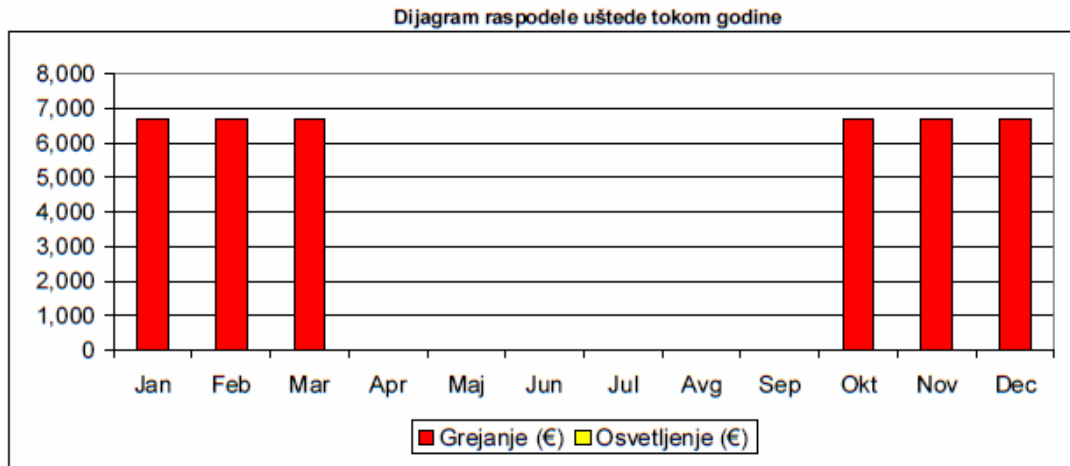
- izrade prethodne studije opravdanosti i studije opravdanosti projekta, prema “Zakona o planiranju i izgradnji RS”,
- konkurisanja za inostrane donacije kod EU,
- konkurisanja za kredite međunarodnih finansijskih institucija (World bank – IFC, EIB, EBRD,..),
- uspostavljanja javno-privatnog partnerstva (ESCO model)

„*Cost-benefit*“ analizu poželjno je sprovesti prilikom zaduživanja kod domaćih komercijalnih banaka, za projekte sa niskom stopom finansijske rentabilnosti.

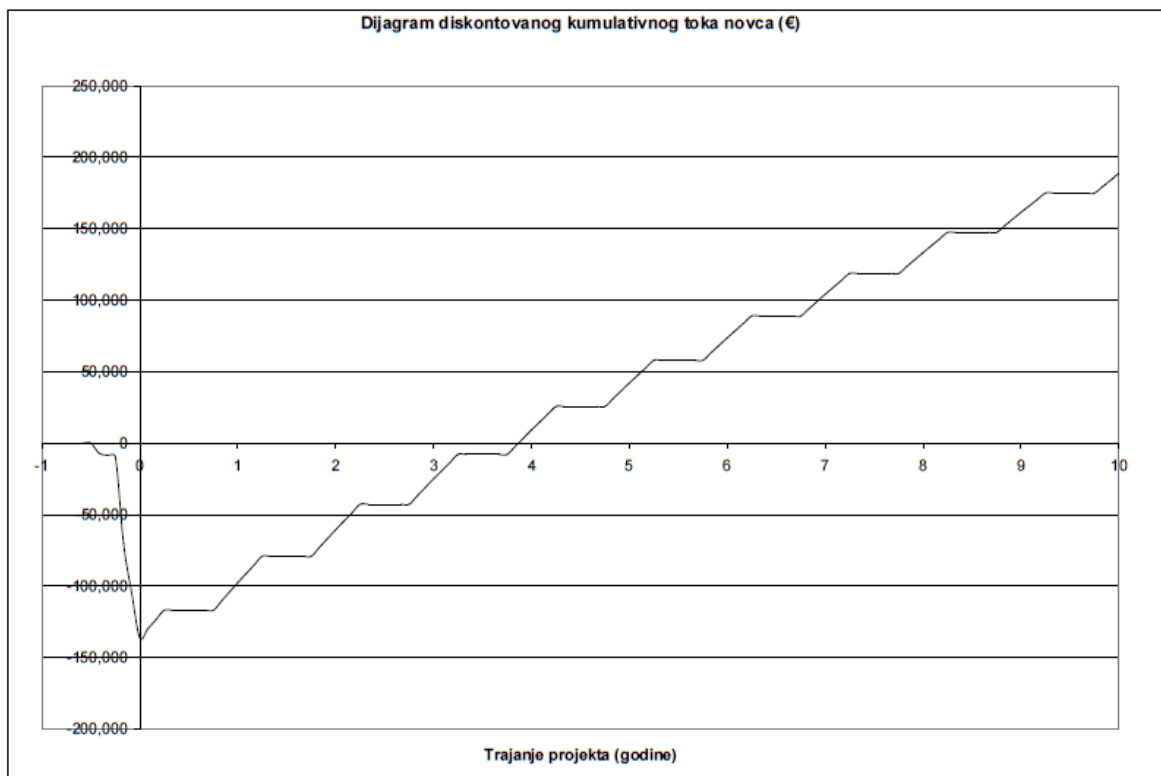
Dinamika projekta podrazumeva praćenje dinamike mesečnih neto priliva i troškova projekta tokom kalendarske godine. Zapravo, u pitanju je praćenje toka novca u trajanju ekonomskog veka projekta.

Dijagramom prikazanim na slici 5.2 prikazane su uštede u novcu tokom kalendarske godine koje se ostvaruju kao rezultat energetske sanacije sistema grejanja u jednoj zgradi. Sa dijagrama se jasno vidi da priliv novca iz ušteda nije jednak za sve mesece u godini, tj. nema priliva sredstava od projekta unapređenja van grejne sezone.

Na slici 5.3 prikazan je dijagram diskontovanog kumulativnog toka novca u periodu ekonomskog veka projekta, za primer energetske sanacije sistema grejanja u jednoj zgradi. Može se videti, da su investiciona ulaganja prilikom realizacije projekta velika, ali se takođe uočava priliv od projekta u svakoj godini. Nakon nešto manje od 4 godine projekat se isplatio (dinamički period povraćaja investicije) i posle toga se ostvaruje novčana dobit od projekta koja, nakon 10 godina prevazilazi ukupna ulaganja u početnom trenutku.



