

Energetska učinkovitost u sektoru graditeljstva u Hrvatskoj – preliminarne energetske studije

**Branimir PAVKOVIĆ¹⁾, Vlasta ZANKIĆ²⁾
and Goran ČAČIĆ²⁾**

1) Tehnički fakultet Sveučilišta u Rijeci
(Faculty of Engineering University of
Rijeka),
Vukovarska 58, HR-51000 Rijeka
Republic of Croatia

2) UNDP Hrvatska - projekt Poticanje
energetske efikasnosti u Hrvatskoj (UNDP
Croatia - Energy efficiency project),
Bednjanska 14, HR-10000 Zagreb,
Republic of Croatia

branimir.pavkovic@riteh.hr

Ključne riječi

*Ekonomska opravdanost
Energetski pregled
Mjere energetske učinkovitosti
Preliminarna energetska studija
Zgrade*

Keywords

*Buildings
Carbon dioxide emission
Economic feasibility
Energy audit
Energy Efficiency Measures
Preliminary Energy Study*

Received (primljeno): 2009-01-06

Accepted (prihvaćeno): 2010-10-29

Pregledni članak

U članku je prikazana analiza rezultata odabranih energetske pregleda i preliminarne energetske studija provedenih u sklopu projekta "Poticanje energetske efikasnosti u Hrvatskoj" za građevine javne namjene. Projekt provodi projektni tim UNDP-a (United Nations Development Program). Od početka projekta do danas ukupno je izrađeno više od 1200 energetske pregleda s izvješćima i preliminarne energetske studija. Te studije obuhvaćaju tehničko vrednovanje energetske učinkovitosti komponenti postojećih energetske sustava građevina, kao što su vanjska ovojnica zgrade, sustavi grijanja, ventilacije i klimatizacije, sustavi za zagrijavanje potrošne vode, rasvjeta i ostale elektroinstalacije ili potrošači električne energije. U okviru studija provodi se vrednovanje potrošnje enegije zgrade u stvarnim uvjetima rada, definiranje opisa mjera za povećanje energetske učinkovitosti (EE mjere) uključujući izračunavanje potencijala uštede, troškova ulaganja i vremena povrata za svaku pojedinu EE mjeru, te planiranje daljnjih postupaka koji će voditi do realizacije EE mjere. Studije također sadrže definiranje potrebnih postupaka za uspostavu kontinuiranog nadzora i poboljšanja potrošnje energije i vode u ispitanim zgradama (uspostava lokalnog sustava gospodarena energijom). Grupa odabranih preliminarne energetske studija zgrada javne namjene sa složenim energetske sustavima analizirana je u cilju procjene trenutnog stanja, te definiranja najučinkovitijih mjera i njihova utjecaja na potrošnju energije i emisije CO₂.

Energy Efficiency in Building Sector in Croatia – Preliminary Energy Studies

Subject review

The paper deals with analysis of results achieved through selected energy audits and preliminary energy studies of public buildings in Croatia, performed as a part of the project "Removal of barriers for energy efficiency in Croatia". The project is being implemented by the Project Unit of the United Nations Development Program. Over 1200 energy audits and preliminary energy studies have been produced since the beginning of the project. Those studies comprise technical evaluation of energy efficiency of current building system components, such as building envelope, heating, ventilation and air-conditioning system, domestic hot water system, lighting and other electrical installation or consumers. Studies comprise evaluation of building performance, taking into consideration real operation conditions, determination of a list of measures for energy efficiency improvements (EE measures) including calculation of savings potential, investment costs and payback time for each proposed EE measure. The part of each study is also the plan of the further steps that will lead to realization of suggested EE measures, including definition of needed steps to establish continuous control and improvement of energy and water consumption locally in examined building (establishment of local Energy Management System). A group of selected preliminary energy studies for public buildings with the complex energy systems has been analyzed among all performed studies in order to estimate the current state and to define the most efficient measures and their impact on energy consumption and CO₂ emission.

1. Uvod

U procesu pristupanja Europskoj uniji i usklađivanja zakonodavstva Republike Hrvatske s europskom pravnom stečevinom, jedna od važnijih aktivnosti u području zgradarstva i energetske učinkovitosti je prijenos

Direktive 2002/91/EC (Directive on Energy Performance of Buildings) [1]. Prikaz prijenosa direktive u hrvatsko zakonodavstvo dan je u radu [2]. Institucije odgovorne za implementaciju ove direktive su Ministarstvo gospodarstva, rada i poduzetništva temeljem Zakona o učinkovitom korištenju energije u neposrednoj potrošnji

[3], te Ministarstvo zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva temeljem Zakona o prostornom uređenju i gradnji [4]. Temeljem odredbi Zakona o prostornom uređenju i gradnji doneseni su podzakonski akti koji detaljnije uređuju područje energetske učinkovitosti u graditeljstvu, a to su: Tehnički propis o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti zgrada [5-6], Tehnički propis o sustavima ventilacije, djelomične klimatizacije i klimatizacije zgrada [7], Tehnički propis o sustavima grijanja i hlađenja zgrada [8], Tehnički propis za prozore i vrata [9], Tehnički propis za dimnjake u građevinama [10], Pravilnik o uvjetima i mjerilima za osobe koje provode energetske preglede i energetske certificiranje zgrada [11-12], te Pravilnik o energetskom certificiranju zgrada [13]. Temeljem posljednja dva propisa, provodi se u Republici Hrvatskoj priprema za proces certificiranja građevina, koji je započeo 31. ožujka 2010. Među ostalim, Ministarstvo zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva je donijelo metodologiju energetske preglede [14], a s obukom se otpočelo prema dogovorenom programu u više ovlaštenih institucija. Tijekom obuke, u diskusiji s polaznicima otvoren je niz pitanja vezano na sadržaj i obim radova pri certificiranju, koja je potrebno razjasniti prije početka provedbe postupka certificiranja. Naime, postupak energetske certificiranja zgrade sastoji se od energetske preglede zgrade, vrednovanja i/ili završnog ocjenjivanja radnji energetske preglede zgrade, te izdavanja energetske certifikata zgrade. Energetske preglede zgrade provodi se u skladu s načelima iz metodologije za provođenje energetske preglede i pravilima struke, a izvješće o energetskom pregledu obvezno uključuje analizu građevinskih karakteristika zgrade u smislu toplinske zaštite, analizu energetske svojstava sustava grijanja i hlađenja, sustava klimatizacije i ventilacije, sustava za zagrijavanje potrošne vode, sustava rasvjete, elektroinstalacija, kućanskih aparata i drugih potrošača energije, analizu upravljanja svim tehničkim sustavima zgrade, potrebna mjerenja, analizu mogućnosti promjene izvora energije, analizu mogućnosti korištenja obnovljivih izvora energije i učinkovitih sustava. Izvješće treba sadržavati prijedlog ekonomski povoljnih mjera poboljšanja energetske svojstava zgrade, ostvarive uštede, procjenu investicije i period povrata. Pored toga, u izvješću se daju preporuke za optimalni zahvat i redoslijed prioriteta mjera. Izdavanje energetske certifikata pak podrazumijeva određivanje energetske razreda zgrade, izradu energetske certifikata zgrade s popisom preporuka za ekonomski povoljno poboljšanje energetske svojstava zgrade i s izračunatim razdobljem povrata investicije. Iz naprijed navedenog daje se zaključiti da prema Pravilniku o energetskom certificiranju zgrada, nije dovoljna samo izrada certifikata, već je kod svakog postupka energetske certificiranja potrebno izraditi izvješće o energetskom pregledu s obrazloženim prijedlogom mjera energetske učinkovitosti.

Iskustva s provedbom energetske preglede u Hrvatskoj već postoje, jer je Program Ujedinjenih naroda za razvoj (UNDP) s Ministarstvom gospodarstva, rada i poduzetništva u srpnju 2005. godine pokrenuo projekt "Poticanje energetske efikasnosti u Hrvatskoj". Cilj projekta je podizanje svijesti građanstva o efikasnoj potrošnji energije te poticanje primjene ekonomski isplativih, energetske efikasne (EE) tehnologija, materijala i usluga u Hrvatskoj. Projekt će se provoditi do kraja 2012. godine. Ciljne skupine su sektor domaćinstva, sektor uslužnih djelatnosti i javni sektor, gdje spadaju državne zgrade, zgrade jedinica lokalne i regionalne samouprave kao što su bolnice, starački domovi, škole i fakulteti, sportski objekti, knjižnice, muzeji, kazališta, vrtići i dr. Uz povećanje energetske učinkovitosti, te uštede novca, cilj projekta je i izravno smanjenje emisije stakleničkih plinova u okoliš. U okviru projekta provode se dva nacionalna programa. Cilj prvog programa "Dovesti svoju kuću u red" (engleski "Bringing your own house in order", skraćeno HIO) poboljšanje energetske efikasnosti u zgradama državne uprave. Program je pokrenula Vlada Republike Hrvatske, i obuhvatit će uredske zgrade državnih upravnih tijela, škole, bolnice, kazionice, policijske uprave, fakultete, muzeje i druge objekte u državnom vlasništvu. Drugi program, "Sustavno gospodarenje energijom u gradovima i županijama" u Republici Hrvatskoj (Projekt SGE) je usmjeren na zgrade u vlasništvu jedinica lokalne i regionalne samouprave. Kao glavni ciljevi ova dva programa ističu se primjena modela kontinuiranog i sustavnog gospodarenja energijom, strateškog planiranja energetike i održivog upravljanja energetskim resursima na lokalnoj i regionalnoj razini, što doprinosi smanjenju potrošnje energenata a s tim i smanjenju emisija štetnih plinova u atmosferu, čime se potiče razvoj novih djelatnosti i poduzetništva.

