

Energetska učinkovitost tehnologija za pridobivanje topline

Marković, Maksim

Undergraduate thesis / Završni rad

2018

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:200:678143>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-25**

Repository / Repozitorij:

[Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek](#)



**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I
INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK**

Stručni studij

**ENERGETSKA UČINKOVITOST
TEHNOLOGIJA ZA PRIDOBIVANJE TOPLINE**

Završni rad

Student: Maksim Marković, A4045

Mentor: Zorislav Kraus

Osijek, 2018.

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. TEHNOLOGIJE ZA PRIDOBIVANJE TOPLINE	3
2.1. Povijesni razvoj	4
2.2. Toplinske crpke	5
2.2.1. Dizalica topline zrak-voda	11
2.2.2. Dizalica topline zrak-zrak	11
2.2.3. Tlo-voda - geotermalna dizalica topline	12
2.2.4. Hibridna dizalica topline	13
2.3. Plinski kondenzacijski kotao	14
2.4. Konvektori kao sustav zagrijavanja prostora	14
2.5. Sustav podnog grijanja	15
3. ENERGETSKE VRIJEDNOSTI ENERGENATA	17
3.1. Prirodni plin	18
3.2. Biomasa – ogrjevno drvo i peleti	19
3.3. Kvaliteta energenata	20
3.4. Regulative Europske unije	22
4. PRORAČUN EKONOMSKE ISPLATIVOSTI POJEDINIH ENERGENATA U ZAGRIJAVANJU STAMBENOG PROSTORA	26
4.1. Proračun potrošnje plina	27
4.2. Proračun potrošnje ogrjevnog drveta	29
4.3. Proračun potrošnje peleta	30
4.4. Financijska usporedba energenata	32
5. ZAKLJUČAK	35
LITERATURA	36
SAŽETAK	38
SUMMARY	39
ŽIVOTOPIS	40

1. UVOD

Energenti sami po sebi imaju veliku važnost kada se govori o zagrijavanju prostora koji mogu biti višenamjenski. Još od davnina fosilna goriva se dobivaju u obliku energenata poput ugljena i nafte, lož ulja itd. s kojima su ljudi grijali svoje domove. U današnje vrijeme se za zagrijavanje prostora, kao energent, najviše koristi plin, posebno u urbanim dijelovima zemalja, dok se u ruralnim područjima koristi drvo kao energent. Prema tome, energenti zauzimaju veliki prostor u današnjem životu čovjeka pa je značajno važno odabrati koji energent koristiti kao najviše prihvatljiv i optimalan za korištenje. U radu se pokazuje detaljna analiza određenih energenata, koji je zapravo najviše prihvatljiv s obzirom na svoje mogućnosti i cijenu.

U današnjem 21. stoljeću pojavio se pojam energentske učinkovitosti. Naime, ovdje se prvenstveno radi na očuvanju topline i energije koja se proizvodi. Prevelikim trošenjem fosilnih goriva dolazi se do manjka istih pri čemu zalihe nestaju. Stoga se u današnje vrijeme koriste druge vrste obnovljivih energenata, kao na primjer peleti ili biomasa. Naravno sve uz prethodnu temeljnu i vrhunsku zaštitu stambenog objekta koji se zagrijava, upravo iz razloga što dosadašnje gradnja nije izolirana pa je bilo potrebno proizvesti toplinske energije pri čemu se koristilo značajno puno energenata, a za jednaku postignutu temperaturu prostora..

Predmet završnog rada je odabir energenta za ekonomski isplativo i energetske učinkovito grijanje, energetska učinkovitost stambenog objekta s obzirom na vrstu energenta i njegovu količinu koja je potrebna da se analizirani objekt zagrije tijekom zime. U analizi se prikazuje potrebna količina pojedinog energenta za zagrijavanje prostora te financijska analiza u periodu od jedne godine, ili drugim riječima, isplativost odabira određenog energenta.

Motivacija za izradu rada je prvenstveno nova zakonska obaveza koja tvrdi da svi stambeni objekti moraju imati tzv. energetske certifikat koji izdaju registrirana poduzeća za to. Energetski certifikat time predstavlja razinu energetske očuvanosti samoga objekta s obzirom na vrstu energenta koji koristi i razinu zaštite od toplinskih gubitaka. Kako bi stambeni objekt bio što energetski učinkovitiji potrebno je izabrati adekvatan

energent, ali i dobro odrađeni strojarski dio koji obuhvaća fasadu objekta, stolariju novije izvedbe, izolaciju krova i podova te samostalnu proizvodnju struje ako je to moguće.

Struktura rada podijeljena je u poglavlja, potpoglavlja i odjeljke. Prvo poglavlje je uvodno u kojemu se općenito govori o temi rada, daje se motivacija rada i predmet rada te na kraju kratka struktura rada po poglavljima.

Drugo poglavlje je teorijsko u kojemu se daje podloga o tehnologijama za dobivanje topline. Prvenstveno se daje kratak uvid u povijesni razvoj pa potom toplinske crpke, konvektore kao sustav zagrijavanja prostora te sustav podnog grijanja. U sklopu toplinskih crpki, odnosno dizalica topline navode se mogućnosti i načini rada, kao što su dizalica topline zrak-voda, dizalica topline zrak-zrak, tlo-voda - geotermalna dizalica topline i hibridna dizalica topline. Također, daje se uvid i u plinski kondenzacijski kotao kao tehnologiju za dobivanje topline.

Treće poglavlje daje teorijski osvrt na energetske vrijednosti pojedinih energenata. Dana je analiza energetske vrijednosti pojedinih energenata, dok se na kraju poglavlja govori o novim postojećim zakonskim regulativama u Europskoj uniji vezanim za električnu energiju, način grijanja objekata te energetske učinkovitost i certificiranje.

Četvrto poglavlje prikazuje praktičan dio rada, tj. proračune količine potrebne toplinske energije za zagrijavanje stambenog prostora, ekonomsku isplativost pojedinog energenta te usporedbu emisija štetnih plinova. Navedeni proračuni izvršeni su u programu *Knauf Insulation*.

Peto poglavlje je zaključno u kojemu se daje kratak kritički osvrt na sve prethodno definirano, a odnosi se prvenstveno na isplativost korištenja pojedinog energenta s obzirom na cijenu, financije, položaj i veličinu građenja stambenog objekta. Nakon zaključka dan je popis korištene literature, potom sadržaj na hrvatskom i engleskom jeziku, prilog iz programa za analizu energetske učinkovitosti i nakraju životopis autora.

2. TEHNOLOGIJE ZA PRIDOBIVANJE TOPLINE

Problem zagrijavanja stambenih objekata može se naći gotovo svakodnevno i na svakom mjestu jer se trenutno živi u modernijem dobu kada se tehnologije razvijaju i unapređuju svakodnevno. To se naziva problemom jer je čovjek ključan čimbenik za određivanje dovoljne razine topline u samom objektu. Kako bi klima oko njega bila što ugodnija, sustav grijanja mora biti adekvatno odabran. Obično se u vrijeme zime zagrijavaju stambeni objekti kada nema dovoljno sunčevih zraka koje bi mogle imati jednaki efekt. Ovdje se postavlja pitanje koja je tehnologija najbolja za sustav grijanja stambenih prostora, pri čemu se prvenstveno misli na omjer ogrjevnice moći energenta i financijskih izdataka. Isto tako, vrlo je važno paziti na okoliš i zagađenje okoliša prilikom izgaranja određenog goriva te da je kao takvo vrlo lako prihvatljivo.

Gradnja s podizanjem standarda i kvalitete življenja pretpostavlja izgradnju kuće sukladno svim zakonima kvalitetne izgradnje koja podrazumijeva izolirane zidove, krovove, podove uz kvalitetne prozore i vrata, a nužna i je dobra orijentacija prostorija kao i organizacija samog prostora unutra zgrade. Očita nadogradnja i značajan izbor kada je riječ o postizanju „ukupnog dojma“ pasivnosti kuće je sustav grijanja kako bi se osigurali izvori topline te udobnost boravka u prostorima ali i kako bi se obratila pozornost na količinu potrošnje i potrebne financije. Kada je riječ o grijanju pasivnih kuća ono je potrebno kada su vanjske temperature u granicama od nula do $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ jer se smatra kako su hladni dani vedriji pa je dobitak od sunčeve energije dostatan. U tim kućama ostvarivo je dodatno grijanje pećima ili radijatorima ili pak korištenje loživog ulja, nafte, plin, ali kako u takvim kućama potrošnja energije za grijanje u godini prema standardu ne smije preći 15 kWh/m^2 , takvi sustavi grijanja su predimenzionirani i suvišni, te su bolji izbor suvremeniji sustavi za grijanje odnosno toplozračna grijanja, [1].

S obzirom da je tema rada bazirana samo na zagrijavanju prostora, može se reći da se u novim i prikladnim uvjetima pasivne kuće za grijanje mogu preporučiti toplinske crpke, a za grijanje sanitarne tople vode vezivanje toplinskih crpki i solarnih kolektora, koji ponekad mogu pokriti od 40 do 60 % svih potreba za sanitarnom toplom vodom, [1].

2.1. Povijesni razvoj

Istinska uporaba pare započinje na kraju 17. stoljeća iako su pokušaji za iskorištenje vodene pare postojali i prije (npr. *Heliogabalova sfera*). Od tada se para upotrebljava za proizvodnje mehaničke energije, a kotao se koristio kao aparat za proizvodnju pare. Prvobitni kotlovi bili su priprosti ispod su imali otvoreno ložište u kojemu je gorilo drvo ili ugljen. Unaprijeđenjem prvobitnih izvedbi 1812. godine napravljen je prvi cilindrični kotao (Cornwallski) te je značio velik pomak naprijed u proizvodnji pare. Ovakvi kotlovi koristili su se za proizvodnje pare za željeznicu. Moderni vatrocijevni kotlovi još su u uporabi, a nazivaju se škotskim kotlovima, [6]. Na slici 2.1 prikazano je kako izgleda cilindrični (Cornwallski) kotao u uporabi na vlaku.



Slika 2.1 Izgled cilindričnog (Cornwallskog) kotla u uporabi na vlaku, [6].