Slika 5.2 Uštede u novcu tokom kalendarske godine koje se ostvaruju kao rezultat energetske sanacije sistema grejanja



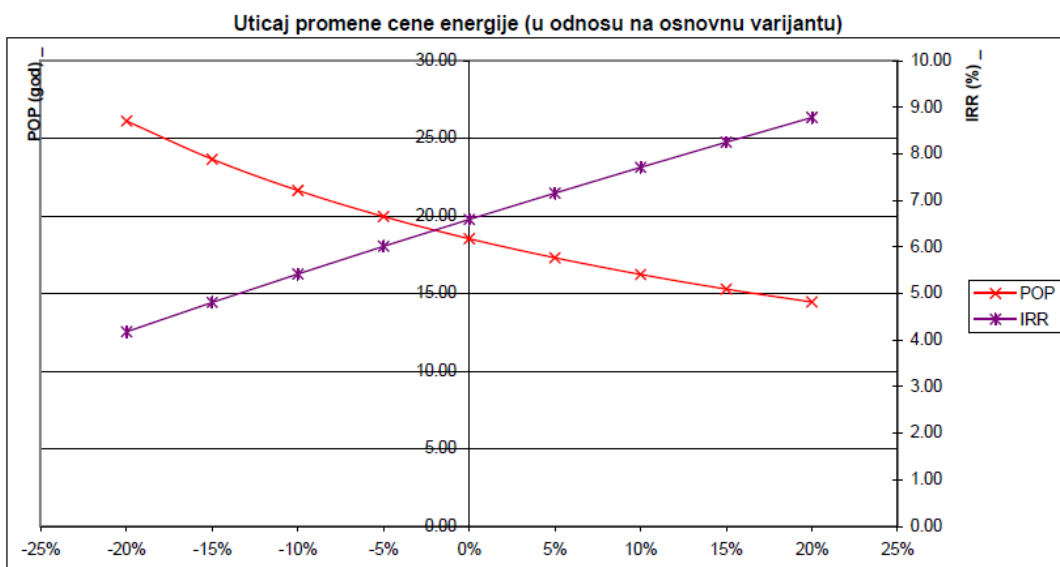
Slika 5.3 Dijagram diskontovanog kumulativnog toka novca

Analiza osetljivosti se sprovodi radi procene uticaja:

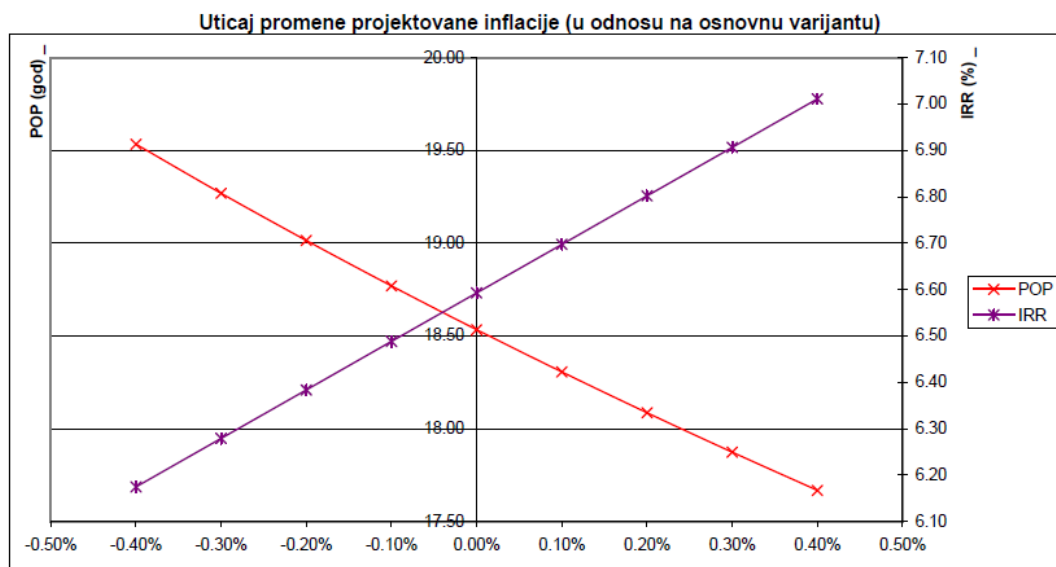
1. Promene cena energije
2. Promene projektovane inflacije
3. Ekonomskog životnog veka projekta (kvalitet opreme)
4. Veličine investicija (uspešnost tendera)

na finansijske parametre projekta: **NPV, NPVc, PBP, POP, IRR.**

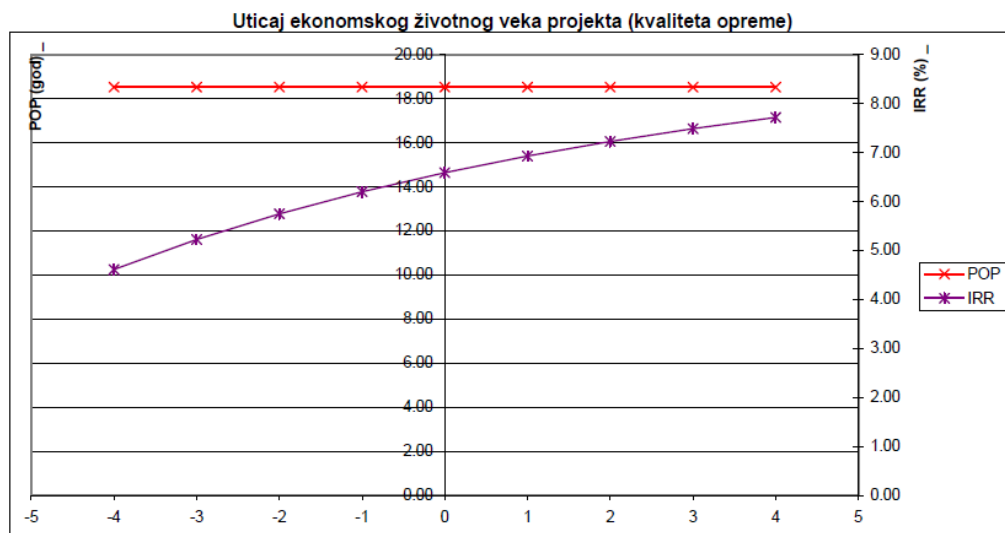
Dijagramima na slikama 5.4 do 5.7 prikazani su dijagrami analize osetljivosti.



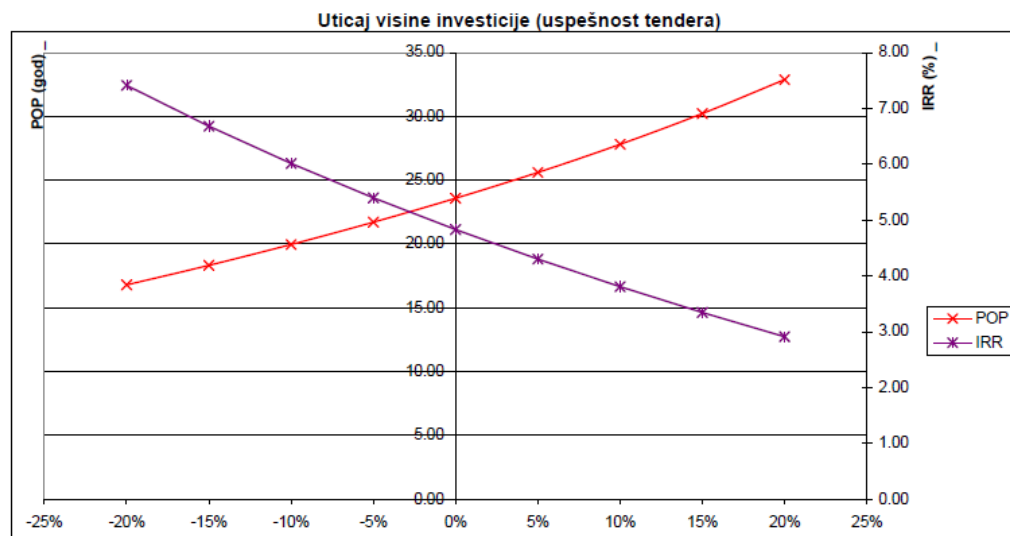
Slika 5.4 Uticaj promene cene energije na POP i IIR