Pored potpore za izradu tehničke dokumentacije i stručne i tehničke pomoći, jedan od najvažnijih instrumenata provedbe projekta su i energetske preglede zgrada. Usluga energetske preglede namijenjena je pretežito uslužnom i javnom sektoru. Stručne osobe kroz pregled utvrđuju mjesta na kojima se troši ili gubi najviše energije, te predlažu moguća rješenja za poboljšanje energetske efikasnosti. Rezultat preglede je prijedlog potencijalnih projekata poboljšanja energetske efikasnosti čijom se realizacijom može smanjiti potrošnja energije te uštedjeti novac.

Od početka projekta do danas je proveden velik broj energetske preglede s rezultatima prikazanim u izvješćima čija se razina obrade povećavala s vremenom. Ta izvješća obuhvaćaju tehničko vrednovanje energetske učinkovitosti komponenti postojećih energetske sustava građevina, kao što su vanjska ovojnica zgrade, sustavi grijanja, ventilacije i klimatizacije, sustavi za zagrijavanje potrošne vode, rasvjeta i ostali potrošači električne energije i elektroinstalacije. U okviru studija provodi se

vrednovanje potrošnje građevine u stvarnim uvjetima rada, definiranje opisa mjera za povećanje energetske učinkovitosti (EE mjere) uključujući izračunavanje potencijala uštede, troškova ulaganja i vremena povrata za svaku pojedinu EE mjeru, te planiranje daljnjih postupaka koji će voditi do realizacije EE mjere.

S obzirom da prema Pravilniku o energetske certificiranju zgrada [13] energetski certifikat mora imati svaka nova zgrada, te postojeća zgrada koja se prodaje, iznajmljuje ili daje na leasing (osim izuzetih zgrada), a za postojeće i nove zgrade javne namjene (nestambene zgrade koje koriste tijela vlasti i zgrade institucija koje pružaju javne usluge, te zgrade drugih namjena koje pružaju usluge velikom broju ljudi) obavezno je javno izlaganje energetskog certifikata, može se zaključiti da se radi o velikom broju zgrada koje će biti obuhvaćene energetskim pregledima. U prilog tome govore i podaci Državnog zavoda za statistiku [15] po kojima je ukupna površina zgrada u Hrvatskoj 2009. godine bila 4.078.377 m², od čega se 2.312.954 m² odnosi na stambene, a 1.715.423 m² na nestambene. Pritom je broj stanova 17.018, a njihova površina 1.581.068 m².

Cilj ovoga rada je prezentirati i analizirati mjere obrađene u dosad napravljenim energetskim studijama, kako bi se temeljem tih iskustava moglo usmjeriti energetske preglede koji će se provoditi u sklopu energetskog certificiranja zgrada, uz poseban naglasak na postojeće zgrade kod kojih je potencijal uštede nakon takvog pregleda najveći.

Grupa odabranih preliminarnih energetskih studija zgrada javne namjene sa složenim energetskim sustavima analizirana je u cilju procjene trenutnog stanja, te definiranja najučinkovitijih mjera i njihovog utjecaja na potrošnju energije i emisije CO₂.

2. O mjerama energetske učinkovitosti

2.1. Primjena mjera energetske učinkovitosti u svijetu i Europskoj Uniji

Smatra se da će se tijekom sljedećih dvadesetak godina glavni naponi u prevladavanju energetske krize i krize okoliša biti usmjereni ka smanjenju potrošnje energije postojećih građevina [16], [17]. Europska Unija je u tome prednjačila o čemu govori i usmjerenje za strategiju sigurne opskrbe energije već u 2000. godini, iskazano kroz tzv. "Green paper" [16]. U novije vrijeme naporima su se priključile i Sjedinjene Države. Jedna od najvećih svjetskih udruga inženjera, Američka udruga inženjera grijanja, hlađenja i klimatizacije (ASHRAE), prepoznala je obnovu postojećih građevina kao vrhunski prioritet u ostvarenju energetske učinkovitosti, te poduzima potrebne korake u tom smjeru. Od ukupnih građevinskih projekata u Sjedinjenim Državama 2 % projekata se

odnosi na novu gradnju, a oko 86% na ulaganja u postojeće zgrade [18]. Ako se naponi fokusiraju samo na novogradnje, neće se lako postići ukupno smanjenje potrošnje energije, jer treba imati na umu da će 75 do 85% danas postojećih kuća biti u upotrebi i u 2030. godini. Pažnju dakle treba usmjeriti na energetske učinkovitost u postojećim građevinama [17-18]. U svim građevinama, bile one stambene ili komercijalne namjene najviše se energije troši za grijanje, hlađenje i rasvjetu. Mjere očuvanja energije u postojećim zgradama su usmjerene na smanjenje potrebnog rashladnog i ogrjevnog učinka, maksimalno korištenje visokoučinkovite rasvjete i dnevnog svjetla, primjenu visokoučinkovitih sustava grijanja, ventilacije i klimatizacije, i sustave nadzora i upravljanja potrošnjom energije. Tome treba još dodati i mjere koje će osigurati da sustavi građevine rade ispravno i onako kako su njihovi projektanti zamislili, a to su održavanje, puštanje u pogon i ugađanje parametara rada. Konačno, potrebno je razmotriti i infrastrukturu u službi opskrbe energijom postojećih građevina, gdje pažnju treba usmjeriti na kogeneraciju, korištenje obnovljivih izvora energije na mjestu potrošnje (toplinska i fotonaponska pretvorba sunčeve energije, biomasa, vjetar), te centralni energetski sustavi (daljinska grijanja i hlađenja) [17]. Smanjenje ogrjevnog i rashladnog učinka može se provesti uglavnom poboljšanjima na ovojnici građevine i smanjenjem unutrašnjih toplinskih izvora, najčešće rasvjete. Bolji rezultati mogu se ostvariti poboljšanjima toplinskih karakteristika prozora s obzirom da je zbog viših koeficijenata prolaza topline toplinski tok kroz prozore viši od toplinskog toka kroz ostale elemente ovojnice zgrade. Tu se spominje smanjenje potrošnje energije primjenom tzv. hladnog krova (ventilirani krovovi sa smanjenom apsorpcijom sunčeva zračenja), te posebno kontrola i sanacija zrakopropusnosti elemenata ovojnice [17].

Kod modernizacije sustava i opreme dobre rezultate mogu dati zamjena rashladnih uređaja novim učinkovitijim uređajima više energetske klase, primjena pogonskih motora kompresora, crpki i ventilatora s promjenjivim brojem okretaja, povrat topline otpadnog zraka u sustavima klimatizacije, povrat otpadne topline rashladnih uređaja, primjena dizalica topline [17].

Nadzorni i upravljački sustavi predstavljaju značajan potencijal kod obnove postojećih sustava, bilo to kroz zamjenu opreme ili osuvremenjivanje programske podrške. Primjenom senzora prisutnosti u prostorima može se isključivati ili reducirati grijanje u prostorima koji u određeno vrijeme nisu zauzeti. Primjena DDC regulacije omogućuje praćenje i vrednovanje podataka o građevini i primjenu optimalnih kontrolnih algoritama na dinamiku punjenja i pražnjenja toplinskih spremnika, odabir energetskog izvora i prilagodbu postavnih vrijednosti regulacijskog sustava u cilju smanjenja potrošnje energije. Automatsko prikupljanje i obrada

podataka za upravljanje sustavima, detekcija grešaka i mogućnost organizacije poslova održavanja čini ih prikladnim za definiranje i uspostavu energetske i ekonomski najpovoljnijeg načina rada sustava. Samo pravilnim ugađanjem parametara rada sustava regulacije i nadzora mogu se bez ikakvih značajnijih troškova ostvariti uštede reda veličine 15 % [17, 19].

Europske inicijative s kraja 2008. godine, sadržane u paketu mjera za poticanje korištenja energije iz obnovljivih izvora [20] i prerađenoj direktivi o energetske svojstvima zgrade [21] postavljaju sektor graditeljstva u ključnu ulogu energetske politike i politike zaštite okoliša u Europi [22]. Ove se inicijative baziraju na ranije utvrđenim ciljevima Europske Unije za razdoblje od 2007. do 2020. godine, a to su 20% smanjenje emisije stakleničkih plinova, 20% povećanje energetske učinkovitosti, povećanje udjela obnovljivih izvora energije na 20% u ukupnoj energetskej potrošnji, te 10% udio biogoriva u transportu. Direktiva o korištenju obnovljivih izvora energije [20] uključuje aktivno korištenje obnovljivih izvora energije (biomase, solarne energije, vjetera, geotermalne energije i drugih tehnologija u građevinama) u mjere koje treba uzeti u obzir pri ostvarenju naprijed navedenih ciljeva. Posebno značajno kod ove direktive je to što su dizalice topline prepoznate kao uređaji za korištenje obnovljivih izvora energije, pa će se kod izračunavanja udjela iskorištenja obnovljivih izvora energije korištenjem dizalica topline računati udio obnovljivih izvora u onom dijelu za koji se ne troše neobnovljivi izvori energije. U ovome leži velika šansa Hrvatske da značajno poveća udio korištenja obnovljivih izvora energije, obzirom da je u Hrvatskoj zbog povoljnih klimatskih uvjeta primjena dizalica topline u termotehničkim sustavima značajna. U obnovljenoj EPBD direktivi [21] zahtijeva se od zemalja članica da planiraju povećanje udjela skoro nultoenergetskih kuća (nearly zero energy house). Skoro nultoenergetska kuća znači zgradu koja ima visoku energetske učinkovitost, zahtijeva skoro ništa ili vrlo malo energije, koju dobiva iz obnovljivih izvora energije, uglavnom na mjestu potrošnje. Detaljni parametri potrebni za identifikaciju takve kuće još nisu definirani, ali na tome se trenutno intenzivno radi u okviru strukovnih organizacija inženjera grijanja i klimatizacije. Nove tehnologije u svakom slučaju omogućuju gradnju takvih kuća i u nekim zemljama članicama su naporu u tom smjeru već poduzeti.