Krajem 18. stoljeća, poboljšala se izrada kotlova i tada se izrađuje vodocijevni kotao – nova vrsta koja ima zamjetniji stupanj iskoristivosti od prethodnika. Smanjila se veličina kotla, bolja je izmjena topline, i manje je vode u sustavu što ukupno daje manje izdatke. Uskoro su novi tipovi kotla široko rašireni, a naziv Babcock-Wilcox je postalo

istoznačnica za vodocijevni kotao. Usporedno razvoju kotla, razvio se sustav goriva za isti. Prvo je bilo drvo koje je zamijenio ugljen zbog veće ogrjevne moći. Zatim je ugljen zamijenjen tekućim gorivima koja se danas koriste kao osnova za parne kotlove. Poslije II. svjetskog rata došlo je do uporabe parnog kotla za sustave nuklearnih centrala u kojima se voda pretvarala u paru toplotom koju je oslobađala atomska energija, [6].

Zagrijavanje prostora stanovanje tijekom povijesti poznato je oduvijek a podno je grijanje najstariji način zagrijavanja još od doba Rima. Pripada skupini površinskih grijanja prostora gdje se ubrajaju i zidno i stropno, [5]. Na slici 2.2 prikazano je podno grijanje na Siciliji još u 1. stoljeću.



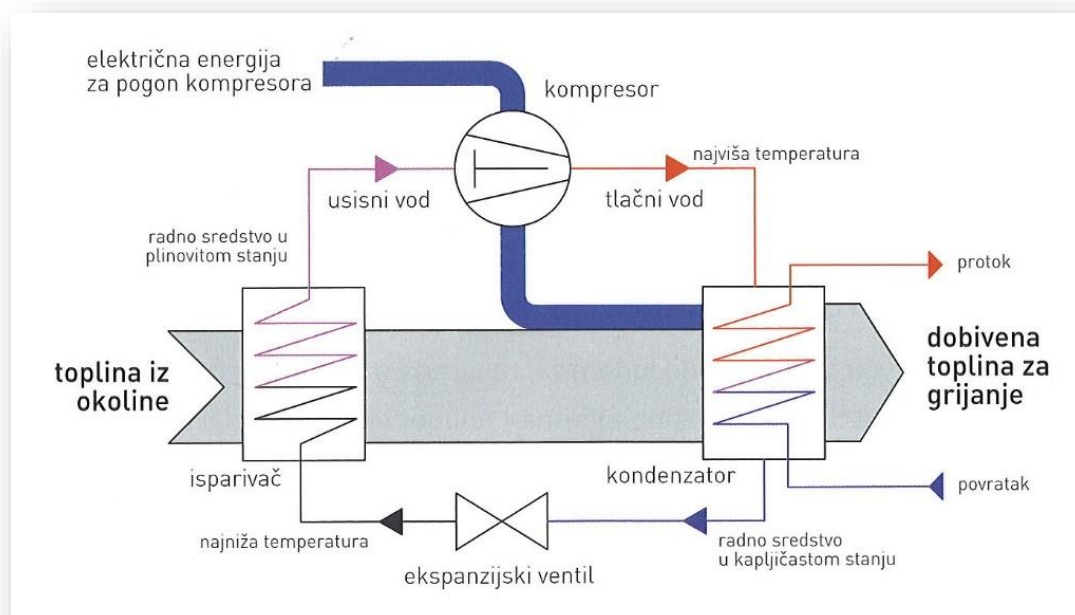
Slika 2.2 Podno grijanje na Siciliji u 1. stoljeću, [1].

2.2. Toplinske crpke

Osnova rada toplinske crpke odnosno dizalice topline jest uzimanje topline iz okoline koja se zatim podiže na viši temperaturni nivo što je moguće uz mehanički rad koji se dobiva iz kompresora pogonjenog elektromotorom. Temeljem zakona o očuvanju energije, energija se ne može izgubiti niti nestati prema tome mehanička energija odnosno mehanički rad pretvara se u toplinsku energiju koja rezultira višom temperaturnom razinom. Upotrebljava se za grijanje zgrada te dijelom za pripremanje sanitarne tople vode. Kako je baza pridobivanja topline iz okoline akumulacija energije sunca u drugačijim svojstvima (voda, zrak), kada se govori o zemlji i toplinskim izvorima

iz zemlje govori se o koristima obnovljivih toplinskih izvora što je prethodni uvjet održive gradnje. Toplinske crpke uspjeh su doživjele izgrađivanjem pasivnih kuća jer su zbog kvalitete izolacijskih svojstava kuće dostatne kao neovisan sustav zagrijavanja zraka. Istraživanja su pokazala kako crpke upotrebljavaju 35 do 50 % manje primarne energije od klasičnih sustava za grijanje, dok su emisije CO₂ i ostalih štetnih plinova smanjene 32 do 60 %, [1].

Način rada toplinske crpke ima približno jednaka svojstva kao rad hladnjaka gdje se prehrambeni proizvodi liše topline koju se usmjerava u okolinu, a koja je ishod termodinamičkog procesa. Na slici 2.3 prikazan je rad toplinske crpke.



Slika 2.3 Rad toplinske crpke, [1].

Kako bi toplinska crpka radila nužna je električna energija kojim se sliži za kretanje kompresora i ventilatora. Omjer topline koja je dobivena i električne energije koja je uložena zove se stupanj korisnosti. Vrijednost stupnja korisnosti ovisi o vrsti toplinske crpke i temperaturi u okolišu. Poželjan je što viši stupanj korisnosti pa tako kod iskorištenja topline u zraku iznosi 3,5; topline u zemlji 4,0, te topline u vodi 4,5. Nameće

se kao zaključak da se utroškom 1 kWh električne energije dobiva 3,5 – 4,5 kWh topline za grijanje. Formula za stupanj korisnosti glasi, [1]:

$$STUPANJ\ KORISNOSTI = \frac{TOPLINA\ KOJA\ JE\ DOBIVENA}{ELEKTRIČNA\ ENERGIJA\ KOJA\ JE\ ULOŽENA} \quad (2-1)$$

Dvije su vrste sustava toplinskih crpki, [1]:

- spojene jedinice (toplinska crpka i spremnik topline u jednoj jedinici),
- odvojene jedinice (odvojena crpka od spremnika topline).

U području rada toplinske crpka medij se kompresorom se potiskuje na viši tlak. Stlačeni medij u obliku pare odlazi do kondenzatora na hlađenje i kondenziranje zbog optoka vode za ogrjev koja se tom prilikom zagrijava. Tekućem mediju se kroz termoekspanzijski ventil smanjuju tlak i temperatura. Rashlađeni medij kojemu je temperatura niža od 0 °C dolazi do isparivača i tamo se grije zbog optoka podzemne vode s temperaturom 10 °C. Medij se zagrijavanjem pretvori u paru, a podzemna voda se rashlađuje.

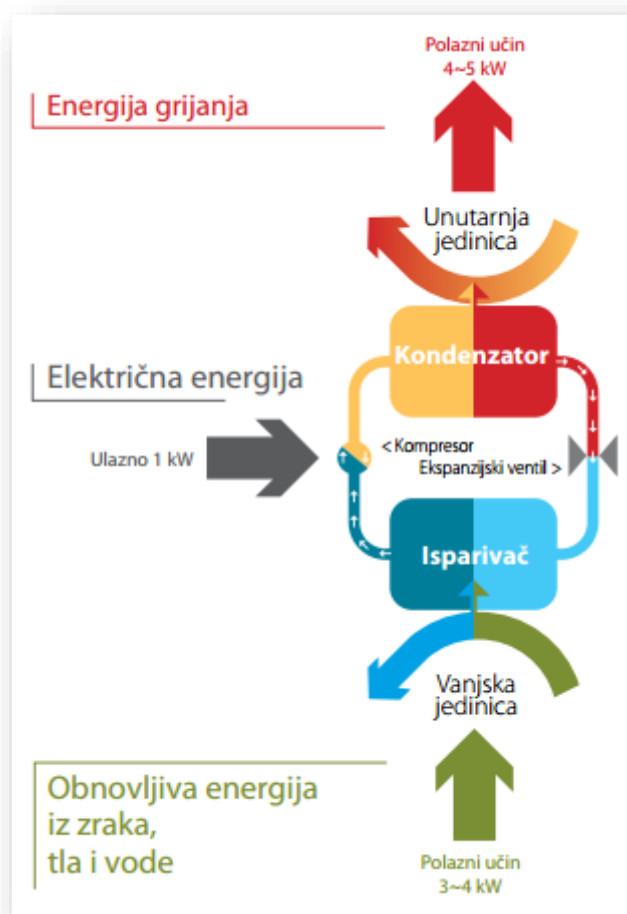
Vrijednosti EER (ocjena učinkovitosti u režimu hlađenja) i COP (ocjena učinkovitosti u režimu grijanja) usmjerene su na određenu točku. Kod indikatora SEER i SCOP definirane su nekoliko mjernih točaka koje skupa ulaze u razvrstavanje. Oznaka „S“ označava „sezonski“ pa se efikasnost ocjenjuje prema novim načinima i objektivno, a u obzir se uzima način rada uz opterećenje pod kojim aparat radi 90 % vremenskog trajanja. Područja mjerenja u područjima hlađenja su područja predviđena za vanjske temperature od 20 °C do 35 °C. Za područje hlađenja podatci o klimi za Strasbourg jednaki su za područje cijele Europe. Kako se mijenja temperatura i mjerna područja su drugačije vrednovana pa tako mjerna područja u područjima grijanja za grijanje nisu jednaki na području cijele Europe već je ostvarena podjela na tri klimatska područja, a to su toplo, srednje i hladno. Proizvoditelj može dvovalentno područje temperature odnosno najnižu temperaturu okoline gdje je ostvarena puna količina grijanja toplinskom crpkom birati između – 10 °C i + 2 °C. Kada se optereti grijanjem od 100% (=PdesignH) dobivaju se drugačije vrijednosti radi čega se SCOP vrijednosti mogu komparirati samo pod određenim uvjetima.

Uporaba topline iz zraka prikazuje najnižu razinu korisnosti. Najveća razina korisnosti ima uporaba topline podzemnih voda koja zbog ekoloških uzroka nije podobna jer loše utječe na pitku vodu i sustav u kojemu iskorištene vode ističu u podzemne bušotine ili kanalizacije, i uz to investicije su velike. Kada se govori o održivom razvoju sustav kao ovaj nije podoban. Najbolje rješenje je ono koje ima srednju razinu korisnosti, ekološki razložno, a dolazi iz dubokih slojeva zemlje, jer što je zemlja dublja to je temperatura viša. Sistema za iskorištavanje topline iz zemlje su dva i u oba sistema nisko-temperaturnu toplinu uzima toplinska pumpa, te se podiže na viši temperaturni stupanj. [1]:

- toplina zemljine površine – u kanalima dubokima 1,2 m polažu se zemni kolektori kroz koje kruži medij koji zemlja grije za nekoliko stupnjeva,
- toplina iz stijena – pohranjena je u kamenju ispod zemlje. Nužno je napraviti bušotine dovoljno duboke gdje će se staviti geosonde u kojima kruži tekućina koja kamenju oduzima toplinu ili bunar s vodom.