Slika 5.5 Uticaj promene inflacije na POP i IIR



Slika 5.6 Uticaj promene ekonomskog životnog veka projekta na POP i IIR



Slika 5.7 Uticaj uspešnosti tendera (promene cene investicije) na POP i IIR

5.3 PRIMERI PRIMENE MERA UNAPREĐENJA ENERGETSKE

5.3.1 Unapređenje sistema grejanja

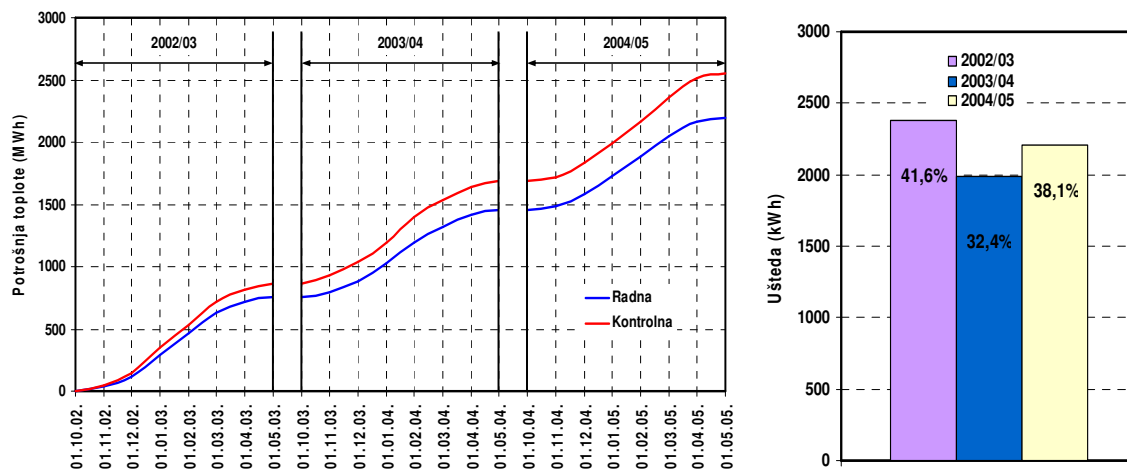
Merenja potrošnje toplote za grejanje u zgradi koja se nalazi na Novom Beogradu (slika 5.8) i koja je povezana na sistem daljinskog grejanja, započela su sa grejnom sezonom 2002/03, nakon rekonstrukcije toplotne podstanice. Podstanica je rekonstruisana u potpunosti uz ugradnju cirkulacionih pumpi sa promenljivim brojem obrtaja koje rade sa promenljivim protokom grejnog fluida i ugrađeno je merilo urošene toplote. Sva grejna tela kućne instalacije opremljena su radijatorskim ventilima sa termostatskim glavama i deliteljima toplote. Na taj način je omogućena lokalna regulacija toplotnog učinka, kao i praćenje potrošnje toplote za grejanje na svakom grejnom telu, odnosno u svakom stanu. Stambena zgrada je blokovskog tipa gradnje, iz 80-tih godina prošlog veka, sastoji se iz 5 lamela (sa zasebnim ulazima), spratnosti P+5+Pot, sa 135 stambenih jedinica i ukupne korisne površine stambenog prostora od 6580 m².

Izmerena potrošnja toplote za grejanje u reprezentativnoj zgradi, koja je tokom projekta nazvana „radna“ poređena je sa potrošnjom u zgradi bliznakinji, u kojoj nije vršena nikakva rekonstrukcija, osim ugradnje merila utrošene toplote („kontrolna“ zgrada), i na taj način je omogućeno praćenje ušteta koje su postignute rekonstrukcijom grejnog sistema.



Slika 5.8 Reprezentativna zgrada na Novom Beogradu na kojoj su vršena merenja

Prosečna godišnja ostvarena ušteta u potrošnji energije se kreće na nivou od 10%. Na dijagramu prikazanom na slici 5.9 levo vidi se uporedna kumulativna potrošnja toplote radne i kontrolne zgrade. Ušteta električne energije za pogon cirkulacionih pumpi sa promenljivim brojem obrtaja je značajna i iznosi oko 2 MWh na godišnjem nivou odnosno oko 40% (slika 5.9.desno).



Slika 5.9 Kumulativna potrošnja toplote za grejanje u radnoj i kontrolnoj zgradi tokom 3 grejne sezone (levo) i ušteta električne energije za pogon cirkulacionih pumpi (desno)

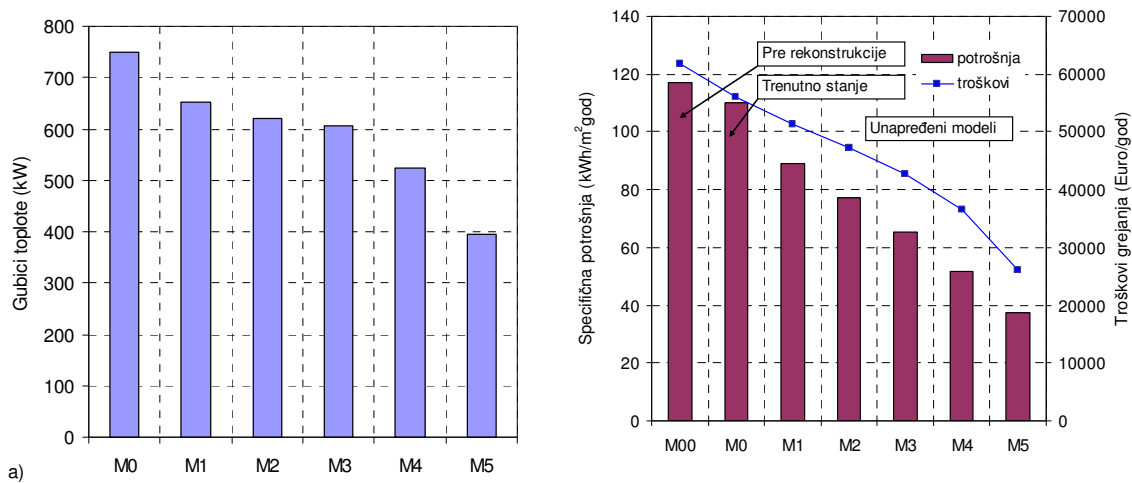
5.3.2 Unapređenje termičkog omotača

Za istu zgradu, na kojoj se prati potrošnja toplote iz godine u godinu, urađena je simulacija mera poboljšanja termičkog omotača. Osnovni model zgrade M0 postavljen je za trenutno stanje zgrade, dok su unapređeni modeli označeni kao M1 do M5, kao što je prikazano u tabeli. Dodatno, model M00 je takođe uzet u razmatranje, i odnosi se na stanje zgrade pre rekonstrukcije sistema grejanja 2002. godine.