Što se tiče energetske certificiranja, u obnovljenoj direktivi nastoji se poboljšati kvaliteta i utjecaj energetske certifikata uključujući i inspekcije koje se odnose na izdane certifikate. To se smatra dobrom politikom, jer je kvaliteta energetske certifikata nedovoljna u svim zemljama članicama i kao takvi oni ne ispunjavaju svoju ulogu poboljšanja energetske učinkovitosti u građevinama. Stoga se u obnovljenoj direktivi zahtijeva da svaki certifikat sadrži i plan poboljšanja energetske

učinkovitosti. Također se traži i da zemlje članice organiziraju neovisan proces revizije koji bi osigurao kontrolu kvalitete izdanih certifikata [22].

2.2. Mjere energetske učinkovitosti u Hrvatskoj

Provedba Članka 7 dosadašnje direktive EPBD [1], koji se odnosi na energetske certificiranje nije u zemljama Europske Unije značajno bolja nego li je to u Hrvatskoj. Može se reći da provedba energetske certificiranja u Hrvatskoj ide ukorak ili čak i ispred procesa koji se odvija u Europi. O tome govori izvješće [23], u kojem je analizirana provedba Direktive EPBD sa svih aspekata.

Mjere koje se predlažu u Pravilniku o energetske certificiranju zgrada [13] i Metodologiji provođenja energetske pregleda zgrada [15] su poboljšanje toplinskih karakteristika vanjske ovojnice primjenom toplinske izolacije, zamjena ili poboljšanje sustava grijanja, klimatizacije i pripreme tople vode, te povećanje njihove učinkovitosti, promjena izvora energije gdje je to ekonomski i ekološki isplativo, uvođenje obnovljivih izvora energije (sunčeva, geotermalna, biomasa i dr.), poboljšanje učinkovitosti sustava elektroinstalacija i kućanskih uređaja, racionalno korištenje vode i upravljanje energetikom općenito.

Mjere za poboljšanje energetske svojstava zgrade u odnosu na troškove za njihovo provođenje podijeljene su u grupe, ovisno o vremenu povrata ulaganja u njihovu provedbu, pa se kao mjere s malim troškovima i brzim povratom investicije (ulaganje do 5000 kn/100 m² i povrat ulaganja do 3 godine) navode brtvljenje prozora i vanjskih vrata, zamjena ostakljenja s dvostrukim IZO niskoemisijским ostakljenjem, provjera i popravak okova na prozorima i vratima, izoliranje niša za radijatore i kutije za rolete, toplinske izoliranje postojećeg kosog krova ili stropa prema negrijanom tavanu debljim slojem toplinske izolacije, reduciranje gubitaka topline kroz prozore ugradnjom roleta i postavljanjem zavjesa, ugradnja termostatskih ventila na radijatore, izoliranje cijevi za toplu vodu i spremnike tople vode, hidrauličko uravnoteženje sustava centralnog toplovodnog grijanja, redovito servisiranje i podešavanje sustava grijanja i hlađenja, ugradnja automatske regulacije, kontrole i nadzora energetike zgrade, ugradnja štednih žarulja u rasvjetna tijela, zamjena trošila energetske efikasnijima, uporaba štedne armature na trošilima za vodu (smart-shower sustavi, niskoprotočni vodokotliči, senzorske slavine i pisoari), kompenziranje jalove energije ugradnjom kompenzatorskih baterija, regulacija i kontrola rada sustava rasvjete (day-light) i klimatizacije (termosenzori) i odabir učinkovitijih trošila. Mjere za poboljšanje energetske svojstava zgrade uz nešto veće troškove i duži period povrata investicije (više od 3 godine i preko 5000 kn/100 m²) jesu zamjena prozora i vanjskih vrata toplinski kvalitetnijim prozorima, ugradnja

mikrorekidača na prozore koji isključuju konvektorsko grijanje i hlađenje pri otvaranju prozora, toplinsko izoliranje neizolirane zgrade ili povećanje toplinske izolacije izolirane zgrade kod cijele vanjske ovojnice zgrade, izgradnja vjetrobrana na ulazu u kuću, saniranje i obnova dimnjaka, centraliziranje sustava grijanja i pripreme potrošne tople vode, analiziranje sustava grijanja i hlađenja u kući i po potrebi zamjena energetske učinkovitijim sustavom (modernizacija postojećeg kotla, ugradnja novog kotla, promjena izvora energije), te kombinacija s obnovljivim izvorima energije (sunčeva energija, biomasa, geotermalna energija), rekuperacija otpadne topline, vode, ugradnja centralnog nadzornog i upravljačkog sustava, ugradnja sunčevog sustava za zagrijavanje vode, ugradnja fotonaponskog sustava za dobivanje električne energije.

3. Prikaz rezultata energetske pregleda provedenih u okviru projekta Poticanje energetske efikasnosti u RH

3.1. Analizirane energetske studije

U okviru projekta provedeno je više od 1200 energetske pregleda u razdoblju 2005. do 2010. godine. Energetske preglede provele su znanstvene institucije i poduzeća iz Hrvatske koji su temeljem natječaja za vrednovanje podobnosti ponuditelja raspisanih od strane UNDP-a zadovoljili zadane kriterije za provedbu pregleda i izradu izvješća, te koji su na natječajima za pojedine grupe objekata bili najpovoljniji ponuđači. Izrađena izvješća o provedenim pregledima su analizirana i pri svakom novom natječaju uvjeti izrade i razina obrade su pooštřavani u skladu s utvrđenim nedostacima prethodnih izvješća. Dok su se u početku provodili brzi pregledi jednostavnijih objekata s relativno skromnim izvješćima, pri kraju provedbe pregleda u okviru projekta su izrađivane tzv. preliminarne energetske studije s vrlo detaljnom analizom mogućih poboljšanja svojstava zgrade i njenih tehničkih sustava. Može se reći da je kroz ovakav proces dosegnut relativno visok nivo kvalitete izrađenih izvješća. Slične probleme s kvalitetom izvješća je prepoznala i Europska komisija, pa je u obnovljenoj EPBD direktivi [21] propisana obveza pojačane kontrole izdanih izvješća (i certifikata) od strane zemalja članica. Uvjeti posljednjih provedenih natječaja UNDP-a među ostalim sadrže i obvezu provedbe pregleda i izrade izvješća u skladu s Metodologijom provedbe energetske pregleda zgrade [15]. Obzirom na kompleksan proces usklađivanja izgleda i sadržaja izvješća, iskustvo projektnog tima UNDP-a i institucija koje su provodile ugovorene preglede s energetske pregledima provedenim u okviru projekta "Poticanje energetske efikasnosti u RH" moglo bi biti korisno i u provedbi energetske pregleda u okviru procesa energetske certificiranja zgrada.

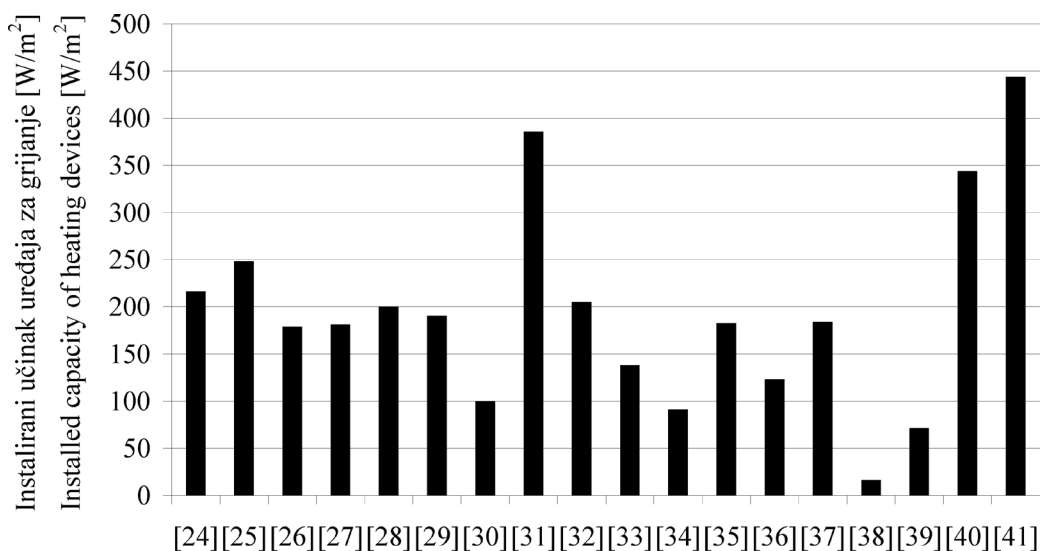
Uočeni problemi koji su tijekom procesa usklađivanja u velikoj mjeri prevladani, bili su sljedeći: neusklađenost nivoa obrade podataka, neusklađenost sadržaja izvješća, neusklađenost metodologije proračuna i zanemarivanje međuovisnosti mjera energetske učinkovitosti koje je dovelo do slučajeva da se iskazuju veće uštede nego što je to stvarno moguće.

S obzirom na sadržaj Metodologije energetske pregleda, autori su mišljenja da bi se slični problemi mogli pojaviti i kod izrade prvih izvješća vezanih na izradu energetske certifikata, te su potpuno suglasni sa zahtjevima iz obnovljene direktive EPBD da svaki certifikat treba sadržavati i plan poboljšanja energetske učinkovitosti, a obvezu neovisne i detaljne revizije izdanih certifikata smatraju uvjetom bez kojeg se neće moći osigurati bilo kakva korist od istih.