Dizalica topline je sustav namijenjen za prikupljanje i prijenos topline, stoga omogućuje održavanje konstantne unutarnje temperature tijekom cijele godine. Korištenjem kompresora u mogućnosti su vrlo učinkovito grijati unutrašnjost stambenog prostora ili doma. Radna tvar cirkulira u zatvorenom krugu unutar sustava za prijenos topline iz vanjskog zraka u unutrašnjost stambenog objekta i obrnuto. Isparivač omogućuje radnoj tvari da izdvoji toplinu iz vanjskog zraka promjenom iz tekućine u plin. Električni kompresor potom komprimira plin koji podiže svoju temperaturu. Kondenzator omogućuje plinu da prenese svoju toplinu u sustav za grijanje prilikom njegovog povratka u tekuće stanje. Ekspanzijski ventil snižava tlak radne tvari, što pokreće njezino isparavanje za početak novog kruga. Budući da dizalica topline izdvaja toplinu iz vanjskog zraka, čak do 4/5 proizvedene topline je besplatno. Dizalice topline koriste se za prikupljanje topline koju sadrži vanjski zrak, čak i kod hladnog vremena. Sve dizalice topline za rad trebaju električnu energiju: proizvedena toplina u potpunosti je preuzeta iz vanjskog zraka. Dizalice rade tiho i diskretno, a koriste najnovije tehnologije kojima su izdatci električne energije što niži. Zimi, radni medij cirkuliranjem u sustavu prikuplja postojeću toplinu vanjskog zraka i prenosi je u unutarnje prostore u obliku ugodne topline., [2].

Na slici 2.4 prikazan je prethodno navedeni ciklus kruženja, kako je već prethodno spomenuto, kao kod rada hladnjaka, veoma slično.



Slika 2.4 Ciklus rada dizalice topline, [2].

Toplovodno centralno grijanje je uobičajeni sustav za grijanje obrazovnih ustanova. Stariji sustavi projektirani su za temperaturu polaznog voda od 90 °C stoga dizalice topline ne mogu pokriti maksimalno toplinsko opterećenje zgrade, pošto one rade s polaznom temperaturom od samo 50 °C (ogrjevnja tijela su poddimenzionirana). Radi uštede energije danas se projektiraju nova toplovodna centralna grijanja za niže temperature u polaznom vodu sa većim ogrjevnim tijelima ili toplovodna podna grijanja koja su najpogodnija za rad sa dizalicom topline. Većim ogrjevnim površinama omogućuje se rad sustava sa nižim temperaturama polaznog voda, čime se povećava učinkovitost dizalice topline, [3, 4]. Na slici 2.5 prikazan je primjer dizalice topline spojene na sustav podnog grijanja stambenog objekta.



Slika 2.5 Dizalica topline spojena na sustav podnog grijanja, [3, 4].

Dizalice topline u velikoj mjeri udovoljavaju strogim europskim normama za mjerenje energetske učinkovitosti, poznatoj kao sezonska učinkovitost. Mjerenje sezonske učinkovitosti je dio programa Europske Unije za postizanje ekoloških ciljeva u 2020. godini. Izračunavanje sezonske učinkovitosti, poznate kao SEER (*Seasonal Energy Efficiency Ratio*), obvezno je od 2013. godine i mjeri ekološku učinkovitost sustava u situacijama koje su bliske stvarnim uvjetima. Energetska učinkovitost računala se samo za jednu vanjsku temperaturu i pri punoj cijeni troškova sustava. Uzimajući u obzir načine rada koji štede energiju, nova sezonska učinkovitost izračunata je za cijeli raspon vanjskih temperatura pri djelomičnom opterećenju. Ovakvi novi izračuni nagrađuju sustave koji učinkovito podižu energetska učinkovitost u stvarnim situacijama, [2].

2.2.1. Dizalica topline zrak-voda

Dizalice topline zrak-voda prikupljaju toplinu zraka izvana. Ovaj sustav prenosi toplinu radnim medijem, a unutrašnjosti odaje vodom. Dizalica topline zrak-voda također zadovoljava potrebe za potrošnom toplom vodom, a zimi može ugodno ugrijati prostor. Ovaj sustav nudi stabilnu temperaturu prostorije tijekom cijele godine, [2]. Na slici 2.6 prikazan je sustav rada dizalice topline zrak-voda. Ovdje se radi o mogućnostima podnoga grijanja ili hlađenja, te putem radijatora.



Slika 2.6 Shema rada dizalice topline zrak-voda, [2].

2.2.2. Dizalice topline zrak-zrak

Dizalice topline zrak-zrak također izdvaja postojeću toplinu zraka izvana i potom je istrujava kao zagrijani zrak u unutarnji prostor. Tijekom ljeta, ovaj postupak je obrnut - unutarnja toplina prostorija uklonjena je i prenesena u vanjski prostor. Ovaj sustav jamči konstantnu temperaturu tijekom cijele godine, [2]. Na slici 2.7 prikazan je sustav rada dizalice topline zrak-zrak.



Slika 2.7 Shema rada dizalice topline zrak-zrak, [2].

2.2.3. Tlo-voda - geotermalna dizalica topline

Dizalica topline tlo-voda izdvaja toplinu iz tla. Princip zemaljske ili geotermalne topline sastoji se od izdvajanja topline iz zemlje i pretvaranja u toplinu koju koristimo za grijanje kuće. Prednost geotermalne topline je u tome da izdvojena energija ne ovisi o suncu ili vjetru, te je konstantna, [2]. Na slici 2.8 prikazan je sustav rada dizalice topline tlo-voda pomoću geotermalne dizalice topline. Ovdje se radi o mogućnostima podnoga grijanja ili radijatora.

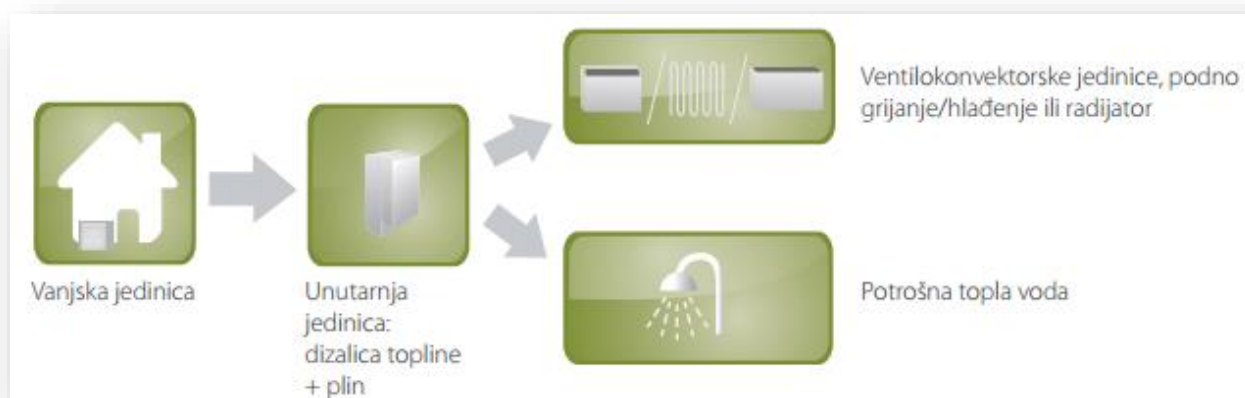


Slika 2.8 Shema rada geotermalne dizalice topline tlo-voda, [2].

Princip zemljine ili geotermalne topline sastoji se od izdvajanja topline iz zemlje i pretvaranja u toplinu koju koristimo za grijanje kuće. Prednost geotermalne topline je u tome da izdvojena energija ne ovisi o suncu ili vjetru, te je konstantna. Ovakva dizalica topline preuzima toplinu iz tla i spojena je na okomite geotermalne sonde ili vodoravne mreže za akumulaciju, pa tako može ponuditi vrhunsko rješenje grijanja za dobro izolirane kuće s niskom potrošnjom energije, [2].

2.2.4. Hibridna dizalica topline

Hibridne dizalice topline kombiniraju tehnologiju dizalica topline zrak-voda s tehnologijama kondenzacije plina traženjem optimalnih ekonomskih uvjeta za svoj rad. Na slici 2.9 prikazan je sustav rada hibridne dizalice topline. Ovdje se radi o podnom načinu grijanja ili hlađenja, te putem radijatora.



Slika 2.9 Shema rada hibridne dizalice topline, [2].

Za ovu dizalicu topline se može reći da je spoj dvije odlične tehnologije, a to su dizalica topline i plinski kondenzacijski kotao. Hibridna dizalica topline predstavlja adekvatno rješenje za zamjenu plinskog kotla. Ovisno o vanjskoj temperaturi, cijenama energije i potrebama stambenog prostora za energijom, sustav samostalno odabire korištenje dizalice topline, plinskog kotla ili oboje istovremeno, [2].

2.3. Plinski kondenzacijski kotao

Plinski kondenzacijski kotao jamči toplinu dobivenu izgaranjem plina. Za maksimalno izgaranje, toplina iz vodene pare, proizvedenih ispušnih plinova se vraća i koristi za zagrijavanje dolazne vode, što smanjuje količinu goriva koja se koristi. Na slici 2.10 prikazan je sustav rada plinskog kondenzacijskog kotla.



Slika 2.10 Shema rada plinskog kondenzacijskog kotla, [2].

Plinski kondenzacijski kotao omogućuje da grijanje vode i potrošna topla voda budu izravno zagrijavani toplim dimnim plinovima. To znači da je i za pripremu potrošne tople vode, dodatni dio toplina je vraćen kroz kondenzaciju, što dovodi do najveće moguće učinkovitosti za izgaranje.

2.4. Konvektori kao sustav zagrijavanja prostora

Konvektori su izmjenjivači topline koji se ugrađuju u podove ili u kućišta. Oni su izrađeni od cijevi koje su čelične i imaju paralelne izbočine poput rebara ili od cijevi koje su bakrene i imaju aluminijske lamele. Zbog uzgonskog efekta zrak kroz konvektor struji brže i time se javlja efikasniji prijenos topline. U odnosu na radijatore, konvektori su jeftiniji, brže se zagrijavaju, lakši su, ali ih je teže očistiti. Dakle, način zagrijavanja je isti kao kod radijatora. Osim konvektora postoje još i ventilokonvektori. Ventilokonvektori su zapravo konvektori u kojima se strujanje zraka ostvaruje prisilno s ugrađenim

ventilatorom, a osnovni mehanizam izmjene topline konvektora je konvekcija, [3, 4]. Na slici 2.11 prikazan je primjer podnog konvektora.