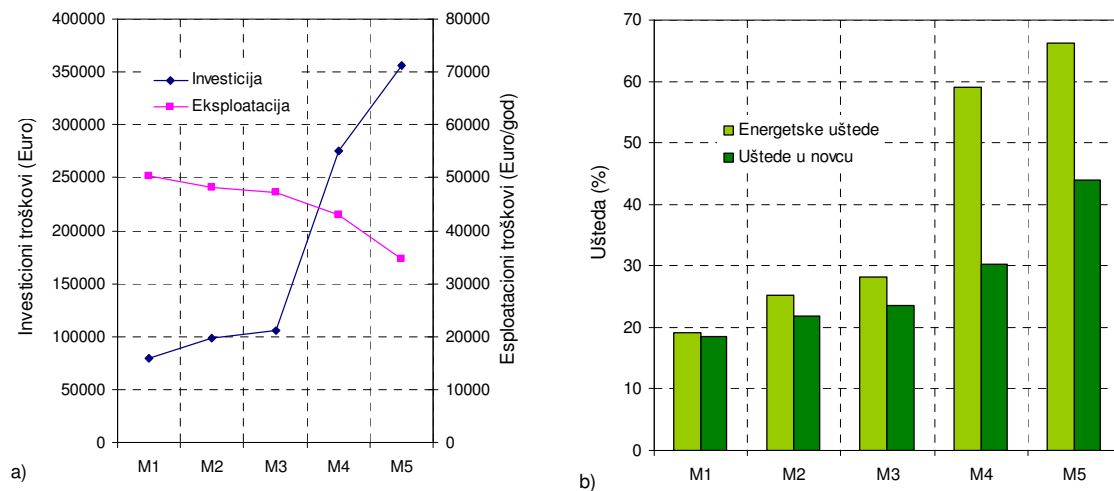
Kao mere unapređenja razmatrano je poboljšanje termičke izolovanosti spoljnih zidova (dve različite debljine i vrste termičke izolacije), izolacija krova mineralnom vunom, zamena prozora i balkonskih vrata, kao i zbirni uticaj predloženih mera.

Model	Mere unapređenja
M00	Stanje pre rekonstrukcije 2002 (bez lokalne regulacije)
M0	Postojeće stanje
M1	Izolacija spoljnih zidova: 5 cm stiropor ($\lambda=0.037$ W/mK)
M2	Izolacija spoljnih zidova: 8 cm neopor ($\lambda=0.031$ W/mK)
M3	Izolacija spoljnih zidova: 8 cm neopor + Izolacija krova: 10 cm mineralna vuna ($\lambda=0.041$ W/mK)
M4	Zamena drvenih prozora i balkonskih vrata ($U=2.9$ W/m ² K) novim PVC prozorima i balkonskim vratima ($U=1.1$ W/m ² K)
M5	Izolacija spoljnih zidova: 8 cm neopor + Zamena drvenih prozora i balkonskih vrata

Dijagramima prikazanim na slikama 5.10 i 5.11 dati su rezultati analize primene mera unapređenja termičkog omotača zgrade.



Slika 5.10 Uticaj mera na gubitke toplote zgrade (a) i na specifičnu potrošnju toplote za grejanje i troškove grejanja (b)

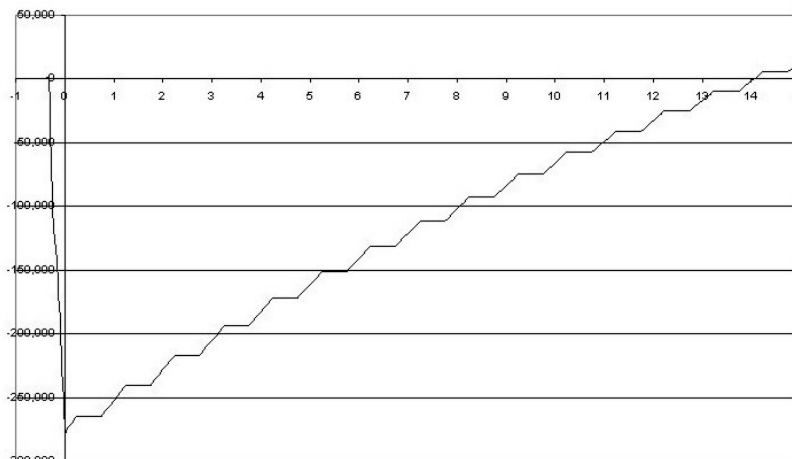


Slika 5.11 Investicioni i eksploatacioni troškovi (a) i uštede u energiji i novcu (b)

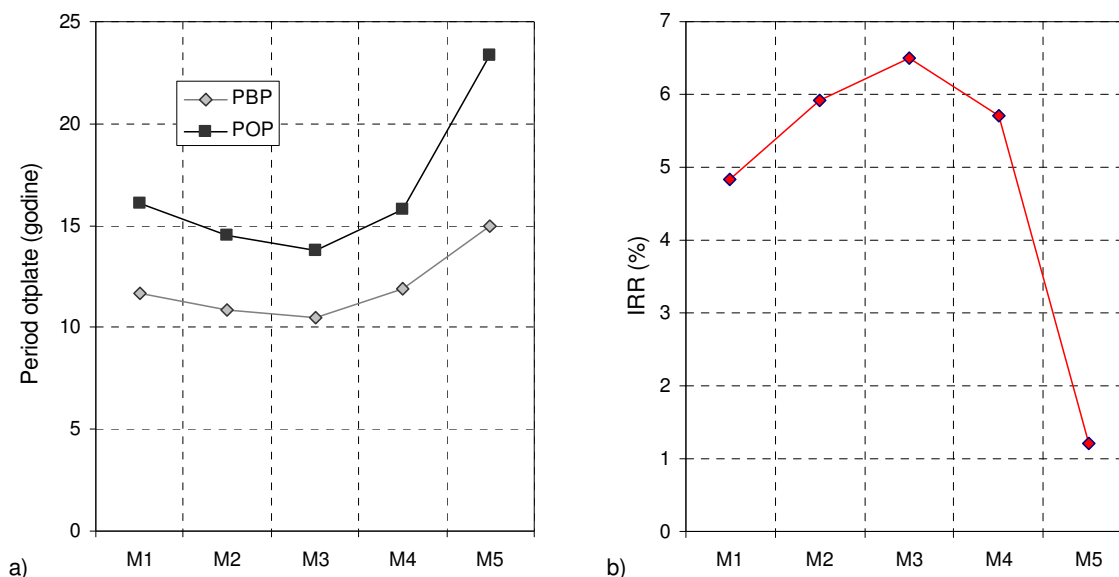
Sa energetskeg aspekta najbolji je model M5, međutim, uzimajući u obzir finansijske aspekte, najisplativije je rešenje koje nudi model M3, jer je period povraćaja investicije najkraći.

5.3.2.1 Finansijski pokazatelji i analiza osetljivosti

Za predložene setove mera unapređenja energetske efikasnosti zgrade (modeli od M1 do M5) sprovedena je analiza isplativosti i finansijske opravdanosti projekta unapređenja. Životni vek projekta procenjen je na 20 godina. Na dijagramima koji slede (slika 5.12 i 5.13) prikazan je kumulativni tok novca (za model M3), kao i prost i dinamički period povraćaja investicije i interna stopa rentabilnosti za sve modele.