Zbog velikog obima izrađenih izvješća, te neusklađenosti sadržaja i metodologije o kojoj je već bilo riječi nije još uvijek provedena potpuna analiza efekata koji se mogu očekivati od provedbe mjera učinkovitosti prema tim izvješćima. Ovaj posao tek predstoji, a u nastavku će se dati prikaz pregleda i mjera iz izvješća o energetske pregledima za 18 institucija u javnom vlasništvu koje su u okviru natječaja za provedbu energetske pregleda proveli Tehnički fakultet u Rijeci (izvješća [24-32]), Fakultet strojarstva i brodogradnje u Zagrebu (izvješća [33-38]), UNDP (izvješće [39]), Energetski institut Hrvoje Požar (izvješća [40-41]). Ukupna površina razmatranih objekata bila je oko 161.000 m². Radi se uglavnom o zgradama ili grupama zgrada koje po odredbama pravilnika o energetske certificiranju zgrada [13] spadaju u kategoriju zgrada sa složenim termotehničkim sustavima. Na slici 1 prikazani su specifični učinci ogrjevnih sustava (kotlovnice, dizalice topline ili lokalna grijanja). Brojevi na apscisi označavaju broj studije u popisu literature na kraju rada. Uočljivo je znatno međusobno odstupanje vrijednosti specifičnih učinaka, koje se može tumačiti razinom toplinske zaštite zgrade, ali i drugim razlozima koji će se navesti u nastavku.

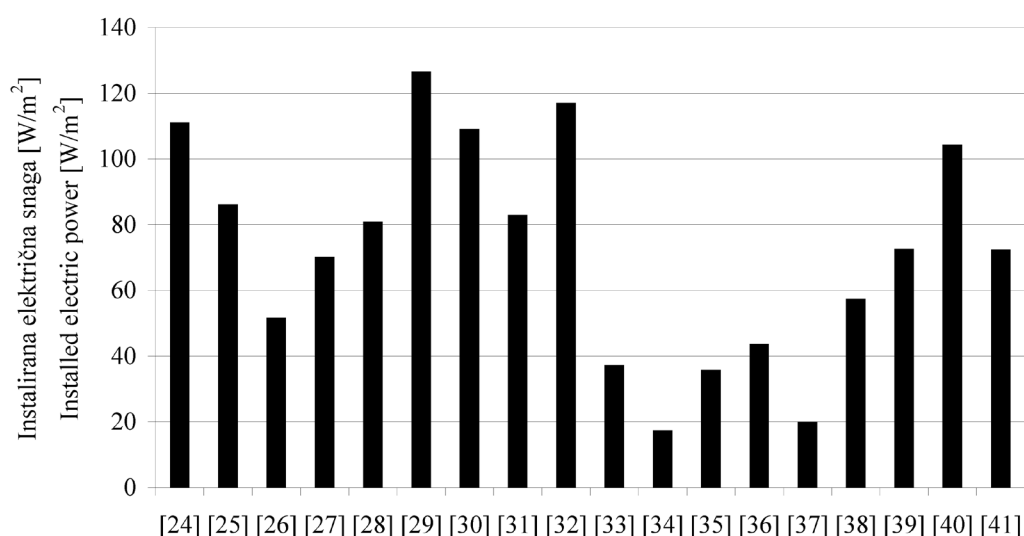
Na slici 2 prikazani su instalirani učinci električnih potrošača u objektima. Visoke specifične instalirane snage potrošača električne energije na dijelu objekata (bolnice, laboratoriji) posljedica su većeg broja laboratorijskih i terapijskih uređaja znatnih snaga s jedne, i većeg potrebnog učinka sustava hlađenja za prostore u kojima su smješteni ti uređaji s druge strane.

Klimatizacijski uređaji predstavljaju velik problem s gledišta instalirane snage i vršnih potrošnji. Mjerenjima na nekim objektima [31], [32] utvrđeni su izraziti vrhovi električne potrošnje u ljetnom razdoblju, što je posljedica porasta temperature i sve većeg broja klimatizacijskih uređaja koji se zbog toga ugrađuju.



Slika 1. Instalirani ogrjevni učinak uređaja za grijanje analiziranih građevina

Figure 1. Installed capacity of heating devices for analyzed facilities



Slika 2. Instalirani učinak električnih potrošača analiziranih građevina

Figure 2. Installed capacity of electric consumers for analyzed facilities

3.2. Tijek provedbe pregleda

Pregledi su se provodili u skladu s ugovorenom metodologijom, a najnoviji pregledi i u skladu sa službeno usvojenom metodologijom za Hrvatsku [15]. Iskustva iz dosada provedenih pregleda ukazuju da je dobro provesti pregled u više navrata. Prvi posjet objektu obično je trajao po jedan dan za svaki objekt ili grupu objekata na jednoj lokaciji i uključivala je upoznavanje i razgovor s ključnim osobama (najčešće su to voditelji tehničke službe, ali kod manjih zgrada to mogu biti upravitelji zgrada, kotlovnici, ili vlasnici). Pokazalo se korisnim u prvom razgovoru utvrditi probleme s kojima se korisnik susreće, utvrditi s kojom tehničkom dokumentacijom raspolaže, postoje li projekti za buduće obnove, izmjene ili dorade, s kojim projektnim kućama surađuje, posjeduje li sređenu dokumentaciju o troškovima (računi za

energiju i vodu). Dobro je čuti i razmišljanja o mogućim mjerama energetske učinkovitosti od osoba koje su zadužene za energetiku u većim sustavima, jer često znaju biti korisna za daljnji rad. Podaci o broju korisnika i dinamici korištenja objekata također se utvrđuju u ovoj fazi. U okviru prikupljanja osnovnih podataka o zgradi, već kod prvog pregleda dobro je provesti obilazak radi upoznavanja zgrade, pri čemu se pokazalo korisnim dokumentirati fotografijom čim više detalja o zgradi i njenim termotehničkim sustavima (prosjek broja fotografija kod prvog obilaska na navedenim objektima je bio oko 200). U prvom obilasku utvrđuje se opće stanje građevine: zidovi, prozori, pojava vlage, ulazi, pojava propuha, zaštita od sunčevog zračenja i sl. Iskustva su pokazala da je dobro izraditi termovizijske snimke objekata sa svih strana, jer se na taj način odmah uočavaju problemi s toplinskim mostovima i općenito

lošom izolacijom. Primjer na slici 3 ukazuje na takav slučaj.

Razgovori s korisnicima prostora prilikom obilaska (zadovoljstvo uvjetima temperature, održavanje opreme grijanja i klimatizacije i sl.) također su vrlo korisni.

Kod prvog pregleda objekta utvrđuje se prisutnost drugih sustava osim grijanja (ventilacija sanitarija, kuhinjska ventilacija, termoventilacija i sl.) te se prikupljaju osnovni podaci o kapacitetu ugrađene opreme kao i podaci o općem stanju instalacija. Često korisnici imaju dobre informacije o dinamici i načinu korištenja te opreme.

Pri prvom obilasku kotlovnice (toplinske podstanice ili sl.) te razvoda termotehničkih instalacija utvrđuje se vrsta, stanje i starost instalacije, tip i karakteristike opreme i u slučaju da ne postoji dokumentacija fotografira se shema koja obavezno treba biti postavljena u kotlovnici.

U slučaju da se utvrdi pregrijavanje kotlovnice, dobro je obaviti i termovizijsko snimanje radi utvrđivanja izvora gubitaka opreme i cjevovoda, koje je u tom slučaju potrebno izolirati.

Termovizijske snimke u ovako provedenom prvom pregledu nije potrebno kvantitativno obrađivati jer njihova namjena nije mjerenje već utvrđivanje mjesta povećanih gubitaka topline.

Pažnju pri prvom pregledu treba obratiti i na sustav pripreme i distribucije potrošne vode: centralna ili lokalna priprema, mjerenje potrošnje, cirkulacija, vrsta slavina i tuš baterija, ugradnja kada ili tuš kabina i sl.

Dostupnu dokumentaciju i to arhitektonsko–građevinski projekt (tlocrti, presjeci, fasade), projekt termotehničkih instalacija (grijanje, kotlovnica, proračuni toplinskog i rashladnog učinka) i projekt elektroinstalacija (razvodne ploče, rasvjeta i sl.) potrebno je u svakom slučaju dobiti na korištenje za potrebu izrade izvješća o energetsom pregledu i prijedloga EE mjera. U projektnoj dokumentaciji se može pronaći većina važnih podataka koji mogu olakšati daljnje proračune, osobito one vezane na proračun efekata EE mjera.

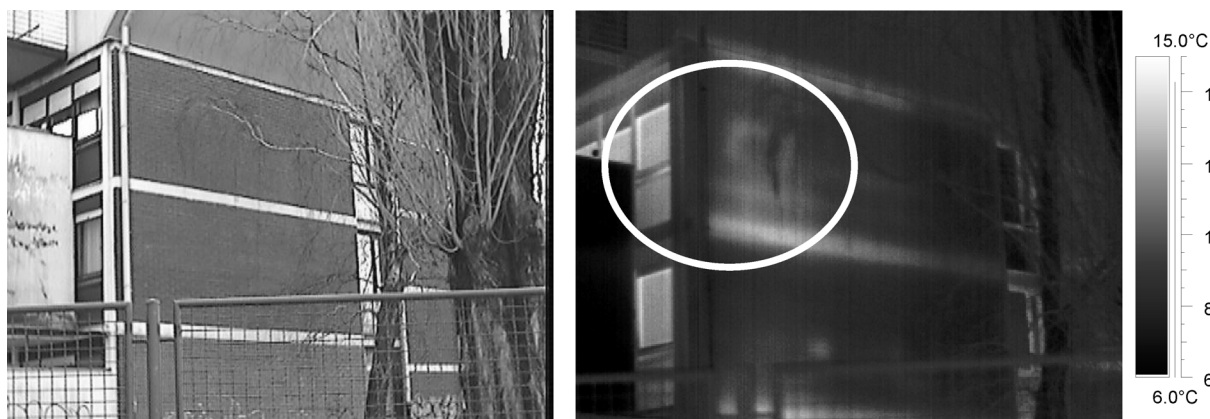
Da bi se izbjegao obiman posao snimanja objekta u slučaju da nije dostupan arhitektonsko – građevinski projekt, mogu se koristiti tlocrti na evakuacijskim planovima koji se obavezno izlažu u objektima. Ukoliko se ni oni ne mogu dobiti za potrebe izrade izvješća o energetsom pregledu, korisno ih je fotografirati već pri prvom obilasku.