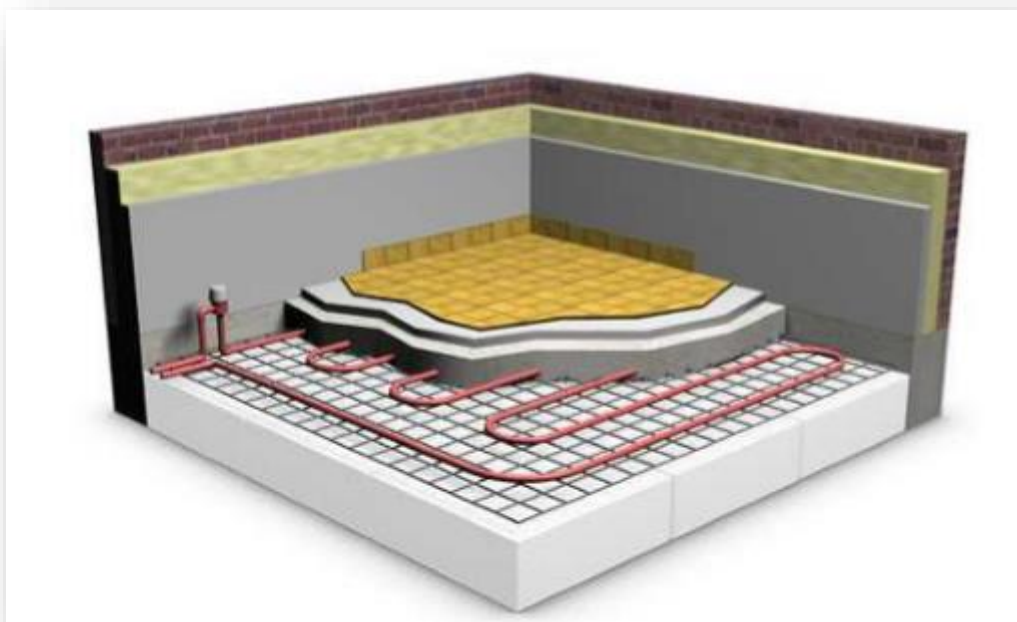


Slika 2.11 Podni konvektor.

2.5. Sustav podnog grijanja

Podno grijanje je pojam ugodnog i udobnog načina grijanja gdje ne cirkulira prašina i suhi zrak, te je zdravstveno i ekonomski prihvatljivo više od radijatorskog. Kod podnog grijanja kombinira se grijanje prostorije zračenjem i konvekcijom. Dvije trećine topline odaje se zračenjem, a jedna trećina konvekcijom. Ono se sastoji od ogrjevnih cijevi u betonu, podnoj glazuri ili šupljim prostorima poda. Podni ogrjevni sustavi dijele se na mokre i suhe sustave. Kod suhog sistema cijevi se stavljaju u ploče napravljene od pjenastog materijala te su pokrivene pločama. Ti sistemi imaju manju konstruktivnu visinu i pogodni su za naknadno izvođenje u već izgrađenim objektima. Kada se govori o mokrim sustavima, cijevi leže iznad izolacijskog sloja u podnoj glazuri. Cijevi za ogrjev učvršćene su za podlogu i postavljene direktno na toplotnu izolaciju ili ploču koja je za to predviđena. Betonska košuljica sa metalnim uloškom za bolju toplinsku vodljivost omogućuje ravnomjernu distribuciju topline [3, 4].

Prednosti podnog grijanja su niski temperaturni režimi, ne zauzimaju prostor kao npr. radijatori i mogu postići ravnomjernu distribuciju topline u prostoriji. Nedostatak podnog grijanja postavljenog u podnoj glazuri je veća inertnost ogrjevnih površina, a zbog toga je manja mogućnost regulacije. Investicijski troškovi su veći, a i naknadna promjena sustava gotovo je nemoguća. Kod podnog grijanja mora se voditi računa o preporučenim temperaturama u određenim prostorijama. One bi trebale biti ovakve: za zonu boravka 29 °C, za zonu kupaone 33 °C, za rubne zone 35 °C, [5]. Kod ovog načina grijanja, cijevi iz prostorija vode se do razvodnika i sabirnice. Nekada su se za izvođenje ovog sustava koristile cijevi od bakra, ali u današnje vrijeme više se ne koriste zbog visoke cijene. Sada su cijevi izrađene od sintetičkog materijala, [3, 4]. Na slici 2.12 prikazan je presjek sustava podnoga grijanja u stambenom objektu.



Slika 2.12 Presjek sustava podnoga grijanja, [3, 4].

Radi povoljnije temperature zraka u prostoriji mogla bi biti niža za 1 do 2 °C, a time se može uštedjeti od 6 do 12 % energije. Negativna strana je tromost sistema čime je otežana regulacija. Preporučeno je složiti podno grijanje s radijatorskim, ali taj sistem ima visoku cijenu, veću od klasičnog radijatorskog, [5].

3. ENERGETSKE VRIJEDNOSTI ENERGENATA

Ogrjevna vrijednost je toplina koja se oslobađa prilikom izgaranja određene mase ili volumena goriva odnosno količina toplinske energije oslobođene izgaranjem i mase ili volumena goriva, a ovisi o vrsti tvari. Mjerna jedinica za ogrjevnju vrijednost je kilodžul po kilogramu (kJ/kg), kilodžul po litri (kJ/l) ili kilodžul po kubnome metru (kJ/m³), [7].

Gornja ogrjevna moć ili kako se još navodi skraćenicom - GOM predstavlja energiju koja se prenosi u okolinu kao toplina, a po jedinici količine goriva. U tom slučaju volumen mora biti stalan i to vrijedi za kruta i tekuća goriva, dok se kod stalnoga tlaka govori o plinskim gorivima. Pri izgaranju oslobađa se voda. S druge strane, bruto ogrjevna vrijednost nekada poprima i naziv visoke ogrjevnje vrijednosti. Kada se govori o donjoj ogrjevnoj moći, tada je to energija koja se oslobađa po jedinici goriva uz oslobađanje vode koja se isparava u zrak. Donja ogrjevna vrijednost se još naziva i skraćenicom - DOM. S druge strane, neto ogrjevna vrijednost predstavlja nekada i nisku ogrjevnju vrijednost, [8, 9].

Toplinska energija proizvodi se na način da je goriva tvar u reakciji s kisikom pri čemu je goriva tvar lako zapaljiva, a može biti rezultat organske reakcije u prirodi. Gorivo se nalazi u većim količinama u prirodi, a može ga se transportirati ili pohranjivati. Gorivo može biti kruto, tekuće ili plinovito, [8].

Gorivo u svojem izvornom obliku prije nego se podvrgne zapaljivosti i izgaranju posjeduje energiju, a kada gorivo izgara daje različitu vrijednost energije ili pak drugačiji oblik energije. Ta energija se koristi bilo za grijanje ili pripremu tople vode. Mjerne jedinice za toplinsku energiju koriste se prema međunarodnom SI sustavu, a mogu biti džul (J) i vat sat (Wh), [9]. Od krutih goriva najvažniji je ugljen, a njegova svojstva važna su pri određivanju prikladnosti ugljena za određenu primjenu. Druga kruta goriva prikazana su u tablici 3.1, [8]:

Tablica 3.1. Ogrjevna moć pojedinih krutih goriva.

Vrsta goriva	Ogrjevna moć
Tvrdo drvo	20 MJ/kg
Sušeno drvo	21 MJ/kg
Treset	6,3-8,4 MJ/kg
Drveni ugljen	23,7 MJ/kg

3.1. Prirodni plin

Prirodni plin se još naziva i zemni plin, a nastao je kao nusprodukt fosilnih ostataka i u sebi sadrži različite vrste plinova. Plin kao takav ima svojstvo da je bez mirisa i okusa, vrlo lagano se pali i eksplozivan je. Uobičajeni sastav prirodnog plina u Republici Hrvatskoj, a koji poduzeće HEP-Plin prodaje stanovništvu je sljedeći može se vidjeti u tablici 3.2.

Tablica 3-1 Sastav prirodnog plina isporuke HEP-Plin, [11].

Plin	Oznaka	Vrijednost po količini [% volumena]
Metan	CH ₄	92,00 - 99,00
Etan	C ₂ H ₆	0,05 - 2,60
Dušik	N ₂	0,40 - 2,90
Ugljik dioksid	CO ₂	0,05 - 0,09
Viši ugljikovodici	C _m H _n	0,10 - 0,40

Specifičnosti prirodnog ili zemnog plina, odnosno karakteristike vezane za njegovu ogrjevnu vrijednost prikazane su u tablici 3.3. U tablici su vidljive donja i gornja ogrjevna vrijednost na temperaturi od 25 °C, i pritisku 1013,25 mbar, gustoća i relativna gustoća, Wobbe¹ broj te teoretska količina zraka za izgaranje.

¹ Pokazatelj unutarnje promjene plinskih goriva i definiraju ga ustanove koje isporučuju plin.

Tablica 3-2 Karakteristike prirodnog plina isporuke HEP-Plin, [11].

Karakteristika	Oznaka	Volumen	Vrijednost
Gornja ogrjevnost vrijednost pri 25 °C i 1013,25 mPa	H _g	kJ/m^3 kWh/m^3	40,152 11,153
Donja ogrjevnost vrijednost pri 25 °C i 1013,25 mPa	H _d	kJ/m^3 kWh/m^3	36,218 10,061
Gustoća pri 0 °C i 1013,25 mPa	ρ	kg/m^3	0,753
Relativna gustoća	d _v	-	0,590
Wobbe broj	W _g	kJ/m^3 kWh/m^3	52,273 14,520
Teoretska količina zraka za izgaranje	V _{Zmin}	m^3/m^3	9,592

Ako se usporede prethodno navedene donje ogrjevnost vrijednosti prirodnog plina definirane u teoriji i podatci iz tablice 3.3 onda je razvidno da HEP-Plin poduzeće isporučuje kvalitetni prirodni plin, koji je nešto veće donje ogrjevnost vrijednosti.