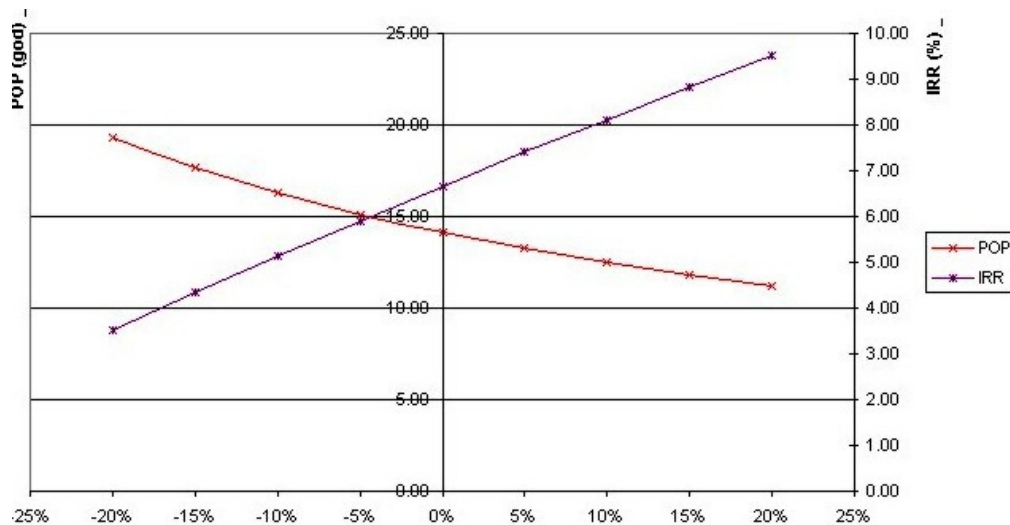


Slika 5.12 Kumulativni tok novca od trenutka ulaganja u unapređenje

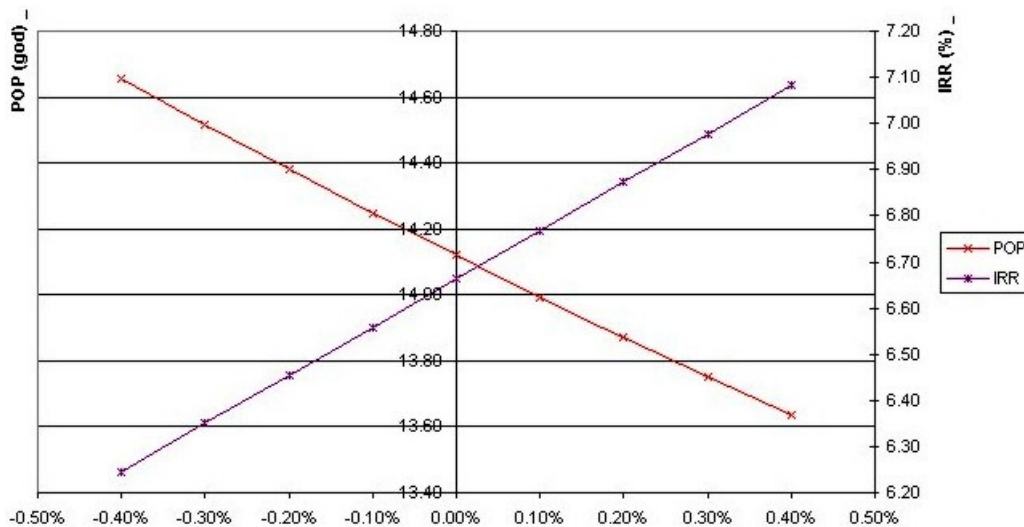


Slika 5.13 Period povraćaja investicije (a) i interna stopa rentabilnosti (b)

Na dijagramima 5.14 i 5.15 prikazana je analiza osetljivosti, odnosno promena finansijskih pokazatelja (POP i IIR) u funkciji promene cene energije i promene stope inflacije.



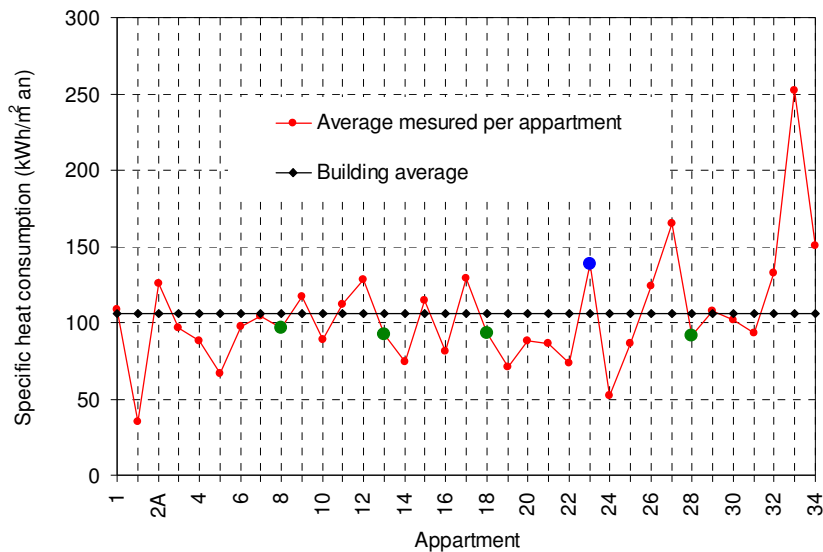
Slika 5.14 Uticaj promene cene energije na dinmički period otplate investicije i internu stopu rentabilnosti



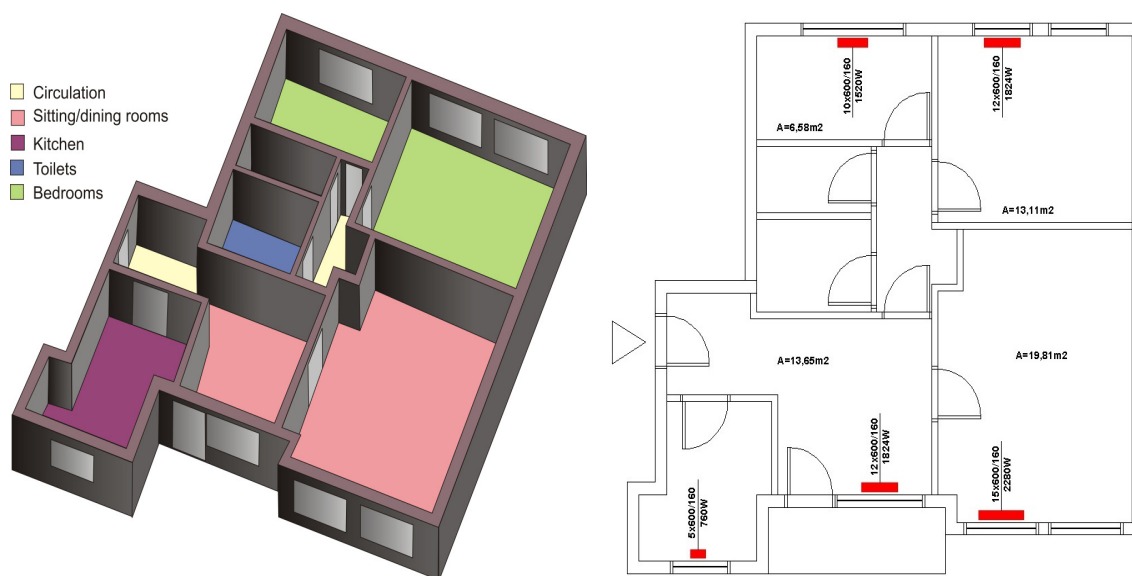
Slika 5.15 Uticaj promene stope inflacije na dinmički period otplate investicije i internu stopu rentabilnosti