Pregled dokumentacije koji slijedi je obiman posao i također zahtijeva tim stručnjaka svih tehničkih profesija.

S podacima iz prvog pregleda i iz dokumentacije već je moguće identificirati potencijalne mjere energetske učinkovitosti, kao i provesti proračune godišnje potrošnje energije.

Dobro je odmah nakon prvog pregleda i analize dokumentacije definirati mjere i provesti preliminarne proračune, kako bi se utvrdilo koji su podaci još potrebni za proračun.

Ti se podaci prikupljaju prilikom naknadnih obilazaka objekta, a preporučljivo je kako zbog manjeg opterećenja



Slika 3. Slike slabo izoliranog vanjskog zida s unutrašnjim radijatorom u vidljivom i infracrvenom spektru

Figure 3. Images of an external poor insulated wall with radiator inside in visible and infrared spectrum

U prvom pregledu može se utvrditi i opće stanje elektroinstalacija. Detaljnije se može pregledati glavna razvodna ploča, mjerni sustavi i sl., dok se stanje za razne potrošače: rasvjetu i ostalu elektro opremu obično mora utvrditi naknadnim detaljnim pregledima. Pažnju treba obratiti na mogući centralni nadzorni i upravljački sustav ukoliko isti postoji.

stručnog tima i korisnika, tako i zbog manjih troškova svesti broj naknadnih obilazaka na nužno potreban minimum.

Tim koji je provodio prvi obilazak kod provedbe energetske pregleda za izvješća [24-32], je bio sastavljen od dva do tri inženjera strojarske struke, jednog inženjera građevinske struke i jednog inženjera elektrotehničke

struke. Interdisciplinarnost i istovremeno prisustvo na objektima pokazali su se bitnima za kvalitetu rezultata.

3.3. Prikaz mjera energetske učinkovitosti

Mjere predložene u analiziranim izvješćima obuhvaćaju uvođenje sustava gospodarenja energijom, građevinske, strojarske i elektrotehničke mjere te mjere racionalnog korištenja vode.

Uspostava sustava gospodarenja energijom

Mjera uspostave sustava za gospodarenje energijom čini sastavni dio svih analiziranih izvješća. U okviru takve mjere osigurava se kontinuirano praćenje potrošnje energije u cilju ostvarenja povećane energetske učinkovitosti. Kako je već rečeno, uspostava sustava gospodarenja energijom provodi se u Hrvatskoj organizirano kroz projekt "Sustavno gospodarenje energijom u gradovima i županijama u Republici Hrvatskoj" (Projekt SGE), te je već uspostavljena elektronička baza podataka u kojoj se nalazi velik broj takvih zgrada. Unošenjem podataka u tu bazu ostvaruje se temelj za praćenje potrošnje kroz niz godina, analizu i usporedbu između zgrada slične namjene, čime će se osigurati kontrola i poboljšanje gospodarenja energijom.

Među mjerama koje su predlagane u analiziranim studijama zanimljiva je mjera obuke korisnika, pod kojom se podrazumijeva podizanje svijesti svih korisnika o nužnosti i efektima racionalnog gospodarenja energijom (nepotrebno otvaranje prozora, rada klimatizacijskih uređaja u ljetnom periodu i sl.). Iz dvije studije u kojima su efekti ove mjere kvantitativno izračunati [31] i [32] vidi se da se uz vrlo mala ulaganja u provedbu seminara za obuku osoblja mogu ostvariti uštede koje se isplate u vrlo kratkom vremenu (do 2 godine).

Građevinske EE mjere

Od građevinskih mjera najčešće su predlagane toplinska izolacija vanjskih zidova, toplinska izolacija stropova prostorija prema drugim prostorijama ili tavanu, sanacija i toplinska izolacija krovova prema vanjskom prostoru (ravni krovovi), sanacija građevinske stolarije (brtvljenje, zamjena stakala) ili potpuna zamjena prozora i stakala.

Također se na nekoliko mjesta predlaže izolacija manjih površina, uglavnom staklenih stijena iza radijatora. Kad se promatraju samo gubici topline zgrade kao njezino svojstvo, ova mjera ne utječe bitno na ukupne gubitke topline građevine, ali u stvarnosti se njome sprječava zračenje radijatora prema okolini, kao i prijelaz topline iz zone povećane temperature uz sam radijator na okolinu, a time i značajni gubici. Kod ove mjere vrijeme povrata ulaganja je kraće od 2 godine.

Jednostavno vrijeme povrata ulaganja za građevinske mjere najmanje je za slučaj toplinske izolacije stropa

prema tavanu i ne prelazi 5 godina, dok se za izolaciju vanjskih zidova vrijeme povrata kreće uglavnom ispod 10 godina. Znatno veće vrijeme povrata ostvaruje se kod zamjene prozora i vrata i prosječno iznosi oko 22 godine. Iako se ovom mjerom najučinkovitije utječe na potrošnju toplinske energije građevine i u režimu grijanja i u režimu hlađenja, investicijska su ulaganja nažalost još previsoka.

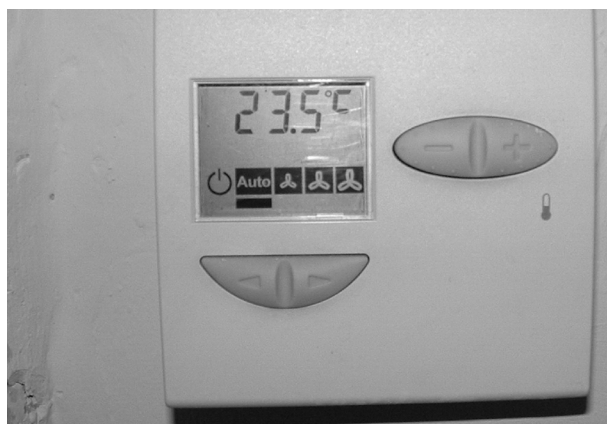
EE mjere za strojarske termotehničke instalacije

Što se tiče mjera na strojarskim termotehničkim instalacijama, često predlagana mjera je zamjena kotla. Uočeno je da su na većini instalacija grijanja kotlovi stari, da im je odavno istekao uobičajeni rok trajanja (računa se da je vrijeme trajanja kotla 15 do 20 godina rada), te da su to stariji tzv. standardni kotlovi niske učinkovitosti. Tamo gdje je korišten plin kao energent, uglavnom se predlaže zamjena takvih kotlova kondenzacijskima, loženim plinom, čime se ostvaruju uštede reda veličine 5 do 10 % od potrošnje prije primjene mjere. Problem s primjenom kondenzacijskih kotlova je s jedne strane u relativno visokoj investiciji za njihovu ugradnju, pa je na nekoliko objekata predložena njihova zamjena tek nakon što postojećim kotlovima istekne vijek trajanja, odnosno u sklopu prve buduće rekonstrukcije kotlovnice. S druge strane, primjena kondenzacijskih kotlova nije moguća na svim sustavima distribucije toplinske energije, jer kod visokotemperaturnih grijanja nije moguće iskoristiti toplinu kondenzacije vodene pare sadržane u dimnim plinovima.

U jednom slučaju predloženo je kao mjera racionalne potrošnje uvođenje sustava centralnog grijanja [38], s obzirom da se radilo o objektu s decentraliziranim sustavima grijanja. Jedna od mjera koje se pojavljuju u više izvješća je smanjenje temperature prostorija. Proračuni iz studija pokazuju da se u kontinentalnom dijelu Hrvatske, smanjenjem temperature prostorija za 1°C može smanjiti potrošnja energije za grijanje građevine za oko 7 %. Naravno, ova mjera je predlagana tamo gdje je uočeno neracionalno trošenje energije pregrijavanjem prostora, a takvih slučajeva je bilo puno, bez obzira na to da li je sustav grijanja bio reguliran ručno ili pak putem centralnog nadzornog sustava. Situacije prikazane na slici 4, gdje su korisnici ručno postavljali previsoke temperature na prostornim termostadima više su pravilo nego iznimka, a čak su utvrđene situacije da su centralni nadzorni sustavi na intervenciju korisnika ugođeni na način da omogućuju takvo neracionalno korištenje.

U većem broju instalacija starijeg datuma gradnje na radijatorima nisu ugrađeni termostatski ventili, niti ventili za balansiranje protoka kroz radijatore. Od 18 razmatranih studija to je bio slučaj na njih 10. Takve su instalacije problematične s gledišta povećane potrošnje topline, ali i trajnosti i održavanja, jer se kod bilo kakvog propuštanja mora prazniti instalacija, što uzrokuje

dotatnu koroziju i probleme s cirkulacijom. U takvim slučajevima često se kao mjera za kontrolu temperature prostora predlaže ugradnja termostatskih ventila na radijatore i balansiranje mreže. Navedenom se mjerom utječe na kontrolu temperature u prostoru. Efekti su značajni, a period povrata ulaganja ovisi o načinu kojim se provodi zamjena ventila. Prema podacima iz razmatranih izvješća vrijeme povrata ulaganja za navedenu mjeru je od 2 do 15, prosječno 7 godina. Situacije u kojima dolazi do pregrijavanja prostorija pojavljuju se i u slučaju kad se na gornje katove zgrada dograde nove etaže. U takvom slučaju postojeći radijatori na etaži iznad koje je provedena nadogradnja postaju prekapacitirani za novi slučaj korištenja, s obzirom da je njihov učinak odabran tako da zadovolje i gubitke topline kroz strop prema okolini, koji u novom stanju graniči s grijanim prostorom. U nedostatku termostatskih ventila na radijatorima, takve prostorije se pregrijavaju. Nije rijedak slučaj da korisnici takav problem rješavaju otvaranjem prozora, kako se vidi na slici 5 koja je snimljena tijekom jednog pregleda pri vanjskoj temperaturi od $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Slika 4. Ugađanje previsoke temperature na sobnom termostatu

Figure 4. High temperature setting on the room thermostat



Slika 5. Zimska kontrola temperature otvaranjem prozora

Figure 5. Winter temperature control by windows opening

Mjere za primjenu obnovljivih izvora energije

Primjena obnovljivih izvora energije, npr. sunčeve energije putem kolektora za toplinsku pretvorbu ili topline okoline putem dizalica topline je svakako poželjna.