3.2. Ogrjevno drvo i peleti

Ogrjevno drvo koje se može kupiti za ogrjev većinom je iz reda listopadnih drveća (bukva, grab i jasen) dok se hrast koristi u manje slučajeva jer daje veliku ogrjevnost vrijednost kratkoga trajanja. U svakom drvetu ima određen postotak vode, pa je u ovisnosti o vrsti drveta važno njegovo svojstvo upijanja vlage. Svako drvo u sebi ima određene sastojke, a oni su u osnovi sljedeći: C 43 – 50 %, H 5 – 8 %, O 35 – 45 %, N 0,5 – 1 %, [11].

DOM za potpuno suho drvo iznosi 20 kJ/kg ili 5,55 kWh/kg dok se za prosječno vlažno drvo može reći da je DOM nešto niži i iznosi 15.8 kJ/kg ili 4,4 kWh/kg. Za drvo kao kruto gorivo za ogrjev svake godine varira cijena jer se na tržištu nalazi niz ponuđača koji sami formiraju cijenu. U sadašnje vrijeme drvo za ogrjev, ali u ovisnosti o vrsti drveta, prodaje se prema prostornom metru, dok u prosjeku gledajući sve cijene se može reći

da je to 300 kn/m^3 . Može se reći kako 1 m^3 drva im prosječnu masu približno 500 kg i da njegova ogrjevna moć doseže do 1.7 kWh , [11].

U drvnim industrijama svakodnevno se proizvodi puno otpada od drva, stoga se unazad nekoliko godina počelo iskorištavati takav otpad za ogrjev kao i puno drvo. S time su se pojavili peleti koji imaju cilindrični oblik i veličinom su slični malim čavlima. Također, prije njihove proizvodnje drvo je dodatno sušeno pa se u njima nalazi vrlo mala količina vlage. Parni kotlovi se u današnje vrijeme potpaljuju s peletima, a i niz javnih ustanova prelazi na takav način vlastitog grijanja prostora. S obzirom da je svaki takav sustav potpuno automatiziran, peleti se automatski doziraju u ložište, a skladište se u velikim spremnicima koji su s ložištem povezani cijevima. Kada se u spremnicima pojavi mala količina peleta, vrlo jednostavan je način dopunjavanja, gdje veliki kamioni u gornji dio spremnika usipavaju nove količine peleta, [11]. Na slici 3.1 prikazani su peleti.



Slika 3.1 Peleti za ogrjev, [11].

Ako se usporedi ogrjevna vrijednost 1 m^3 drveta za ogrjev i ista količina peleta, može se reći da peleti imaju tri puta veću ogrjevnju vrijednost, ali su i cjenovno dva puta skuplji.

3.3. Kvaliteta energenata

Kvaliteta energenata mora biti na visokoj razini, jer u protivnom kupci ili potrošači istih neće biti zadovoljni pri čemu se oni odlučuju za druge opcije, dobavljače. Javlja se

mnogo polemika, posebice unutar Republike Hrvatske, da je kvaliteta (ogrjevnna moć) plina loša i nezadovoljavajuća jer je potrebno uložiti velike količine plina, a dobije se nedovoljno zagrijani prostor. Tu postoji zakonski okvir unutar države koji definira kakvoću plina no postavlja se pitanje je li zaista na definiranoj i postavljenoj razini isporučeni plin. S druge strane, kruta goriva također moraju biti kvalitetna, što npr. kod drveta postavlja ograničenu vrijednost vlage u njemu. Zakon o energiji (NN 120/12) i Opći uvjeti za opskrbu prirodnim plinom (NN br. 158/13) propisuju standardnu kvalitetu prirodnog plina, pa se prema tome u dolje navedenoj tablici, 3.4, mogu vidjeti zakonski propisani uvjeti za opskrbu, [12].

Tablica 3-3 Zakonska regulativa i propisani parametri standardne kvalitete plina, [12, 13].

Kemijski sastav, mol %:		
Metan (CH ₄)	najmanje	85 %
Etan (C ₂ H ₆)	najviše	7 %
Propan (C ₃ H ₈) i viši ugljikovodici	najviše	6 %
Dušik (N ₂)	najviše	3 %
Ugljični dioksid (CO ₂)	najviše	2,5 %
Kisik (O ₂)	najviše	0,001 %
Sadržaj sumpora, mg/m³:		
Sumpor ukupni (S)	najviše	30 mg/m ³
Sumporovodik i karbonil sulfid ukupno (H ₂ S+COS)	najviše	5 mg/m ³
Merkaptani (RSH)	najviše	6 mg/m ³
GOM H_g, kWh/m³		
	najviše	10,28 kWh/m ³
	najviše	12,75 kWh/m ³
DOM Hd, kWh/m³		
	najmanje	9,25 kWh/m ³
	najviše	11,47 kWh/m ³
Gornji Wobbe – indeks W_g, kWh/m³		
	najmanje	12,75 kWh/m ³
	najviše	15,81 kWh/m ³
Donji Wobbe – indeks W_d, kWh/m³		
	najmanje	11,48 kWh/m ³
	najviše	14,23 kWh/m ³
Relativna gustoća d		
	najmanje	0,56 kWh/m ³
	najviše	0,70 kWh/m ³
H. Točka rosišta, °C pri tlaku od 70 bar		
vode	najmanje	11,48 kWh/m ³
ugljikovodika	najviše	14,23 kWh/m ³

3.4. Regulative Europske unije

Energetska učinkovitost podrazumijeva maksimalnu uštedu topline i rasvjete unutar nekoga objekta što znači da će se trošiti što manja količina energije. Uz to, energetska učinkovitost se potiče primjenom energetski isplativih i učinkovitih tehnologija, materijala i usluga. Također, poticaji su omogućeni i u slučaju smanjenja razine efekta staklenika koji, kako mnogi znanstvenici kažu, uvelike doprinose povećanju topline u zraku i zagrijavanju tla. Također važno je i osviještenje stanovništva o uštedama koje ne narušavaju uvjete življenja. Energetska učinkovitost je kao područje prepoznata u Europskoj uniji, a vrlo važna odluka u uniji, u području energetske učinkovitosti u zgradama, je Direktiva 2002/91/EC koja definira energetske karakteristike u zgradama, a kojom se nameće obavezna štednja energije. Slijedom niza direktiva donesenih za područje energetske učinkovitosti osnovan je i sektor za regulaciju u RH koji ima zadatak voditi brigu o raznim pregledima u istom području te izdavati certifikate za objekte. Zakon o gradnji N.N., br. 153/13. definira na koji način se provode pregledi i na koji način se izdaju certifikati, [14].

Direktiva o energetske učinkovitosti (2012/27/EU) daje obvezu svim državama da postave ciljeve vezane za energetske učinkovitost unutar svoje države i to s planom do 2020 godine. Istim dokumentom obuhvaćeni su i dostavljači, prodavači energenata kao i kupci istih. Svaka država koja je član Europske unije može donijeti i strože uvjete unutar svoje države, a sve to kako bi učinkovitost bila veća i značajnija. Neke od propozicija Direktive su, [15]:

- počevši od 2014. godine godišnje renoviranje 3% svih površina koje su zgrade, a kojima su vlasnici središnje vlasti, te kupnja zgrada, proizvoda i usluga koje su definirane i karakterizirane značajni razredima uštede
- pokretanje dugoročnih nacionalnih strategija kako bi se više promicalo obnavljanje svih vrsta objekata; izrada publikacija na razini svake države kako bi se utvrdili zadatci u smislu uštede energije
- procjena mogućnosti primjene učinkovitog područnog grijanja i hlađenja
- obavezno provođenje energetske provjera za velika poduzeća

- uvođenje pametnih sustava kao i davanje relevantnih podataka o izdatcima za energiju za poboljšanje položaja potrošača.

Institucije koje su odgovorne za primjenu Direktive su Ministarstvo gospodarstva, poduzetništva i rada te Ministarstvo zaštite okoliša i energetike temeljem Zakona o učinkovitom korištenju energije u neposrednoj potrošnji i Zakona o prostornom uređenju i gradnji. Prema odredbama Zakona o prostornom uređenju i gradnji donesena je nekolicina podzakonskih akata koji detaljno uređuju područje energetske učinkovitosti u graditeljstvu. U Republici Hrvatskoj je temeljem Pravilnika o uvjetima i mjerilima za osobe koje provode energetske preglede i energetske certificiranje zgrada i Pravilnika o energetskom certificiranju zgrada 2010. godine započeo proces certificiranja građevina, [16].

EU sve veću važnost daje sprječavanju energetske gubitaka i smanjenju potrošnje energije. Godine 2007. su čelnici EU postavili zadatak da moraju smanjiti ukupnu potrošenu energiju do 2020. godine i to za 20 %. Sve moguće poduzete radnje za uštedu vrijede kao argumenti za učinkovitu prodaju energije, a time i smanjenje efekta staklenika te značajno sigurniju opskrbu energijom, ali i opadanje izdataka uvoznih energenata. Time je ispunjen uvjet za bilo kakvu promidžbu države i podizanje razine konkurentnosti europskih gospodarstava, [15].

Nakon pristupanja EU, kada su doneseni novi zakoni i izvedbeni propisi u kojima su primijenjeni članci direktive EU i osnutkom sektora koji nije ovisan, a vršiti će regulaciju Republika Hrvatska ima vrlo dobar put u neovisnom poslovanju u sektoru energetike. Osnivački međunarodni dokumenti energetiku i potrošnju energije navode kao probleme koji se javljaju unutar pojedine zemlje, kao veliko manipuliranje na tržištu i kao potrebu da se okolina zaštiti. Ugovor iz Lisabona iz 2007. godine o EU ima odjeljak o energetici i čl. 194. kojim se pod zadacima u okviru energetike ispituje zaštita i vjerojatnost prodaje energije u danom trenutku, način rada na tržištu energenata, ušteda energije pa i novije vrste obnovljivih izvora energije i kohezija između elektroenergetskih mreža, [17].

Donošenje „energetskih zakona“ 2001. godine, koji su bili pokušaji poboljšanja odijela energetike znatno se izmijenio pravni način poslovanja odijela elektroenergetike unutar RH. Usvajanjem pet novih zakona od strane Hrvatskog sabora (Zakon o energiji, Zakon

o regulaciji energetske usluge, Zakon o tržištu električne energije, Zakon o tržištu plina te Zakon o tržištu nafte i naftnih derivata) stvoreni su pogledi da se unutar RH omogućiti neovisno elektroenergetsko područje te da se sve usluge obavljaju na većoj razini kvalitete. Velike promjene kada su u pitanju uvjeti obavljanja djelatnosti u energetske sektoru donijela je uspostava sustava regulacije koju provodi Hrvatska energetska regulatorna agencija – HERA – koja je neovisni regulatorni dio energetske sektora, [17].