5.3.3 Uticaj ponašanja korisnika

Na istom objektu praćena je godišnja potrošnja energije po svakom radijatoru. Na osnovu rezultata merenja tokom 8 grejnih sezona bilo je moguće uočiti prosečnu potrošnju po stanovima, kao i navike korisnika. Sa dijagrama na slici 5.16 uočava se da pojedini stanovi imaju povećanu potrošnju toplote za grejanje iz godine u godinu. Iz tog razloga analizirani su identični stanovi u zgradi (po svojoj veličini, geometriji i rasporedu prostorija, orijentaciji i položaju – između dva sprata). Izabrani stanovi, čija kvadratura iznosi 69 m^2 , obeleženi su zelenim tačkama na dijagramu, dok je plavom tačkom obeležen stan sa potrošnjom toplote iznad proseka.



Slika 5.16 Srednja izmerena godišnja potrošnja toplote za grejanje po stanovima za 8 grejnih sezona



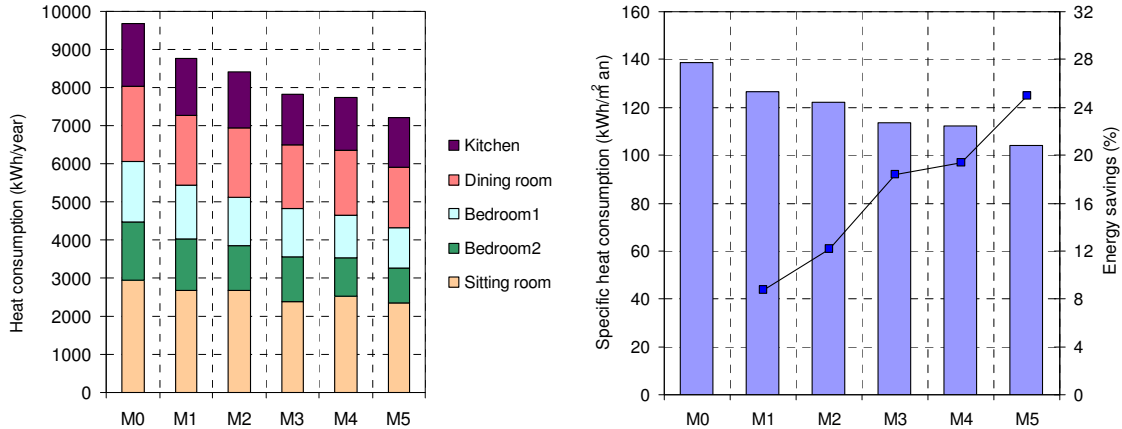
Slika 5.17 Reprezentativni stan u zgradi – 3D (a) i osnova stana sa rasporedom radijatora (b)

Postavljen je osnovni model ponašanja korisnika, u smislu održavanja unutrašnje temperature vazduha u stanu, koji je kalibrisan prema izmerenoj potrošnji u zgradi. Ostali modeli su prikazani u tabeli.

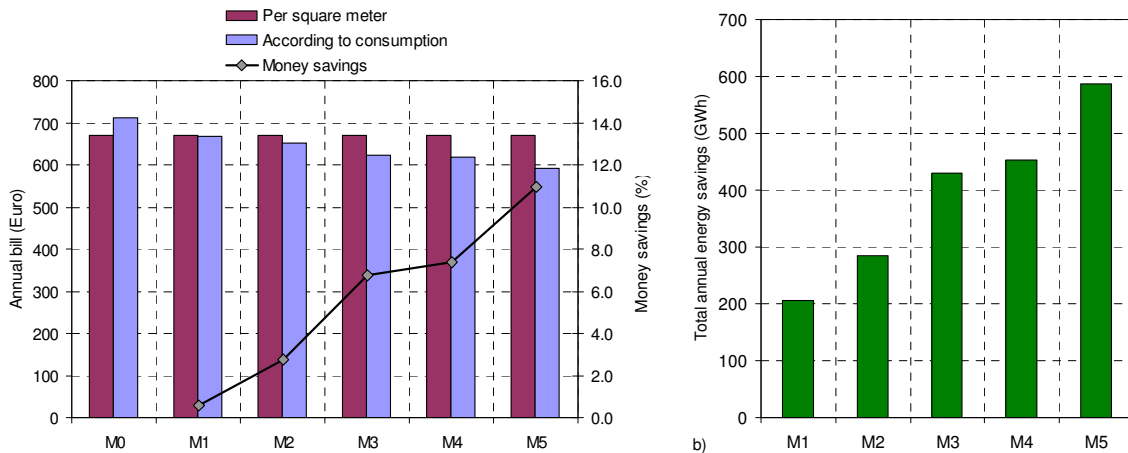
Prema postavljenim modelima ponašanja korisnika, određen je potencijal uštede energije i izračunati su troškovi grejanja kada bi se primenio tarifni sistem naplate troškova prema utrošenoj toploti. Dodatno je razmatran potencijal uštede na nivou grada Beograda, odnosno ušteta koja se postiže u zgradama priključenim na sistem daljinskog grejanja.

Rezultati su prikazani dijagramima na slikama P 5.18 i 5.19.

Model	Ponašanje korisnika
M0	Trenutno stanje – unutrašnja temperatura od 24°C u celom stanu
M1	Unutrašnja temperatura od 22°C u celom stanu
M2	Unutrašnja temperatura od 22°C u dnevnoj sobi/trpezariji i kuhinji Unutrašnja temperatura od 20°C u spavaćim sobama
M3	Unutrašnja temperatura od 20°C u celom stanu
M4	Unutrašnja temperatura od 21°C u dnevnoj sobi/trpezariji i kuhinji Unutrašnja temperatura od 19°C u spavaćim sobama
M5	Unutrašnja temperatura od 21°C u dnevnoj sobi/trpezariji i kuhinji Unutrašnja temperatura od 19°C u spavaćim sobama + Unutrašnja temperatura od 12°C tokom 10 dana godišnjeg odmora



Slika 5.18 Modeli ponašanja korisnika i njihov uticaj na potrošnju energije i potencijal uštede



Slika 5.19 Modeli ponašanja korisnika, njihov uticaj račun za grejanje (levo) i moguće uštede u stambenom sektoru povezanom na sistem daljinskog grejanja (desno)

5.3.4 Zamena prozora i uštede u funkciji izvora snabdevanja toplotom

Za istu zgradu, na kojoj se prati potrošnja toplote iz godine u godinu, urađena je simulacija mera zamene prozora i to:

M1. Drveni dvostruki prozori obično staklo (postojeće stanje) $U_w = 2,9 \text{ W/m}^2\text{K}$

M2. PVC trokomorni dvostruko zastakljeni, ispunjena vazduh $U_w = 1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$

M3. Al PVC petokomorni, dvostruko Low E staklo, argon $U_w = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$