Nažalost, proračuni provedeni u okviru analiziranih studija ukazuju na to da je odnos cijena energenata za konvencionalno zagrijavanje, te opreme za korištenje obnovljivih izvora energije još uvijek nepovoljan. Tek kada se manje površine toplovodnih kolektora koriste za niskotemperaturno grijanje potrošne vode i to na takav način da svojom površinom osiguravaju minimalno zagrijavanje potrošne vode, pri čemu se sva prikupljena energija sunčeva zračenja može iskoristiti, a za dogrijavanje se koriste konvencionalni energenti, pokazuje se da je primjena solarnih kolektora opravdana. U tom se slučaju povrat ulaganja može očekivati za oko 8 do 12 godina.

Primjena visokotemperaturnih dizalica topline s kompresijom u dva stupnja pokazala se ekonomski neopravdanom, s obzirom na visoku cijenu početnih ulaganja. Vremena povrata ulaganja iznosila su i više od 25 godina [28-29].

Zamjena energenta

U nekima od pregledanih energetske studija predlagana je zamjena energenta (lož ulje na plin). Ovakva zamjena ograničena je na slučajeve gdje za to postoje infrastrukturni preduvjeti. Određeno poboljšanje obzirom na emisije štetnih plinova, kao i određeni ekonomski efekti prisutni su u tom slučaju, ali što se tiče gospodarenja energijom ova mjera ne predstavlja stvarnu uštedu odnosno povećanje energetske učinkovitosti.

Mjere za sustave klimatizacije

Kod sustava ventilacije i klimatizacije mjere energetske učinkovitosti predlagane su uglavnom kod ventilacije kuhinja i to uvođenjem ekonapa, kod kojih se u napu dovodi svježiji vanjski zrak, kako se ne bi sva količina zraka uzimala iz prostora u koji se dovodi zagrijani zrak. Tako se dio zraka odsisanog putem ekonape (do 70 %) nadomješta vanjskim nezagrijanim zrakom. Pokazalo se da se na sustavima koji rade veći dio vremena tijekom godine troškovi ugradnje ekonapa isplate u relativno kratkom razdoblju (do 5 godina), dok u slučaju da kuhinje rade tek povremeno, ovakva mjera nije isplativa.

Zanimljivo je da niti u jednoj od analiziranih studija nije predložena ugradnja izmjenjivača za povrat topline u klima sustavima, iako su ventilacijski i klimatizacijski sustavi u svim objektima uglavnom bili bez predviđenog povrata topline. Tek na jednom objektu bili su predviđeni rotacijski regenerativni izmjenjivači topline koji su i 25 godina nakon ugradnje bili ispravni i u pogonu [32]. Razlozi da se mjera ugradnje izmjenjivača za povratno korištenje topline ne predloži bili su ili u nedostatku prostora za smještaj dodatnih izmjenjivača topline ili u tome da sustavi klimatizacije ionako nisu bili u radu (zapušteni, loše održavani, isključeni od strane korisnika). Troškovi takve zamjene nisu bili niti razmatrani.

Rashladni uređaji

Ukupno je u analiziranim objektima instalirano rashladnih uređaja učinka oko 4,8 MW. Velik dio njih su mali rashladni uređaji, tzv. "split" izvedbe, ali ima i ugrađenih centralnih rashladnih uređaja. Zamjena postojećih rashladnih uređaja starije proizvodnje novim rashladnim uređajima povećane učinkovitosti (višeg energetskeg razreda) je razmatrana u više navrata u analiziranim energetske studijama, ali se pokazala neisplativom, obzirom na to da su centralni rashladni uređaji skupi i imaju relativno dug vijek trajanja, a cijena električne energije je još uvijek relativno niska. Nabavka rashladnih uređaja visoke energetske klase (A ili B) je predlagana jedino za slučaj da je zbog isteka vijeka trajanja ionako potrebno zamijeniti rashladni uređaj.

U jednoj od studija [32] provedene su i analize moguće primjene centralnog apsorpcijskog rashladnog uređaja čiji je generator grijan vodenom parom kojom se inače zimi grije cijeli objekt. Iako se radi o toplini relativno niske cijene, pokazalo se da ulaganje u takav sustav nije opravdano zbog visokih investicijskih troškova.

EE mjere za elektro instalacije

Od mjera koje su predložene u okviru smanjenja potrošnje električne energije najčešća je modernizacija rasvjete gdje se rasvjetna tijela sa žarnom niti zamjenjuju suvremenom rasvjetnom armaturom ili se elektromagnetske predspojne naprave zamjenjuju elektroničkim, čime se značajno poboljšava faktor iskoristivosti svjetiljke. Jednostavno vrijeme povrata ulaganja za ovakve zahvate kretalo se prosječno oko 9 godina za analizirane studije.

Ugradnja ili ugađanje postojećeg uređaja za kompenzaciju jalove energije pokazalo se ekonomski vrlo opravdanom mjerom. Povrat ulaganja se ovisno o tome radi li se samo o ugađanju ili pak o ugradnji kreće od 0,5 do 5 godina.

Mjera koja se može provesti uz minimalna ulaganja je i ugađanje uredske oprema na način da nakon određenog vremena bez korištenja automatski prijeđe u tzv. stand-by ili sleep režim rada. Iako računala pojedinačno ne predstavljaju veće potrošače električne energije, zbog njihova velikog broja, predstavljaju potencijal za smanjenje potrošnje električne energije.

Jedna od mjera koja se spominje je i promjena tarifnog modela. Ovom se mjerom ne utječe na potrošnju energije, već korisnik ugovaranjem drugog tarifnog modela s elektrodistribucijskim poduzećem može u određenim slučajevima ostvariti financijske uštede. Aki se utvrdi mogućnost ovakve promjene, vrijeme povrata je trenutno, jer se ne traže posebna ulaganja za provedbu ovakve mjere.

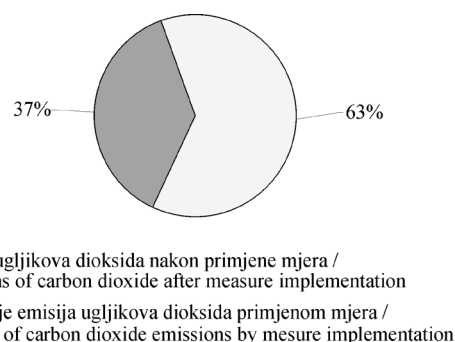
Mjere za racionalnu potrošnju vode

Mjere predložene za smanjenje potrošnje vode obuhvaćaju ugradnju štedne armature za vodu kao

što su tuševi i slavine s perlatorima, vodokotlići s dva stupnja ispiranja ili senzori na sustavima ispiranja pisoara. Vremena povrata ulaganja iskazana u studijama različitim institucija koje su ih radile variraju u ovakvim slučajevima od 1 do 7 godina, što govori o potrebi usklađivanja metodologije.

3.4. Smanjenje emisija ugljikova dioksida primjenom mjera

Smanjenje potrošnje električne i toplinske energije, te vode rezultira smanjenjem vrijednosti emisija ugljikova dioksida. Za proračune potrošnje prije i nakon primjene mjera korišteni su podaci o emisijama iz Pravilnika o energetske certifikiranju zgrada [13]. Navedene vrijednosti zanimljive su investitorima kod prijave na natječaje za dodjelu sredstava fondova namijenjenih financiranju zaštite okoliša ili energetske učinkovitosti.

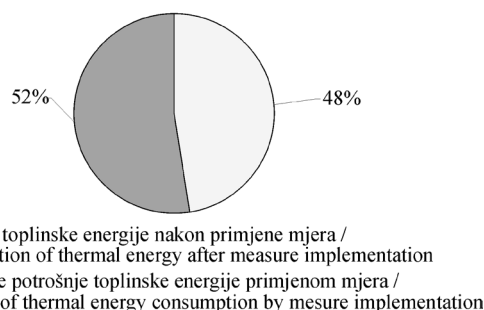


Slika 6. Smanjenje emisija i konačne emisije CO₂ nakon primjene mjera za sve razmatrane objekte

Figure 6. Decrease of emissions and final CO₂ emissions after measure application for all considered facilities

3.5. Smanjenje potrošnje energije primjenom mjera

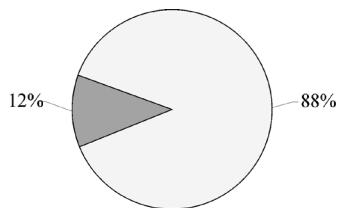
U analiziranim studijama je izračunato da se primjenom naprijed opisanih mjera mogu ostvariti smanjenja potrošnje toplinske energije u odnosu na početno stanje prikazane su na slici 6.



Slika 6. Smanjenje potrošnje i potrošnja toplinske energije nakon primjene mjera za sve razmatrane objekte

Figure 6. Decrease of thermal energy consumption and consumption after measure application for all considered facilities

Ostvarivo smanjenje potrošnje za električnu energiju i očekivana potrošnja nakon primjene mjera prikazani su na slici 7. Prikaz očekivanih efekata mjera po objektima dan je na slikama 8 i 9 za toplinsku i električnu energiju.