Ministarstvo zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva donijelo je 2007. godine Tehnički propis o racionalnoj uporabi energije i toplinske zaštiti u zgradama. U tom dokumentu postavljeni su zadatci tehničke prirode, uštede energije i toplinske zaštite koje se mora poštovati kada je izrađuje projekt i projektna dokumentacija za nove objekte, te za već izgrađene objekte kojima je temperatura grijanja veća od 12 °C, tehnički zahtjevi glede racionalne uporabe energije i toplinske zaštite koje treba ispuniti prilikom projektiranja rekonstrukcije postojećih zgrada koje se griju na unutarnju temperaturu višu od 12 °C. Također, postavljeni su i zadatci tehničkih svojstava u svezi građevinskih artikala koji se nalaze u objektima, a u cilju uštede električne i toplinske energije te drugi zadatci vezani za davanje proporcionalnosti artikala sa zahtjevima. Tehnički propisi propisuju i što treba imati svaki projekt objekta u odnosu na korištenje električne i toplinske energije te razinu izoliranosti, [18]. Dakle, definirane su karakteristične veličine, odnosno parametri pri izgradnji novih objekata, a to su prije svega veličina područja objekta koji se grije, obujam grijanog zraka, faktor oblika zgrade, površina iskoristivog dijela, udio ploštine prozora pa unutarnja i vanjska temperatura, gdje se vanjska temperatura uzima iz najbliže meteorološke stanice i godišnja potrebna toplinska energija. U sljedećem poglavlju obrađen je praktični dio stambenog prostora za potrebe grijanja prostora gdje su svi prethodno navedeni parametri uzeti u obzir.

Direktiva 2010/31/EU o energetske učinkovitosti zgrada ima članke vezane za unaprjeđenje uštede novonastalih i već izgrađenih objekata. Prema tome, najvažniji članci Direktive vezani su sa zahtjevima koji se postavljaju, a kako je u nastavku navedeno, [19]:

- jednoznačni općeniti način računanja implementirane razine uštede u objektima,

- korištenjem svih propisanih zadataka kako bi se izvršila ušteda u novonastalim objektima,
- korištenjem svih propisanih zadataka za uštedu kod već izgrađenih objekata ili na dijelovima već izgrađenih objekata gdje se planiraju nova ulaganja i sustava unutar objekata,
- energetska certificiranje objekata te redovno kontroliranje svih sustava unutar objekata te pravodobno obavješćavanje o eventualnoj kontroli inspekcije.

Komisija je 30. studenog 2016. godine u okviru šireg paketa „Čista energija za sve Europljane”, koji bi trebao pomoći da se ostvare klimatski i energetske ciljevi EU za 2030. godinu, predstavila prijedlog revizije Direktive 2010/31/EU o energetske učinkovitosti zgrada. Uz to, istodobno je predstavljena inicijativa pametnog financiranja za pametne zgrade. U okviru inicijative analizira se kako potaknuti javna i privatna ulaganja u pogledu energetske učinkovitosti zgrada te je njezin cilj ojačati povjerenje na tržištu i potaknuti ulagače da se bave energetske učinkovitosti, [19].

4. PRORAČUN EKONOMSKE ISPLATIVOSTI POJEDINIH ENERGENATA U ZAGRIJAVANJU STAMBENOG PROSTORA

U programu *Knauf Insolation* izvršen je praktični dio završnog rada koji se sastoji od proračuna količine potrebne toplinske energije za grijanje stambenog prostora. U analizi se polazi od zagrijavanja stambenog prostora energentom prirodnim plinom, a potom je izvršena usporedba s drugim energentima koji su u današnje vrijeme u upotrebi. Osnovni podatci prije izračuna nalaze se u tablici 4.1.

Tablica 4-1 Osnovni podatci potrebi za proračun, [20].

Površina grijanog dijela zgrade A (m^2)	2557,70
Volumen grijanog dijela zgrade V_e (m^3)	8815,00
Faktor oblika zgrade f_o (m^{-1})	0,29
Površina korisnog dijela zgrade A_k (m^2)	2513,20
Način grijanja (lokalno, etažno, centralno, toplana)	Etažno
Prosječna unutarnja projektna temperatura grijanja $^{\circ}C$	20,00
Prosječna unutarnja projektna temperatura hlađenja $^{\circ}C$	22,00
Meteorološka postaja s nadmorskom visinom	Osijek (89,00 m n.v.)
Srednja mjesečna temperatura vanjskog zraka naihladnijeg mjeseca na lokaciji zgrade $\Theta_{e.mi.min}$ ($^{\circ}C$)	0,20
Srednje mjesečna temperatura vanjskog zraka naitoplijeg mjeseca na lokaciji zgrade $\Theta_{e.mi.max}$ ($^{\circ}C$)	22,10

Nadalje, u tablici 4.2 prikazani su podatci potrebne godišnje količine primarne energije i toplinske energije za stvarne klimatske podatke, te primarna energija i toplinska energija po ploštini korisne površine stambene zgrade.

Tablica 4-2 Godišnja potrebna primarna i toplinska energija za grijanje stambene zgrade, [20].

Godišnja potrebna primarna energija za stvarne klimatske podatke E_{prim} [kWh/a]	113542,56	
Godišnja potrebna primarna energija po jedinici ploštine korisne površine zgrade za stvarne klimatske podatke E_{prim} [kWh/m ² a] (za stambene ili nestambene zgrade)	<i>najveća dopuštena</i>	<i>izračunata</i>
	120,00	45,18
Godišnja potrebna toplinska energija za grijanje za stvarne klimatske podatke $Q_{H,nd}$ [kWh/a]	53315,98	
Godišnja potrebna toplinska energija za grijanje po jedinici ploštine korisne površine zgrade, za stvarne klimatske podatke $Q''_{H,nd}$ [kWh/(m ² a)] (za stambene ili nestambene zgrade)	<i>najveća dopuštena</i>	<i>izračunata</i>
	44,16	21,21
Godišnja potrebna toplinska energija za grijanje po jedinici obujma grijanog dijela zgrade, za stvarne klimatske podatke $Q'_{H,nd}$ [kWh/(m ³ a)] (za nestambene zgrade prosječne visine etaže veće od 4,2 m)	<i>najveća dopuštena</i>	<i>izračunata</i>
	-	-

4.1. Proračun potrošnje plina

Proračun potrošnje plina temelji se na potrošnji plina kombi bojlera koji korištenjem plina zagrijava stambene prostore. Stupanj korisnosti kombi bojlera u ovom slučaju je 107 %. Kombi bojler je snage 48 kW s predviđenim grijanjem prostora za 12 osoba. Zgrada je izolirana standardnim postavkama, stiroporom i daskama popločenim krovom sa zračnom izolacijom. U potkrovlju se nalazi izolacija kamenom vunom debljine 10 cm. Slijedi prikaz (Tablica 4.3) proračuna potrošnje i cijene energenata gdje je električna energija energent koji se koristi za hlađenje stambenog objekta. Drugi energent je prirodni plin i služi za zagrijavanje stambenog prostora i pripremu tople vode.

Tablica 4-3 Godišnja potrošnja prirodnog plina za grijanje stambene zgrade, plin, [20].

Energent	E_{potr} [kWh]	Ogrjevna vrijednost	Godišnja potrošnja	Jedinica mjere	Cijena [kn]	Ukupna cijena
Električna energija	26017,71	1,0000	26017,71	kWh	0,50	13008,85
Prirodni plin	84730,98	9,7060	8729,75	m ³	0,2267	19028,21

Iz tablice je vidljiva godišnja potrošnja prirodnog plina na zagrijavanje stambenog prostora i pripremu tople vode E_{potr} što iznosi 8729,75 m³, a što iznosi 83935,66 kWh². Uzme li se cijena prirodnog plina po kWh da je 0,2267 kn³ dobiva se ukupni financijski trošak od 19028,21 kuna. Treba reći da je u cijenu prirodnog plina po kWh uračunata cijena troška nabave plina od 0,1809 kn/kWh, trošak distribucije plina od 0,0361 kn/kWh te opskrba mreža od 0,0097 kn/kWh. Cijene su preuzete na dan pisanja ovoga rada, 18. kolovoza 2017. godine od HEP-a. U tablici 4.4 prikazana je godišnja emisija energenta za hlađenje i zagrijavanje stambenog prostora.

Tablica 4-4 Godišnja emisija energenata za zagrijavanje stambenog prostora, plin, [20].

Energent	E_{potr} [kWh]	Faktor CO ₂ ⁴	Godišnja emisija
Električna energija	26017,71	0,2348	6109,22
Prirodni plin	84730,98	0,2202	18657,76

Ako se pogledaju rezultati u tablici 4.5 gdje je potrošnja prirodnog plina razdvojena na potrošnju za grijanje i potrošnju za zagrijavanje tople vode, odnosno pripremu tople vode (PTV). Dakle, ukupni financijski izdatci godišnje za grijanje stambenog prostora su 13234,97 kuna. Financijski izdatak za PTV iznosi 9174,33 kuna.

² Isporučena energija u kWh dobiva se množenjem energije u m³ i isporučene donje ogrjevnje vrijednosti plina koja iznosi 9,614899 kWh/m³ od strane HEP-plin Osijek.

³ Prosječna cijena je aritmetička vrijednost niske i visoke tarife.

⁴ Faktor potrošnje CO₂ po kWh.

Tablica 4-5 Potrošnja energenata za grijanje i pripremu tople vode, plin, [20].

Energent	Svrha/Potrošač	E_{potr} [kWh]	Faktor f_p	E_{prim} [kWh]
Prirodni plin	Energija za grijanje	53315,98	1,095	58381,00
Prirodni plin	Energija za PTV	31415,00	1,095	34399,43
Ukupno		84730,98		92780,43

4.2. Proračun potrošnje ogrjevnog drveta

Proračun potrošnje ogrjevnog drveta temelji se na potrošnji drveta u kotlu na drva koji je snage 10 kW i stupnja korisnosti 80 %. Slijedi prikaz (Tablica 4.6) proračuna potrošnje i cijene energenata gdje je električna energija energent koji se koristi za hlađenje stambenog objekta. Drugi energent je ogrjevno drvo i služi za zagrijavanje stambenog prostora i pripremu tople vode. Za cijenu ogrjevnog drveta, po 1 m³ uzeta je prosječna cijena tržišta od 300 kuna, pa je ukupni financijski trošak zagrijavanja stambenog prostora i PTV 11768,19 kuna.