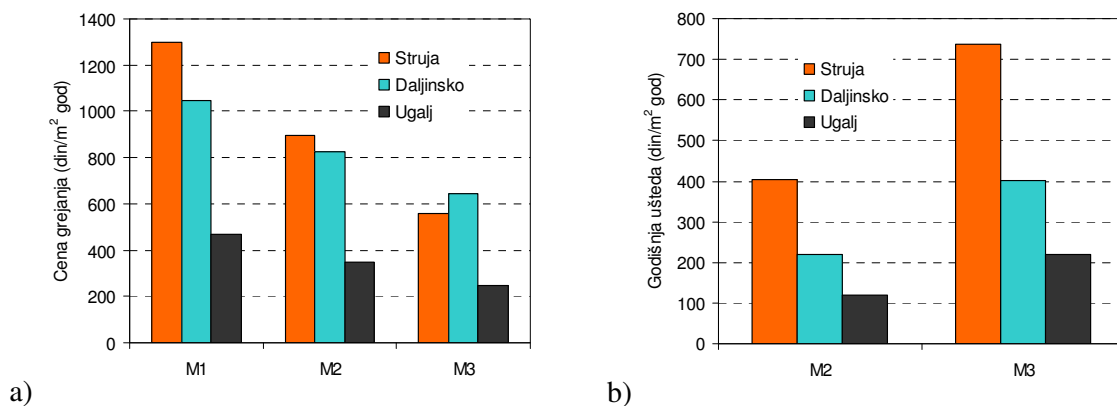
Potrošnja toplote za grejanje na godišnjem nivou po kvadratu stana:

M1. 137 kWh/m²

M2. 92 kWh/m² ušteta u toploti za grejanje od **45 kWh/m²** ili **32,8%**

M3. 55 kWh/m² ušteta u toploti za grejanje od **82 kWh/m²** ili **59,8%**

Na slici 5.20 prikazani su godišnji troškovi za grejanje zgrade, kao i uštete u novcu u fukciji vrste izvora toplote.



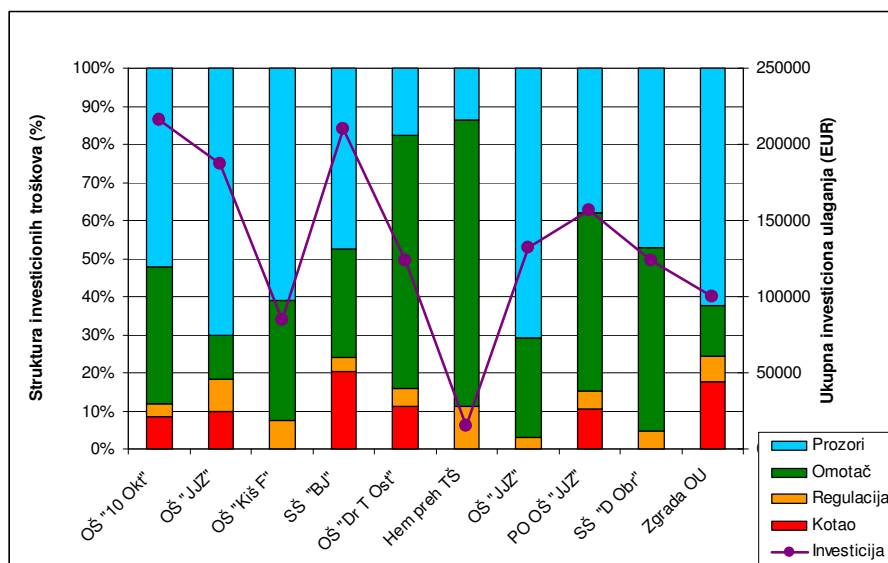
Slika 5.20 Eksploatacioni troškovi (a) i uštete u novcu (b)

5.3.5 Setovi mera unapređenja i finansijski pokazatelji

Kao primer je korišćeno deset postojećih zgrada na teritoriji opština Kanjiža, Čoka i Novi Kneževac, za koje je sprovedena analiza potrošnje energije i primena mera unapređenja energetske efikasnosti. Na osnovu postojećeg stanja zgrada koje su obuhvaćene analizom unapređenja energetske efikasnosti pristupilo se primeni sledećih mera:

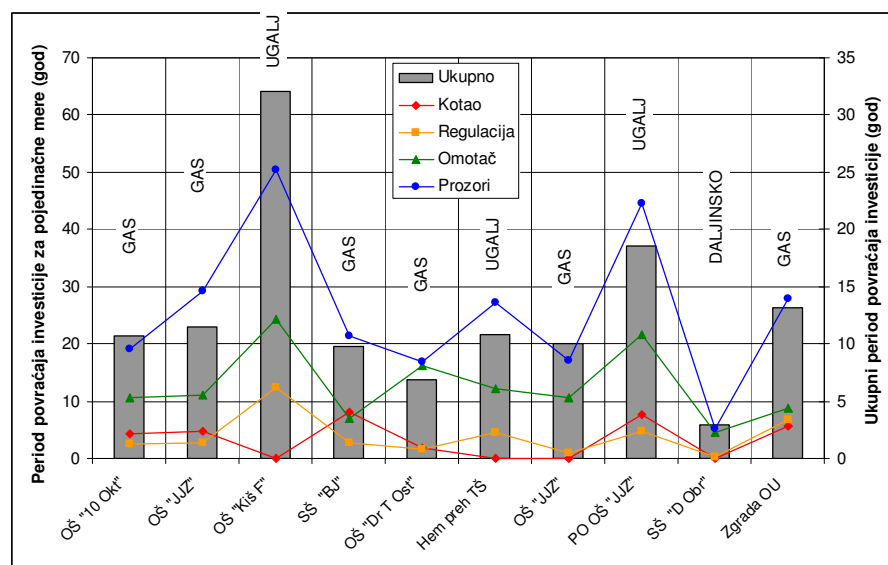
- izolacija spoljnih zidova mineralnom vunom debljine 10 mm;
- zamena prozora sa drvenim ramom novim PVC prozorima sa dvostrukim staklom ili zaptivanje postojećih prozora;
- uvođenje centralne regulacije rada sistema centralnog grejanja;
- ugradnja radijatorskih ventila sa termostatskim glavama i novih cirkulacionih pumpi kod sistema grejanja koji ne koriste čvrsto gorivo;
- zamena starih kotlova novim, bez promene energenta.

Dijagramom na slici 5.21 prikazani su ukupni investicioni troškovi primene mera unapređenja energetske efikasnosti zgrada po strukturi. Ušteta u potrebnoj toploti za grejanje koja se postiže na godišnjem nivou razlikuje se u zavisnosti od stanja zgrade i termotehničkih instalacija u njoj, koje je zatečeno pre rekonstrukcije. Većina zgrada nije imala nikakvu izolaciju spoljnih zidova i krova, dok su kotlarnice i kotlovi bili u prilično nezavidnom stanju. Zbirnom primenom navedenih mera ukupni gubici u zgradama smanjeni su za preko 30%, osim u hemisko-prehrambenoj srednjoj školi, gde su ulaganja minimalna i odnosila su se samo na izolaciju dela termičkog omotača i zaptivanje postojećih prozora. Zaptivanje prozora, umesto kompletne zamene predviđeno je i u O.Š. „Tihomir Ostojić“ u Čoki. U kotlarnicama dve škole nije predviđena zamena postojećeg kotla, dok srednja škola „Dositej Obradović“ ima toplotnu podstanicu i vezu sa daljinskim sistemom grejanja.