■ Potrošnja električne energije nakon primjene mjera / Consumption of electric energy after measure implementation
 □ Smanjenje potrošnje električne energije primjenom mjera / Decrease of consumption of electric energy by measure implementation

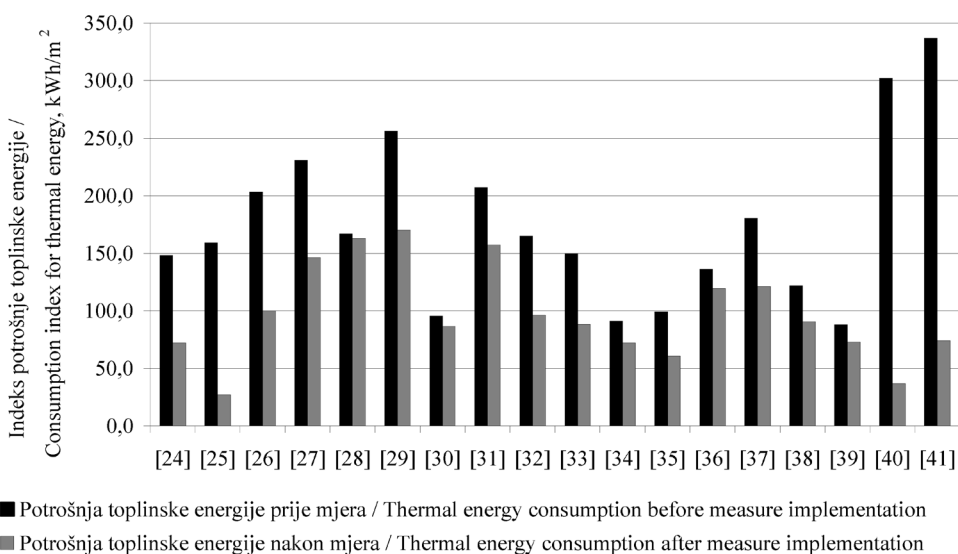
Slika 7. Smanjenje potrošnje i potrošnja električne energije nakon primjene mjera za sve razmatrane objekte

Figure 7. Decrease of electric energy consumption and consumption after measure application for all considered facilities

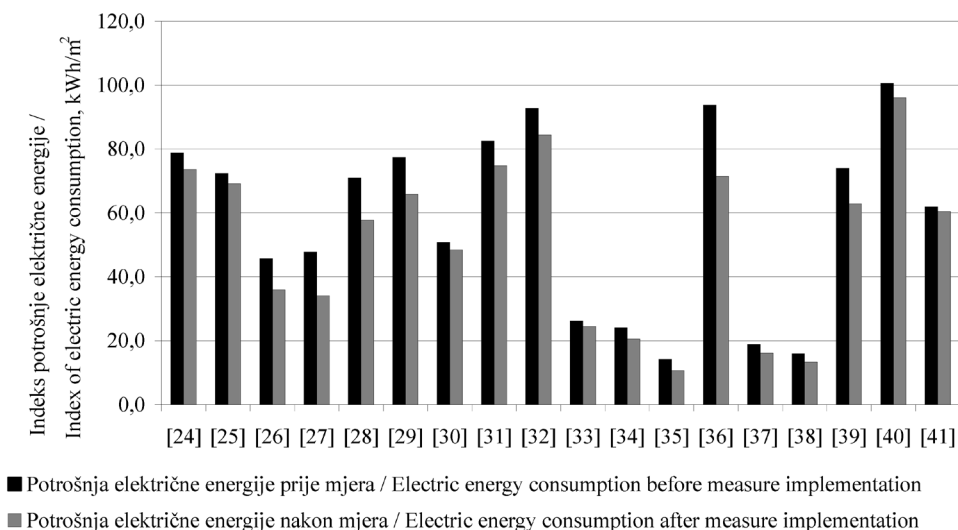
Ujednačenost kriterija za primjenu EE mjera i pristupa proračunu

S obzirom da se radilo o objektima različite namjene, starosti, stupnja toplinske izolacije, razine primjene različitih termotehničkih sustava, i razine pristupa održavanju i pogonu termotehničkih instalacija, uočeno je da sve mjere nije moguće svugdje primijeniti s podjednakim efektom. Razlike u mogućim udjelima uštede u ukupnoj potrošnji energije prije primjene mjera nisu samo posljedica navedenih razlika među objektima, već proizlaze i iz pristupa i primijenjenog obima proračuna pojedinih autora studija. Naime, u prikaz predloženih mjera moguće je uvrstiti sve u studiji razmatrane mjere ili ih je pak moguće na određeni način filtrirati i u konačnom prijedlogu ostaviti samo one za koje se utvrdi da je vrijeme povrata ulaganja u provedbu mjere prihvatljivo.

S druge strane, pri pregledu većeg broja studija s rezultatima energetskih pregleda i prijedlozima mjera, u više navrata je uočena pojava da autori ne poštuju



Slika 8. Potrošnja toplinske energije prije i nakon primjene mjera po objektima
Figure 8. Thermal energy consumption before and after implementation of measures at facilities



Slika 9. Potrošnja električne energije prije i nakon primjene mjera po objektima
Figure 9. Electric energy consumption before and after implementation of measures at facilities

međuvisnost mjera. Moguće uštede na poboljšanju termotehničkih instalacija bile su izračunavane ili ocijenjene kao udio u postojećoj potrošnji. U konačnoj analizi efekata mjera taj udio nije bio izražavan u odnosu na buduću potrošnju (nakon primjene ostalih, najčešće građevinskih mjera toplinske izolacije koje se odnose na smanjenje potrebe za toplinom građevine), već u apsolutnom iznosu kao dio potrošnje izmjerene prije primjene mjera. Grubi primjer koji slijedi može ukazati na to kako se ovakvim pristupom mogu dobiti besmisleni podaci: ako neka loše izolirana građevina troši godišnje 100.000 kWh za grijanje prostora, i ocijeni se da će se primjenom građevinskih mjera uštedjeti 50.000 kWh, a kroz bolju kontrolu temperature u prostorima cca 10%, povrat topline u sustavima klimatizacije cca 40%, pa se ukupna ušteda od 40% primijeni na potrošnju prije provedbe građevinskih mjera (tada bi ušteda bila 50.000 kWh) i odbije od konačne potrošnje zgrade nakon provedbe mjera (koja iznosi 50.000 kWh), ispada da zgrada nakon primjene mjera ne bi više trošila toplinsku energiju. Iako navedeni primjer izgleda trivijalno, slične pogreške su u studijama pronađene u više navrata, a bilo je čak i ekstremnih primjera gdje uštede nisu bile sumirane, a kad je to provedeno, utvrđeno je da su veće od prethodne potrošnje.

Projektni tim UNDP-a je zajedno s autorima studija uložio velike napore u izbjegavanje ovakvih grešaka, ujednačenje kriterija za vrednovanje i primjenu EE mjera, te ujednačenje pristupa proračunu i oblika izvješća, pa bi tako stečena iskustva bilo dobro prenijeti na osobe koje će provoditi energetske preglede. Jedna od mogućnosti je i obavezno stručno usavršavanje osoba koje provode energetske preglede i energetsko certificiranje zgrada, kroz koje će između ostalog morati doći i do međusobno ujednačenog kriterija i usklađivanja sadržaja i izgleda izvješća o energetskim pregledima.

Način i redoslijed primjene EE mjera

Bilo je slučajeva da je objekt kratko vrijeme prije energetskog pregleda obnovljen bez provedbi mjera energetske učinkovitosti. U tom slučaju predlaganje mjera je provedeno, ali uz realno očekivanje da se neće provesti u dogledno vrijeme. Izrazito ilustrativan primjer za to je usporedba rezultata studije [25] i studije [30]. Radi se o poslovnim objektima u istom gradu, čiji su termotehnički sustavi obnovljeni kratko vrijeme prije provedbe energetskog pregleda. Kod prvog je objekta [25] obnovljen samo termotehnički sustav, a da prethodno nisu poduzete mjere toplinske izolacije građevine. Iz tog je razloga specifični učinak kotlovnice $248,3 \text{ W/m}^2$ (slika 1) a potrošnja toplinske energije $159,3 \text{ kWh/m}^2$ (slika 8). Drugi objekt [30] podvrgnut je temeljitoj obnovi, što je uključilo toplinsku zaštitu zgrade i nove termotehničke instalacije, pa je kod ovog objekta specifični učinak kotlovnice 100 W/m^2 , a potrošnja toplinske energije $95,6$

kWh/m^2 . Da je obnova prvog objekta [25] provedena na način kao kod drugog [30], velik dio sredstava utrošenih za dodatnu izolaciju vratio bi se kroz smanjeno ulaganje u termotehnički sustav i kroz smanjenu potrošnju tijekom godina, koja je očigledna iz rezultata prikazanih na slici 8, gdje se vidi da je moguća ušteda toplinske energije kod objekta [25] vrlo velika. Ovakav postupak valja uvažiti kod svake obnove zgrade.

4. Zaključak

Analizom preliminarnih energetskih studija građevina sa složenim termotehničkim sustavima izrađenih u okviru projekta "Poticanje energetske efikasnosti u Hrvatskoj" uočeni su problemi koji bi se mogli pojaviti početkom provedbe energetskog certificiranja. Prvi je nedostatak usklađenost kriterija za ocjenu doprinosa pojedinih predloženih mjera, kao i nedostatak metodologije proračuna koja bi za sve takve studije trebala biti jedinstvena. Prihvaćena metodologija provođenja energetskog pregleda [14] daje vrlo korisne upute i podatke, ali ne obrađuje problematiku načina provedbe proračuna, pa će kroz kontrolu kvalitete izdanih certifikata, ali i kroz kontrolu kvalitete izrađenih energetskih studija trebati uspostaviti metodologiju proračuna i ujednačiti je na razini Hrvatske kroz proces stalnog stručnog usavršavanja osoba koje provode energetske preglede i energetsko certificiranje zgrada. Iskustva koja su i tome stečena kroz projekt "Poticanje energetske efikasnosti u Hrvatskoj" u dijelu koji se odnosi na izradu i kontrolu preliminarnih energetskih studija su dragocjena i mogla bi korisno poslužiti energetskim certifikatorima ukoliko se prezentiraju na pristupačan način. U tom cilju bi istraživanje provedeno u okviru ovog rada, koje je provedeno na manjem uzorku građevina sa složenim termotehničkim sustavima trebalo nastaviti i proširiti na veći broj izvješća izrađenih u okviru projekta, te na više kategorija građevina. Rezultati analiziranih studija ukazuju na velik potencijal uštede toplinske energije, nešto manji potencijal uštede električne energije i velik potencijal smanjenja emisija ugljikova dioksida. Iskustva ukazuju da je razinu složenosti energetskog pregleda i izvješća neophodno povećati ako se žele dobiti iskoristivi rezultati. Iz jednostavnog energetskog pregleda (tzv. "walk through energy audit") nije moguće dobiti uvid u potrebne mjere za ozbiljno povećanje energetske učinkovitosti kao što je to u slučaju provedbe detaljnog pregleda i izrade preliminarne energetske studije. U tom smjeru trebalo bi ići kod provedbe postupka certificiranja. Najveća opasnost u ostvarenju ciljeva procesa energetskog certificiranja zgrada je upravo provedba brzih pregleda s izdavanjem certifikata, uz nabranje mjera iz liste navedene u pravilnicima i metodologiji, bez detaljne računske razrade energetskih i financijskih efekata predloženih EE mjera.

LITERATURA

- [1] ...: *Directive 2002/91/EC of the European parliament and of the Council of 16 December 2002 on the Energy Performance of Buildings*, Official Journal of the European Communities, Brussels, 2003.
- [2] MARĐETKO ŠKORO, N.: *Hrvatska i EU – promjene u zakonodavstvu i implementacija europske direktive o energetske svojstvima zgrada*, Strojarstvo 51(2009) 5, 491-495.
- [3] ...: *Zakon o učinkovitom korištenju energije u neposrednoj potrošnji*, Narodne novine br. 152/08, Zagreb 2008.
- [4] ...: *Zakon o prostornom uređenju i gradnji*, Narodne novine br. 76/07, Zagreb, 2007.
- [5] ...: *Tehnički propis o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti zgrada*, Narodne novine br. 110/08, Zagreb, 2008.
- [6] ...: *Tehnički propis o izmjeni Tehničkog propisa o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti zgrada*, Narodne novine br. 89/09, Zagreb, 2009.
- [7] ...: *Tehnički propis o sustavima ventilacije, djelomične klimatizacije i klimatizacije zgrada*, Narodne novine br. 03/07, Zagreb, 2007.
- [8] ...: *Tehnički propis o sustavima grijanja i hlađenja zgrada*, Narodne novine br. 110/08, Zagreb, 2008.
- [9] ...: *Tehnički propis za prozore i vrata*, Narodne novine br. 69/06, Zagreb, 2006.
- [10] ...: *Tehnički propis za dimnjake u građevinama*, Narodne novine br. 03/07, Zagreb, 2007.
- [11] ...: *Pravilnik o uvjetima i mjerilima za osobe koje provode energetske preglede i energetske certificiranje zgrada*, Narodne novine br. 113/08, Zagreb, 2008.
- [12] ...: *Pravilnik o izmjenama i dopunama pravilnika o uvjetima i mjerilima za osobe koje provode energetske preglede i energetske certificiranje zgrada*, Narodne novine br. 89/09, Zagreb, 2009.
- [13] ...: *Pravilnik o energetske certificiranju zgrada*, Narodne novine br. 36/10, Zagreb, 2010.
- [14] ...: *Metodologija provođenja energetske pregleda zgrade*, www.mzopu.hr/doc/Metodologija_energetskih_pregleda_zgrada.pdf, Zagreb, 2009.
- [15] ...: *Statističke informacije 2010*, Republika Hrvatska – Državni zavod za statistiku, <http://www.dzs.hr>, Zagreb, 2010.
- [16] ...: *Green paper: Towards a European strategy for the security of energy supply*,] Commission of the European communities, <http://re.jrc.ec.europa.eu>, Brussels, 2000.
- [17] BAHNFLETH, W.P.: *Energy Conservation in Existing Buildings: First Priority for a Sustainable Energy Future*, International Congress AICARR Systems, Energy and Built Environment Toward a Sustainable Comfort - Proceedings, Roma, 2009.
- [18] HOLNESS, G. V. R.: *Sustaining Our Future by Rebuilding Our Past*, ASHRAE Journal, (2009) 8, 16-21
- [19] BRAMBLEY, M.R., KATIPAMULA, S.: *Commercial Building Retuning*, ASHRAE Journal, (2009) 9, 12-23
- [20] ...: *Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the Promotion of the Use of Energy From Renewable Sources and Amending and Subsequently Repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC*, Official Journal of the European Communities, Brussels, 2009.
- [21] ...: *Directive 2010/31/EU of the European parliament and of the Council of 19.May 2010 on the Energy Performance of Buildings (recast)*, Official Journal of the European Communities, Brussels, 2010.
- [22] ALLARD, F.: *Target 20/20/20: Forecasts for the Future in Buildings*, International Congress AICARR Systems, Energy and Built Environment Toward a Sustainable Comfort - Proceedings, Roma, 2009.
- [23] ...: *RICS Status Report on the Implementation of the Energy Performance of Buildings Directive (EPBD) in the EU Member States*, <http://www.rics.org/site/scripts/>, London, 2009.
- [24] PAVKOVIĆ, B. et al.: *Izveštaj o provedenom energetske pregledu objekata Zavoda za javno zdravstvo "Dr. Andrija Štampar" u Zagrebu*, Sveučilište u Rijeci - Tehnički fakultet, Rijeka, 2009.
- [25] PAVKOVIĆ, B. et al.: *Izveštaj o provedenom energetske pregledu objekta područni ured „Peščenica“ u Zagrebu*, Sveučilište u Rijeci - Tehnički fakultet, Rijeka, 2009.
- [26] PAVKOVIĆ, B. et al.: *Izveštaj o provedenom energetske pregledu objekta dom za starije i nemoćne osobe "Peščenica" u Zagrebu*, Sveučilište u Rijeci - Tehnički fakultet, Rijeka, 2009.
- [27] PAVKOVIĆ, B. et al.: *Izveštaj o provedenom energetske pregledu objekta dom za starije i nemoćne osobe "Sveta Ana" u Zagrebu*, Sveučilište u Rijeci - Tehnički fakultet, Rijeka, 2009.
- [28] PAVKOVIĆ, B. et al.: *Izveštaj o provedenom energetske pregledu objekta "Stara gradska vijećnica" u Zagrebu*, Sveučilište u Rijeci - Tehnički fakultet, Rijeka, 2009.

- [29] PAVKOVIĆ, B. et al.: *Izveštaj o provedenom energetsom pregledu objekta "Palača Dverce" u Zagrebu*, Sveučilište u Rijeci - Tehnički fakultet, Rijeka, 2009.
- [30] PAVKOVIĆ, B. et al.: *Izveštaj o provedenom energetsom pregledu objekta "Poslovni objekt Šubićeva" u Zagrebu*, Sveučilište u Rijeci - Tehnički fakultet, Rijeka, 2009.
- [31] PAVKOVIĆ, B. et al.: *Izveštaj o provedenom energetsom pregledu objekta "Klinička bolnica Merkur" u Zagrebu*, Sveučilište u Rijeci - Tehnički fakultet, Rijeka, 2010.
- [32] PAVKOVIĆ, B. et al.: *Izveštaj o provedenom energetsom pregledu objekta "Klinika za dječje bolesti Zagreb" u Zagrebu*, Sveučilište u Rijeci - Tehnički fakultet, Rijeka, 2010.
- [33] ČURKO, T. et al.: *Izveštaj o provedenom energetsom pregledu objekta "Doma zdravlja" u Ogulinu*, Sveučilište u Zagrebu - Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2009.
- [34] ČURKO, T. et al.: *Izveštaj o provedenom energetsom pregledu objekta "Športski centar" u Kutini*, Sveučilište u Zagrebu - Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2009.
- [35] ČURKO, T. et al.: *Izveštaj o provedenom energetsom pregledu objekta "Osnovna škola Zvonimira Franka" u Kutini*, Sveučilište u Zagrebu - Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2009.
- [36] ČURKO, T. et al.: *Izveštaj o provedenom energetsom pregledu objekta "Dom za starije i nemoćne osobe Sveti Antun" u Karlovcu*, Sveučilište u Zagrebu - Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2009.
- [37] ČURKO, T. et al.: *Izveštaj o provedenom energetsom pregledu objekta "Dom zdravlja" u Slunju*, Sveučilište u Zagrebu - Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2009.
- [38] ČURKO, T. et al.: *Izveštaj o provedenom energetsom pregledu objekta "Pučko otvoreno učilište i dom kulture" u Kutini*, Sveučilište u Zagrebu - Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2009.
- [39] BIŠĆAN, M., CAPEK, M., ČAČIĆ, G.: *Izveštaj o provedenom energetsom pregledu objekta "Poslovni objekt gradskog poglavarstva" u Zagrebu*, UNDP Croatia, Zagreb, 2009.
- [40] HRS BORKOVIĆ, Ž. et al.: *Izveštaj o provedenom energetsom pregledu objekta "Opća bolnica" u Karlovcu*, Energetski institut Hrvoje Požar, Zagreb, 2009.
- [41] HRS BORKOVIĆ, Ž. et al.: *Izveštaj o provedenom energetsom pregledu objekta "Opća bolnica" u Ogulinu*, Energetski institut Hrvoje Požar, Zagreb, 2009.