Tablica 4-6 Potrošnja energenata za grijanje i pripremu tople vode, ogrjevno drvo, [20].

Energent	E_{potr} [kWh]	Ogrjevna vrijednost [kWh/m³] [kWh/kg]	Godišnja potrošnja [kWh]	Jedinica mjere	Cijena [kn]	Ukupna cijena [kn]
Električna energija	26017,71	1,0000	26017,71	kWh	0,50	13008,85
Ogrjevno drvo	84730,98	2160 000	39,23	m ³	300,00	11768,19

U tablici 4.7 prikazane su godišnje emisije CO₂ kada se za grijanje stambenog prostora i PTV koristi ogrjevno drvo, i one iznose 2464,82 kg što je peterostruko manje negoli u slučaju energenta prirodnog plina.

Tablica 4.7 Godišnja emisija energenata za zagrijavanje stambenog prostora i ogrjevno drvo, [20].

Energent	E_{potr} [kWh]	Faktor CO₂ [kg/kWh]	Godišnja emisija CO₂ [kg]
Električna energija	26017,71	0,2348	6109,22
Ogrjevno drvo	84730,98	0,0291	2464,82

Naposljetku, kada se razdvoji potrošnja ogrjevnog drveta na potrošnju za zagrijavanje stambenog prostora i PTV, dobiva se godišnje potrošnja energije za grijanje stambenog prostora. Ukupna potrošnja ogrjevnog drveta za grijanje je 5907,41 kWh što iznosi 0,0273 m³ ogrjevnog drveta pomnoženog s tržišnom cijenom iznosi 820,47 kuna godišnje. Ako se pogleda potrošnja ogrjevnog drveta za PTV, tada je to 0,01611 m³ te 483,44 kuna godišnje.

Tablica 4.8 Potrošnja energenata za grijanje i pripremu tople vode, ogrjevno drvo, [20].

Energent	Svrha/Potrošač	E_{potr} [kWh]	Faktor f_p	E_{prim} [kWh]
Ogrjevno drvo	Energija za grijanje	53315,98	0,111	5918,07
Ogrjevno drvo	Energija za PTV	31415,00	0,111	3487,06
Ukupno		84729,98		9405,13

4.3. Proračun potrošnje peleta

Potrošnja pelete temelji se na potrošnji kotla na pelete ili sječku koji ima stupanj korisnosti 85 %. Potrošnja potrošnje i cijene energenta peleta za zagrijavanje prostora i PTV te energenta električne energije za hlađenje prikazana je u tablici 4.9. Tržišna cijena peleta kreće se od 1,33 kn/kg. S obzirom da je ogrjevna vrijednost peleta 5,1 kWh/kg godišnja potrošnja istih iznosi 16613,92 kg.

Tablica 4.9 Potrošnja energenata za grijanje, hlađenje i pripremu tople vode, drveni peleti, [20].

Energent	E_{potr} [kWh]	Ogrjevna vrijednost [kWh/m ³] [kWh/kg]	Godišnja potrošnja [kWh]	Jedinica mjere	Cijena [kn]	Ukupna cijena [kn]
Električna energija	26017,71	1,0000	26017,71	kWh	0,50	13008,85
Drveni peleti	84730,98	5,1	16613,92	Kg	1,33	22096,51

U tablici 4.10 prikazana je godišnja emisija CO₂ kada se za grijanje stambenog prostora i PTV koriste peleti i ona iznosi 2914,75 kg godišnje što je u odnosu na ogrjevno drvo nešto manje više, a u odnosu na prirodni plin približno kao ogrjevno drvo.

Tablica 4.10 Godišnja emisija energenata za hlađenje i zagrijavanje stambenog prostora, drveni peleti, [20].

Energent	E_{potr} [kWh]	Faktor CO ₂ [kg/kWh]	Godišnja emisija CO ₂ [kg]
Električna energija	26017,71	0,2348	6109,22
Drveni peleti	84730,98	0,0344	2914,75

Ako se godišnja potrošnja razdvoji na zagrijavanje stambenog prostora peletima i na PTV peletima (tablica 4.11) tada se dobiva godišnja potrošnja od 6557,87 kWh, odnosno 3864,05 kWh. U odnosu na ogrjevnu vrijednost peleta, godišnja potrošnja istih za zagrijavanje stambenog prostora iznosi 1285,57 kg, što je u financijskom trošku 1710,19 kuna.

Tablica 4.11 Potrošnja energenata za grijanje, hlađenje i pripremu tople vode, drveni peleti, [20].

Energent	Svrha/Potrošač	E_{potr} [kWh]	Faktor f_p	E_{prim} [kWh]
Drveni peleti	Energija za grijanje	53315,98	0,123	6557,86
Drveni peleti	Energija za PTV	31415,00	0,123	3864,045
Ukupno		84729,98		10421,905

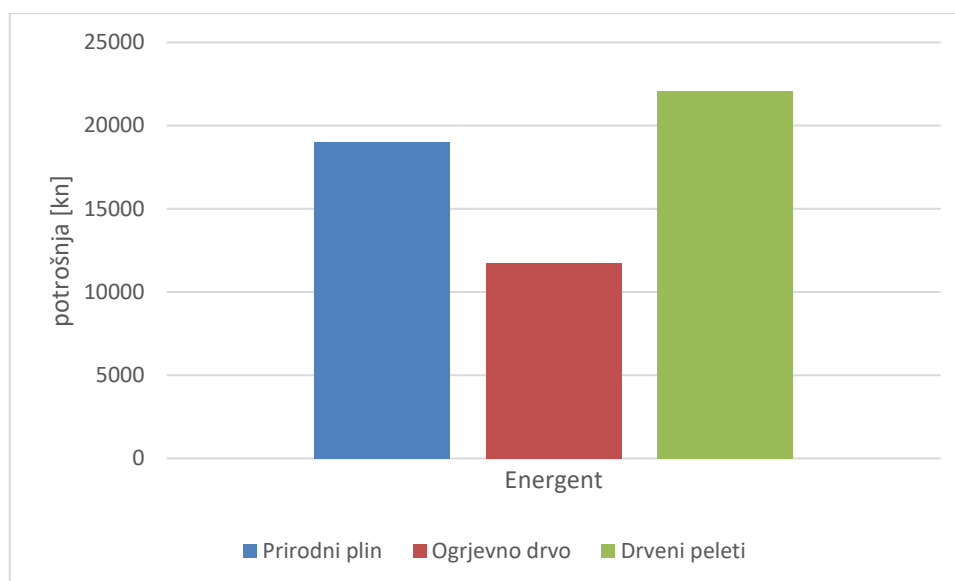
4.4. Financijska usporedba energenata

U okviru financijske analize obrađenih energenata za zagrijavanje stambenog prostora i PTV prikazuju se rezultati godišnje potrošnje istih, a potom odvojeno. Prvi energent, električna energija, koja se koristi za hlađenje stambenog prostora nije uzeta u analizu. U tablici 4.12 prikazane su ukupne godišnje potrošnje svih obrađenih energenata, prirodnog plina, ogrjevnog drveta i peleta.

Tablica 4.12 Usporedba godišnje potrošnje energenata, prirodnog plina, ogrjevnog drveta i peleta za grijanje i PTV.

Energent	E_{potr} [kWh]	Ogrjevna vrijednost [kWh/m ³] [kWh/kg]	Godišnja potrošnja	Jedinica mjere	Cijena [kn]	Ukupna cijena [kn]
Prirodni plin	84730,98	9,7060	8729,75	m ³	0,2267	19208,21
Ogrjevno drvo	84730,98	2160 000	39,23	m ³	300,00	11768,19
Drveni peleti	84730,98	5,1	16613,92	kg	1,33	22096,51

Rezultati pokazuju da je prema godišnjoj potrošnji energent peleti najskuplji, odnosno ima najveću financijsku vrijednost. Na grafičkom prikazu 4.1 nalazi se grafička usporedba godišnje potrošnje navedenih energenata.



Grafikon 4-1 Financijski troškovi godišnje potrošnje energenata za zagrijavanje stambenog prostora i PTV.

Nadalje, u tablici 4.13 prikazana je analiza financijskog troška godišnje potrošnje odabranih energenata samo za zagrijavanje stambenog prostora. S obzirom na faktor pretvorbe primarne energije f_p prirodnog plina je potrebno najviše, potom drvenih peleta i na kraju ogrjevnog drveta.

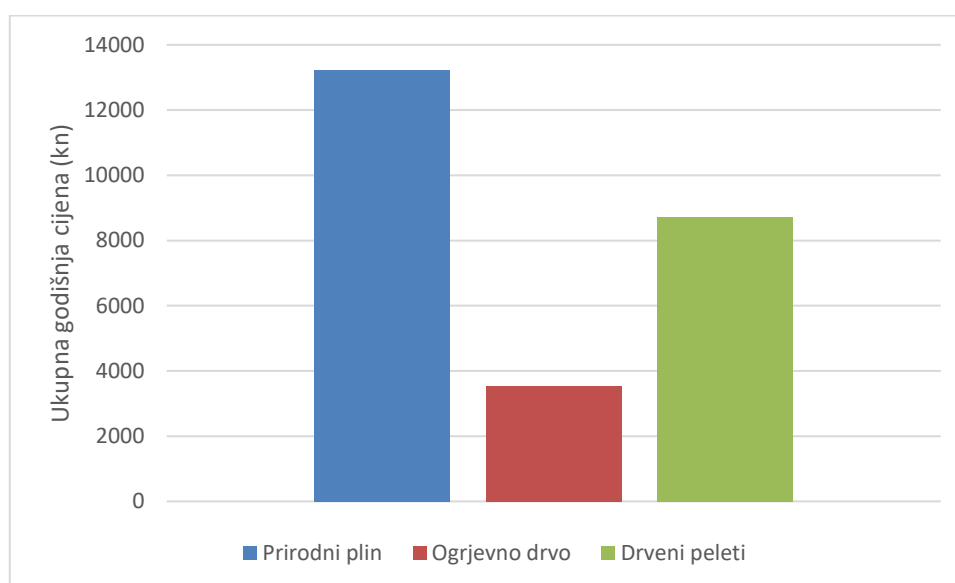
Tablica 4.13 Usporedba godišnje potrošnje energenata, prirodnog plina, ogrjevnog drveta i peleta samo za grijanje.