Slika 5.21 Struktura investicionih troškova mera unapređenja za deset postojećih zgrada

Dijagramom na slici 5.22 prikazan je period povraćaja investicije za svaku od primenjenih mera pojedinačno, kao i zbirni period povraćaja investicije za sve primenjene mere.



Slika 5.22 Period povraćaja investicionih ulaganja za pojedinačne mere i zbirni period povraćaja investicionih troškova

Kada se analizira mera unapređenja sistema grejanja, kroz zamenu postojećeg kotla i uvođenje automatske regulacije rada sistema, može se zaključiti da je ova mera izuzetno značajna sa aspekta racionalnog korišćenja energije, povećanja stepena korisnosti, sprečavanja pregrevanja prostorija, kao i njihovo grejanje u periodima kada se ne koriste, kao što su časovi tokom noći i tokom vikenda. To se jasno uočava kroz period povraćaja investicije. Ulaganje u termičku izolaciju i zamenu prozora značajno umanjuje toplotne gubitke zgrade, naročito kod zgrada čiji su spoljni zidovi izvedeni bez izolacije. Najveći uticaj na period povraćaja investicije ima vrsta energenta koji se koristi u sistemu centralnog grejanja. S obzirom da je cena uglja značajno niža od cene gasa, zgrade kod kojih se koristi ugalj kao energent imaju jako nepovoljan period povraćaja investicionih ulaganja u sanaciju termičkog omotača zgrade.

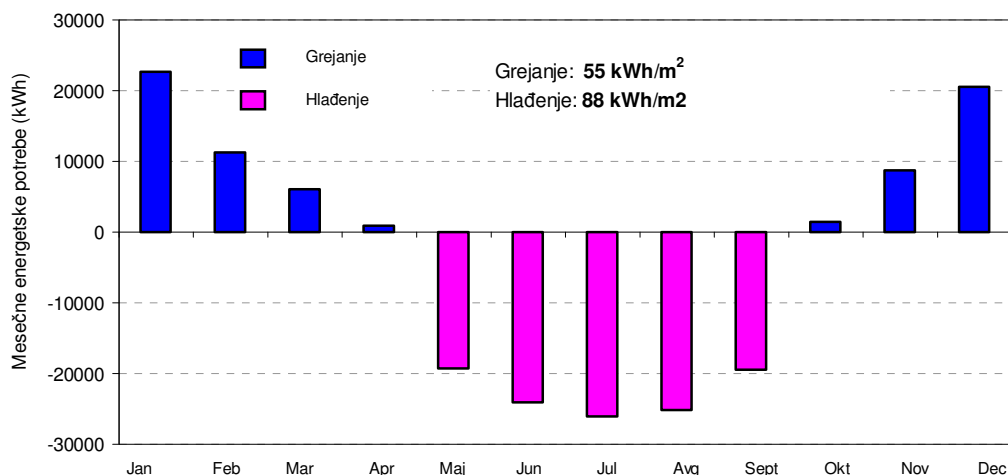
5.3.6 Uticaj izbora izvora snabdevanja energijom za novu zgradu

Zgrada koja se koristi u ovom primeru je novo projektovana zgrada u centru Beograda. U pitanju je stambeno poslovni objekat ukupne korisne površine 1300m². Termički omotač zgrade je projektovan sa dobrom termičkom zaštitom ($U = 0.37 \text{ W/m}^2\text{K}$ za spoljne zidove), i prosečnim kvalitetom prozora ($U_w = 1.8 \text{ W/m}^2\text{K}$, $a = 0.4 \text{ m}^3/\text{mhPa}^{2/3}$). Model zgrade je prikazan na slici 5.23.



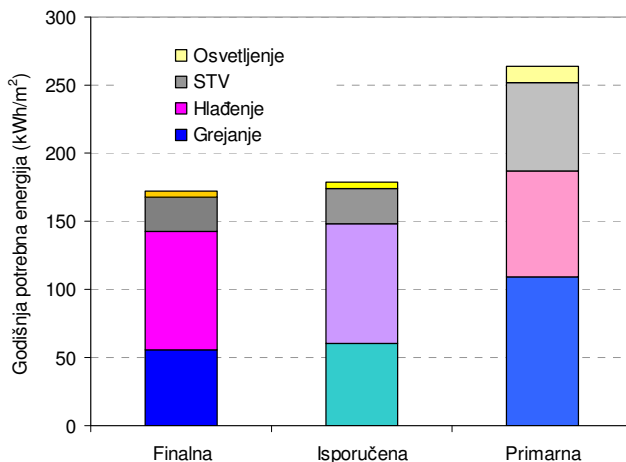
Slika 5.23 3D model zgrade u Cvijićevoj ulici u Beogradu

Na slici 5.24 prikazana je potrebna finalna energija za grejanje i hlađenje zgrade tokom godine, a na slici 5.25 struktura potrebne finalne i primarne energije - za bazni model M0.



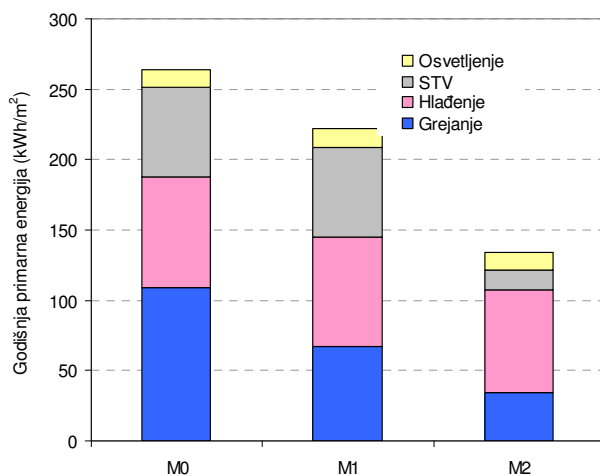
Slika 5.24 Potrebna finalna energija za grejanje i hlađenje – model M0

- **Osnovni model (M0):** Priključak na daljinsko grejanje, Lokalni klimatizeri (split-sistemi), individualna priprema STV po stanovima kotišćenjem električnih bojlera;
- **Model M1:** lokalna kotlarnica na gas, Lokalni klimatizeri (multi split sistemi) za svaki stan, individualna priprema STV po stanovima kotišćenjem električnih bojlera;
- **Model M2:** geotermalna toplotna pumpa sa tlom kao izvorom toplote, koja se koristi i u režimu hlađenja, centralni solarni sistem sa rezervoarom za pripremu STV i dodatnim električnim grejačem.



Slika 5.25 Potrebena finalna i primarna energija – model M0

Na slici 5.26 dat je prikaz potrebne primarne energije za funkcionisanje tehničkih sistema u zgradi na godišnjem nivou, u zavisnosti od različitih izvora snabdevanja energijom, uz poređenje osnovnog modela M0, sa unapređenim modelima M1 i M2.



Slika 5.26 Potrebena primarna energija za modele M0, M1 i M2