Energent	Svrha/Potrošač	E_{potr} [kWh]	Faktor f_p	E_{prim} [kWh]
Prirodni plin	Energija za grijanje	53315,98	1,095	58381,00
Ogrjevno drvo	Energija za grijanje	53315,98	0,111	5907,41
Drveni peleti	Energija za grijanje	53315,98	0,123	6557,87

U tablici 4.14 može se vidjeti financijska analiza energenata u ukupnoj godišnjoj potrošnji istih, samo za zagrijavanje stambenog prostora te je vidljivo da je energent prirodni plin najpovoljniji, odnosno ima najmanju financijsku vrijednost. Na grafičkom prikazu 4.2 nalazi se grafička usporedba godišnje potrošnje navedenih energenata.

Tablica 4.14 Financijska usporedba energenata, prirodnog plina, ogrjevnog drveta i peleta za grijanje.

Energent	E_{prim} [kWh]	Cijena [m ³ /kg]	Ukupno godišnje [kn]
Prirodni plin	58381,00	0,2267	13234,97
Ogrjevno drvo	5907,41	0,6	3544,446
Drveni peleti	6557,87	1,33	8721,96



Grafikon 4-2 Financijski troškovi godišnje potrošnje energenata za zagrijavanje stambenog prostora

5. ZAKLJUČAK

Energetska učinkovitost u 21. stoljeću je postala je veoma značajna za sve stambene objekte, ali i za one koji nisu namijenjeni stanovanju, a koriste se za obavljanje određene djelatnosti. Energetska učinkovitost obuhvaća strojarske radove na objektu i električarske radove. Polazi se od mjesta gradnje, veličine objekta, vrste i oblika objekta, potom kod završih radova o debljini izolacije na svim zidnim, podnim i stropnim ploham a te izolacija krova. Potrošnja električne energije je enormna u cijelom svijetu, a posebice u Republici Hrvatskoj, ali i drugih energenata, pa se u novije vrijeme pribjegava novim izumima i načinima grijanja i hlađenja. Tu prvenstveno treba navesti kogeneraciju, grijanje na pelet i solarne sustave. U ovom radu obrađena je tema financijske analize i količinske po pitanju godišnje potrošnje tri različita energenta po izboru. U analizi se navodi električna energija kao energent, no ona služi samo za hlađenje stambenog objekta. Drugi energenti služe za zagrijavanje stambenog prostora i pripremu tople vode, a rezultati su prikazani zbirno i odvojeno.

U okviru financijske analize i potrošnje najpovoljniji energent za zagrijavanje stambenog prostora je ogrjevno drvo, potom peleti pa prirodni plin. Veliki utjecaj u tome ima faktor pretvorbe primarne energije koji smanjuje ili povećava količinu potrebne energije. U programu Knauf Insulation izvršen je proračun potrošnje što svjedoče gore prikazani rezultati. U razmatranja i proračun nije uvršten dovoz, rezanje, cijepanje i skladištenje ogrjevnog drveta što je jedan dodatan čimbenik pri korištenju toga energenta. Također, korištenje pelete zahtijeva skladištenje istih i to ne u vlažnim prostorijama, što se može reći da je osjetljiviji energent od ogrjevnog drveta. U analizi, kada bi se usporedio prirodni plin i prethodno navedena dva, cijena dobave prirodnog plina je uračunata u samu cijenu plina po kWh što dodatno daje veća financijska ulaganja. Kod prirodnog plina kao energenta za zagrijavanje stambenog prostora, u ovom slučaju, postoji veliki nedostatak, a to je ispuštanje emisija CO₂ u okoliš što, u današnje vrijeme nije niti malo prihvatljiv podatak. Kada bi korisnici prirodnog plina razmišljali ekološki, tada prirodni plin ne bi bio njihov energent za zagrijavanje stambenog prostora.

LITERATURA

- [1] Ovčar, Jasmina: Održiva gradnja. Pregledni rad. Čakovec, 2012.
- [2] Daikin: Komfor tijekom cijele godine; Rješenja za grijanje i hlađenje za vaš dom. Online katalog. Dostupno na: https://www.daikin.eu/content/dam/document-library/catalogues/Residential%20catalogue_ECPHR14-000_Catalogues_Croatian.pdf, (20.6.2017.)
- [3] Petrunić, Hrvoje: Projekt sustava grijanja i pripreme potrošne tople vode za obrazovnu ustanovu. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje. Diplomski rad. Zagreb, 2011. Dostupno na: http://repozitorij.fsb.hr/1310/1/19_05_2011_Hrvoje_Petrunic_-_Diplomski_rad_-_2011.pdf, (17.6.2017.)
- [4] Đurđević, Matea: Sustav grijanja i potrošnje tople vode. Međimursko veleučilište u Čakovcu. Završni rad. Čakovec, 2016.
- [5] Švaić, Srećko: Grijanje stambenog prostora. Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2008.
- [6] Kruz, Velimir: Tehnička fizika za tehničke škole. Školska knjiga, Zagreb, 1969. Dostupno na: <https://hr.wikipedia.org/wiki/Kotao>, (18.6.2017.)
- [7] Leksikografski zavod Miroslav Krleža; enciklopedija.hr.: Ogrjevna vrijednost. Dostupno na: <http://enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=61790>, (22.6.2017.)
- [8] Tomšić, Željko: Goriva i izgaranje. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet elektrotehnike i računalstva. Zagreb, 2015. Dostupno sa: https://www.fer.unizg.hr/download/repository/GEEU_8-Skripta_2015_Goriva_i_kotao_.pdf, (25.6.2017.)
- [9] Francescato, Valter, Antonini, Eliseo i Zuccoli Bergomi, Luca: Priručnik o gorivima iz drvene biomase. Regionalna energetska agencija Sjeverozapadne Hrvatske, Zagreb, 2008. Dostupno na: http://www.regea.org/assets/files/objavilismo2012/D32_Biofuel_hanbook_REGEA.pdf, (24.6.2017.)

- [10] Malinovec Puček, M.: Energetska obnova postojećih zgrada i suvremeni energetske koncepti. Energetski institut Hrvoje Požar; Hrvatska udruga energetskih certifikatora. Sisak, 2012. Dostupno na: http://www.sisak.hr/uploads/documents/Prezentacija-Zeleni_tjedan-Malinovec.pdf, (27.6.2017.)
- [11] Pavković, Branimir: Usporedba različitih energenata za potrebe grijanja obiteljske kuće bruto površine 150 m² na lokacijama Zagreb i Split. Šibensko-kninska županija, 2013. Dostupno na: <http://www.eni.sibensko-kninska-zupanija.hr/media%2F0023%2Fdoc%2F313.pdf>, (28.6.2017.)
- [12] Moslavina plin d.o.o.: Kvaliteta prirodnog plina. Online. Dostupno na: <http://www.moslavinaplin.hr/Prirodnoplina/Kvalitetaprirodnogplina.aspx>, (28.6.2017.)
- [13] Gradska plinara Zagreb. Online. Dostupno na: <http://www.gpz-opskrba.hr/korisne-informacije/kvaliteta-prirodnog-plina-64/opcenito-o-kvaliteti-prirodnog-plina-254/254>, (27.6.2017.)
- [14] Tokić, Stipo: Energetska učinkovitost i energetske certificiranje zgrada. SIGURNOST 56 (3) 271 - 274 (2014).
- [15] Mellar, Balazs: Energetska učinkovitost. Bruxelles: Europski parlament, 2016.
- [16] Pavković, Branimir, Zanki, Vlasta, Čačić, Goran: Energetska učinkovitost u sektoru graditeljstva u Hrvatskoj – preliminarne energetske studije. Strojstvo 52 (6) 681-694 (2010).
- [17] Stupin, Karmen: Stanje i perspektive energetske zakonodavstva Republike Hrvatske. Zbornik radova Pravnog fakulteta u Splitu, god. 52, 3/2015., str. 623.-639.
- [18] Tehnički propis o racionalnoj uporabi energije i toplinske zaštiti u zgradama, NN. 76/2007. Dostupno na: http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2008_09_110_3240.html, (29.6.2017.)
- [19] Europski parlament: Energetska učinkovitost. Dostupno na: http://www.europarl.europa.eu/ftu/pdf/hr/FTU_5.7.3.pdf, (29.6.2017.)
- [20] Podatci iz programa Knauf Insulation.

SAŽETAK

U završnom radu obrađuje se aktualna, vrlo važna tema, kada se govori o potrošnji energije u stambenim prostorima, prvenstveno onima namijenjenim za stalni boravak. U radu se postavlja teorijska podloga mogućih tehnologija za dobivanje topline i toplinske energije potrebne za zagrijavanje prostora. Također, definiraju se određeni energenti i njihove energetske vrijednosti, odnosno toplinska vrijednost goriva. Povlači se pitanje isplativosti ulaganja u nove stambene objekte temeljem odabira energenta za zagrijavanje prostora. S druge strane, važno je graditi stambene objekte u skladu sa zakonima i direktivama Europske unije gdje se postavljaju minimalni tehnički uvjeti vezani za strojarske i električne radove. Temeljem Direktiva Europske unije i članstvom Republike Hrvatske u njoj, teži se energetske učinkovitosti koja je vezana za stambene zgrade energetske certifikatom koji provode registrirana poduzeća kako bi utvrdila razinu očuvanja energije unutar određenog objekta. U radu je izvršen proračun isplativosti ulaganja u pojedini energent za zagrijavanje stambenog prostora s obzirom na potrebnu količinu toplinske energije.

Ključne riječi: Energent, toplinska energija, isplativost, plin, gorivo

SUMMARY

Energy efficiency of a residential building heating system

In the final paper very current and important topic is discussed when it comes to energy consumption in residential areas, primarily in those intended for permanent residence. Paper presents theoretical background of possible technologies for obtaining the heat and heat energy that is needed for room heating. Also, certain energy sources and their energy values are defined. The question of profitability of investing in new residential buildings is based on the choice of energy for room heating. On the other hand it is important to build residential buildings in accordance with laws and directives of European Union where minimum technical conditions for mechanical and electrical work are set. Based on the EU Directive and membership of Republic of Croatia in EU energy efficiency associated with residential building energy certification is carried out by registered companies to determine the level of energy conservation within particular facility. In this paper, the cost of investing in individual energy sources for heating the housing space was calculated, considering required amount of heat energy.

Keywords: energy source, heat energy, profitability, gas, fuel

ŽIVOTOPIS

Maksim Marković rođen je 13.11.1993. godine u Osijeku. Završio je Osnovnu školu Ivana Filipovića u Osijeku. Prirodoslovnu gimnaziju u Tehničkoj školi i prirodoslovnoj gimnaziji Ruđera Boškovića Osijek završio je 2012. godine. Iste godine upisuje Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek.