Energetska obnova Graditeljske škole Čakovec

Posavec, Karla

Master's thesis / Diplomski rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:122:375495

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

University North Digital Repository

Sveučilište Sjever
Sveučilišni centar Varaždin
104. brigade 3, HR–42000 Varaždin

UNIVERSITY NORTH

Prijava diplomskog rada

Definiranje teme diplomskog rada i povjerenstva

ODJEL Odjel za graditeljstvo

STUDIJ diplomski sveučilišni studij Graditeljstvo

PRISTUPNIK Karla Posavec | JMBAG 0111111959

DATUM 28.09.2021. | KOLEGIJ Organizacija gradilišta i građenja

NASLOV RADA Energetska obnova Graditeljske škole Čakovec

NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU Energy renovation of the Graditeljska škola Čakovec

MENTOR Danko Markovinović | ZVANJE docent

ČLANOVI POVJERENSTVA
1. doc. dr. sc. Željko Kos
2. doc. dr. sc. Bojan Đurin
3. prof. dr. sc. Božo Soldo
4.
5.

Zadatak diplomskog rada

BROJ 43/GRD/2021

OPIS

U radu je potrebno obraditi tematiku energetske učinkovitosti, te povezano s tim, potrebnu tehničku odnosno projektnu dokumentaciju. Također je potrebno objasniti tehničku dokumentaciju, odnosno procese organizacije gradilišta i građenja. U praktičnom dijelu rada je potrebno obraditi procese energetske učinkovitosti, objasniti izradu glavnog projekta, plan izvođenja radova te radove vezane uz energetsku učinkovitost, te energetski certifikat. Poseban dio rada treba obuhvatiti analizu energetske potrošnje odabrane građevine.

ZADATAK URUČEN 15.06.2021. | POTPIS MENTORA

Sveučilište
Sjever

SVEUČILIŠTE
SJEVER

IZJAVA O AUTORSTVU
I
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, KARLA POSAVEC *(ime i prezime)* pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica ~~završnog~~/diplomskog (*obrisati nepotrebno*) rada pod naslovom ENERGETSKA OBNOVA GRADITELJSKE ŠKOLE ČAKOVEC *(upisati naslov)* te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:
(upisati ime i prezime)
KARLA POSAVEC
Posavec
(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnost i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, KARLA POSAVEC *(ime i prezime)* neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog/diplomskog (*obrisati nepotrebno*) rada pod naslovom ENERGETSKA OBNOVA GRADITELJSKE ŠKOLE ČAKOVEC *(upisati naslov)* čiji sam autor/ica.

Student/ica:
(upisati ime i prezime)
KARLA POSAVEC
Posavec
(vlastoručni potpis)

Sveučilište Sjever

Diplomski rad br. 43/GRD/2021

Energetska obnova Graditeljske škole Čakovec

Karla Posavec, 0835-336D

Varaždin, rujan 2021. godine

Sveučilište Sjever

Odjel Graditeljstvo

Diplomski rad br. 43/GRD/2021

Energetska obnova Graditeljske škole Čakovec

Student:

Karla Posavec, 0835-336D

Mentor:

doc. dr. sc. Danko Markovinović

Varaždin, rujan 2021. godine

Zahvala

U želji dodatnog napredovanja i stjecanja znanja s područja graditeljstva studiranje na diplomskom studiju Graditeljstva Sveučilišta Sjever to mi je omogućilo. Mogućnost spajanja načela energetske učinkovitosti i održivog razvoja, čijim principima težim kako individualno tako i poslovno, s graditeljstvom cilj je mog budućeg rada. Sukladno navedenim interesima i željom za istraživanjem rodila se ideja o pisanju diplomskog rada na temu Energetske učinkovitosti u zgradarstvu kroz primjer Graditeljske škole.

Sam put studiranja nije bio lagan osobito uz posao, stoga se ovim putem zahvaljujem svima koji su me podržali u mojoj želji stjecanja dodatnog znanja i akademskog napredovanja.

Sažetak

Graditeljstvo je jedna od najstarijih grana ljudskih djelatnosti koje sažima djelatnosti planiranja, projektiranja, građenja i uklanjanja građevina. Uzimajući u obzir kompleksnost graditeljstva, za uspješnu implementaciju projekta nužna je dobra organizacija koja počiva na načelima planiranja i organiziranja. Budući da sektor zgradarstva troši 40% od ukupne potrošnje energije nužno je poticati energetsku obnovu postojećeg fonda zgrada kako bi se smanjila ukupna potrošnja energije i stvorili bolji uvjeti boravka korisnika.

Ključne riječi: *graditeljstvo, organizacija građenja, energetska učinkovitost, Graditeljska škola Čakovec*

Abstract

Civil engineering is one of the oldest human activities, which summarizes the activities of planning, design, construction and removal of the buildings. Taking into account the complexity of construction, good organization based on the principles of planning and organization is necessary for the successful implementation of the project. Since the building sector consumes 40% of total energy consumption, it is necessary to encourage the energy renovation of the existing building stock in order to reduce total energy consumption and create better living conditions for users.

Key words: *construction, organization, energy efficiency, Graditeljska škola Čakovec*

Popis korištenih kratica

mm	milimetar
cm	centimetar
m'	metar dužni
m^2	metar kvadratni
kW	kilovat
W/mK	vat po metru kelvina
W/m^2K	vat po metru kvadratnom kelvina
kWh/m^2	kilovatsat po metru kvadratnom
g/m^2	gram po metru kvadratnom
Kg/m^3	kilograma po metru kubnom
kPa	kilopaskala
Qhnd	specifična godišnja potrebna toplinska energija za grijanje
Eprim	godišnja primarna energija
U	koeficijent prolaska topline
λ	lambda
Sd	supanj dana grijanja
ϑe	klimatski podaci
SS	srednja vanjska temperatura za proračunski period
ϑint	unutarnja proračunska temperatura pojedinih temperaturnih zona
n	broj izmjena zraka proračunske zone u jednom satu
Ak	ploština pojedinih građevinskih dijelova
A	ukupna ploština građevnih dijelova koji razdvajaju grijani dio zgrade od vanjskog prostora, tla ili negrijanih dijelova zgrade
Ve	bruto obujam grijanog dijela zgrade u m3
V	neto obujam u
f	udio ploštine prozora u ukupnoj ploštini pročelja
Af	površina kondicionirane zone zgrade s vanjskim dimenzijama
XPS	Ekstrudirani PoliStiren
PTV	potrošna topla voda

Sadržaj

Sažetak ... 3
Abstract ... 4
Popis korištenih kratica ... 5
Sadržaj ... 6
1. Uvod ... 6
2. Organizacija gradilišta i građenja ... 8
2.1. Sudionici u gradnji ... 9
2.2. Građevinski radovi ... 10
2.3. Planiranje građevinskih projekata ... 12
2.3.1. Gantogram ... 15
2.3.2. Histogram ... 16
2.3.3. Ciklogram ... 16
2.3.4. Linija putokaza ... 16
2.3.5. S - krivulja ... 17
2.3.6. Mrežni plan ... 17
2.4. Zaštita na radu ... 17
3. Energetska učinkovitost zgrada ... 19
3.1. Toplinska zaštita zgrada ... 22
3.2. Stolarija ... 27
3.3. Sustav grijanja ... 28
3.4. Ventilacija i hlađenje ... 30
3.5. Priprema potrošne tople vode ... 31
3.6. Obnovljivi izvori energije ... 31
4. Zakonska regulativa ... 32
5. Građevinska projektna dokumentacija ... 35
5.1. Temeljni zahtjevi za građevinu ... 35
5.2. Vrste projekta ... 37
6. Energetska obnova graditeljske škole Čakovec ... 40
6.1. Problematika postojećeg stanja škole ... 42
6.2. Glavni projekt energetske obnove ... 44
6.3. Plan izvođenja radova ... 48

6.4. Radovi energetske obnove 49
6.5. Završetak radova 67
6.6. Energetski certifikat 69
7. Analiza potrošnje graditeljske škole Čakovec 72
8. Zaključak 88
9. Literatura 89
Popis slika 90
Popis tablica 92

1. Uvod

Graditeljstvo je multidisciplinarna znanost koja podrazumijeva djelatnosti planiranja, projektiranja, građenja, korištenja, održavanja kao i uklanjanja građevine uz uvjet da se ne ugroziti život i zdravlje ljudi, okoliša te prirode, ali ni stabilnost tla na okolnom zemljištu [1].

Graditeljstvo jedna je od najstarijih ljudskih djelatnosti budući da je primitivan čovjek u želji za pronalaskom zaklona od vremenskih uvjeta počeo izrađivati primitivne nastambe u kojima je pronalazio zaštitu te postupno stvarao ognjište, pa i dom. Daljnjom željom za olakšanjem svakodnevnog života, ljudi su počeli postupno izravnavati poljske putove i stvarati preteče današnjih cesta, ne sluteći da će graditeljstvo podijeliti u dvije osnovne grane - visokogradnju i niskogradnju.

Stavljajući naglasak na elemente visokogradnje te imajući u vidu organizaciju gradilišta i načela energetske učinkovitosti, na kojima se bazirala energetska obnova Graditeljske škole Čakovec, detaljnije će biti razrađeni ovim diplomskim radom. U samom radu s pogleda energetske učinkovitosti detaljno će biti razrađeni pojmovi kao i sama problematika s kojom se susrećemo kada se govori o energetskoj učinkovitosti. Također u sklopu poglavlja razraditi će se plan implementacija mjera po sektorima no dakako kako se radi o području graditeljstva i organizacije gradilišta. U radu će se dati osnovni uvid u projektnu dokumentaciju kao i načela organizacije gradilišta. Nadalje kao primjer za razredu gore navedenih načela i principa gradnje analizirati će se energetska obnova Graditeljske škole Čakovec. Materijali koji su poslužili za razradu teme i provedbu konkretnog primjera su Energetski certifikat i izvješće o energetskom pregledu prije provedbe energetske obnove koji daje konkretan uvid u energetsko stanje zgrade škole, te Glavni projekt energetske obnove kojim je detaljno razrađena problematika i predloženi zahvati rekonstrukcije. Od ostale dokumentacije koja je poslužila za razradu teme organizacije gradilišta korištena je sva zakonom propisana dokumentacija koja se mora nalaziti na gradilištu. Nakon provedene energetske obnove Graditeljske škole, sukladno zakonu izrađen je energetski certifikat koji prikazuje novi energetski razred zgrade i relevantnu potrošnju.

Prvi pisani trag o teoriji organizacije potječe iz doba Mezopotamije gdje su Sumirani razvili sustav za navodnjavanje, dok su prvi zapisi na području Europe oni iz drevne Grčke gdje je uspostavljen organizacijski oblik upravljanja gradovima i državama. Klasična teorija organizacije prepoznaje nekoliko smjerova organizacije: znanstveni pristup, administrativna teorija te model birokratske organizacije. Današnji trendovi organizacije građenja baziraju se na specijalizaciji, korištenju automatiziranih procesa te suvremenim BIM sustavima [2].

Suvremeno graditeljstvo veliku važnost pridaje održivosti procesa građenja ali i održivosti te ponovnoj oporabi materijala u procesima građenja dok se naglasak daje na udobnosti građevine sukladno njezinoj namjeni. Kako bi građevina zadovoljila namjenu za koju je građena prije svega mora zadovoljavati osnovne uvjete za građevinu sukladno važećem zakonu i tehničkim propisima [2]. U 4. poglavlju rada je razrađen i zakonodavni okvir s pogleda energetske učinkovitosti kao i građevinskog stajališta.

Sektor zgradarstva troši 40% ukupne potrošnje energije. Posljedica je to što unatrag tridesetak godina nisu postojali tehnički uvjeti s pogleda energetska učinkovitost, a građevinski materijali i energenti su bili jeftini stoga se nije uvijek gradilo optimalno i održivo. Danas za posljedicu imamo velik fundus zgrada koje su energetski neučinkovite odnosno veliki su potrošači energije, stoga se sve češće poseže za projektima povećanja energetske učinkovitosti, a u skorije vrijeme i seizmoloških obnova uslijed nedavnih događaja uzrokovanih potresima. Imajući u vidu životni vijek zgrada neminovno je da se one moraju obnavljati i modernizirati kao ne bi gubile na svojoj vrijednosti, a istovremeno zadovoljile suvremena načela energetske neutralnosti i održivosti.

Energetska obnova Graditeljske škole Čakovec odvijala se tijekom 2020. godine, kako bi se stvorila stvarna slika ušteda energenata kao rezultat implementiranja mjera, ali i napravila procjena dali su ostvarene projektom predviđene vrijednosti u radu je prikazana i analizirana potrošnja energenata u razdoblju od 5 godina, odnosno od 2015. do 2020. godine. Kao izvor podataka za navedenu analizu poslužio je informacijski sustav za gospodarenje energijom (ISGE).

2. Organizacija gradilišta i građenja

Građevinski poslovni sustavi posluju na osnovi projekata gdje svaki dio ima stalne organizacijske strukture i promjenjiv broj projekata. Upravo zato graditeljstvo možemo opisati s nekoliko teza, prije svega karakterizira ga nepokretljivost građevinskih objekata, vremensko trajanje gradnje, izvođenje radova ali i ono najbitnije unikatnost svakog pojedinog projekta [2].

Dinamika projekata, njihova brojnost, složenost i prioritetnost određuju način organizacije i upravljanja u građevinskom poslovnom sustavu. Samo građenje ima niz specifičnosti i karakteristika koje utječu na organizaciju upravo zbog tog je organizacija građenja uže specifično područje graditeljstva.

Načela na kojima počiva organizacija građenja i ciljevi kojima teži su efikasniji rezultati rada, olakšanje napora i izbjegavanje prepreka u radu, provedba mjera sigurnosti na radu, primjena najboljih praksi i standarda struke kao i primjena pravila struke. Provedba načela organizacije može se podijeliti u nekoliko kategorija: načela u proizvodnim procesima, mjere rada radnika i s radnicima te mjere u upravljanju i rukovođenju. Mjere u proizvodnim procesima karakterizira provođenje pripreme rada, definiranje praćenja, kontrole i nadzora te njihova implementacija uz uklanjanje štetnih razmaka u procesu tijeka rada uz kontrolirano ujednačavanje tijeka rada te minimaliziranje zastoja i gubitaka. Mjere rada radnika baziraju se na načelima organizacije radnih mjesta te izbor radnika temeljem njihovih kvalifikacija i potreba uz konstantno vođenje evidencija, planiranje i pravilno raspoređivanje radnog ritma. Mjere u upravljanju i rukovođenju definiraju uloge i odgovornost u procesima građenja kako bi se planovi mogli kvalitetno izvršavati uz konstantnu komunikaciju te sustav kontrole i nadzora [2].

2.1.Sudionici u gradnji

Temeljem Zakona o gradnji [1] definirani su sudionici u gradnji, a to su:

- Investitor
- Projektant
- Izvođač
- Nadzorni inženjer
- Revident

Investitor je pravna ili fizička osoba u čije ime se gradi građevina. Obveza investitora je odrediti mjesto i namjenu građevine te pribaviti zemljište na kojem će se graditi građevina. Investitor također organizira izradu i kontrolu projektne dokumentacije, pribavlja sve dozvole za građenje i uporabu građevine te kontrolira građenje. U procesu gradnje investitor bira izvođača radova, organizira stručni nadzor ali i osigurava novčana sredstva za građenje [1].

Projektant je fizička osoba ovlaštena za projektiranje odnosno nosi strukovni naziv ovlašteni arhitekt ili ovlašteni inženjer sukladno Zakonu i posebnim propisima. Ovlašteni arhitekt, stječe pravo za samostalno obavljanje poslova projektiranja upisom u Imenik ovlaštenih arhitekata, odnosno Imenike ovlaštenih inženjera Hrvatske komore arhitekata i inženjera u graditeljstvu [1].

Izvođač je osoba koja gradi ili izvodi pojedine radove u građevini i koja ispunjava uvjete za obavljanje djelatnosti građenja prema Zakonu. Samo građenje Izvođač mora izvoditi sukladno s rješenjem u uvjetima građenja tj. građevinskom dozvolom. Obveza Izvođača je imenovati inženjera gradilišta, odnosno voditelja gradilišta u svojstvu odgovorne osobe koja vodi građenje i odgovorna je za cjelovitost i međusobnu usklađenost radova [1].

Nadzorni inženjer je fizička osoba ovlaštena za provedbu nadzora u ime investitora koja nosi stručni naziv ovlašteni arhitekt ili ovlašteni inženjer sukladno posebnom Zakonu. Nadzorni inženjer ne može biti u radnom odnosu koja je izvođač na istoj građevini. Obveze nadzornog inženjera su nadzirati građenje tako da bude u skladu s rješenjem o uvjetima građenja i građevinskom dozvolom, utvrditi ispunjava li izvođač uvjete za obavljanje poslova građenja, kontrolirati i potpisivati svu potrebnu tehničku

dokumentaciju te pravodobno upozoriti investitora, a po potrebi građevinsku i druge inspekcije o svim nepravilnostima i poduzetim mjerama [1].

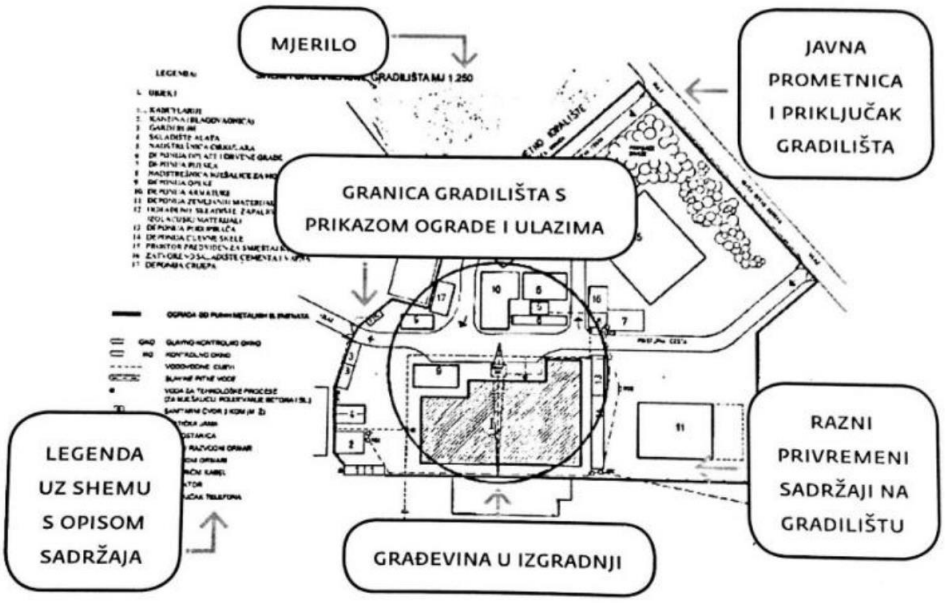
Revident je fizička osoba ovlaštena za kontrolu projekta koja ima strukovni naziv diplomiranog inženjera s najmanje deset godina radnog iskustva u projektiranju značajnih građevina. Ovlaštenje za obavljanje kontrole projekata daje ministar na prijedlog povjerenstva [1].

2.2.Građevinski radovi

Početak radova dokazuje se postojanjem pravnog interesa investitora što može dokazati izvatkom iz zemljišne knjige iz kojeg je vidljivo da je investitor vlasnik ili nositelj prava građenja na građevinskoj čestici ili građevini na kojoj se planira graditi. Također pravni interes se može dokazati postojanjem ugovora temeljem kojeg je investitor stekao ili će steći pravo vlasništva odnosno pravo građenja. Temeljem Zakona gradilište mora zadovoljiti zakonske norme te prije svega mora biti ograđeno radi sprečavanja nekontroliranog pristupa dok gradilišta velikih gabarita koja se ne mogu ograditi moraju biti zaštićena određenim znakovima ili označena na drugi način. Gradilište je zabranjeno ograđivati na bilo koji način koji bi mogao ugroziti prolaznike ili prolaziti uz javne prometne površine [2].

Prije početka građenja potrebno je poduzeti pripremne radove koji su preduvjet za organizaciju gradilišta. Sam opseg pripremnih radova ovisi o vrsti građevine, uvjetima na terenu, vremenskim prilikama i organizacijskim rješenjima gdje troškovi pripreme ovise o kompleksnosti građevine. Kako bi građenje i gradilište uspješno funkcioniralo potrebno je organizirati gradilišni prostor i riješiti nekoliko pitanja kao što je položaj privremenih građevina potrebnih za privremeni smještaj (rad, spavanje, prehranu) radnika, gradilišnu ogradu, rasvjetnu na gradilištu i oko gradilišta, vanjski i unutarnju transport, gradilišne ograde kao što su tesarski pogon, betonara ili željezara, opskrbu strujom i vodom i zaštitu na radu. Gradilišni raspored mora se prilagoditi okolnostima opisanim projektnom dokumentacijom, gradilišnim prostorom, infrastrukturnim priključcima te ostalim podsustavima koje treba uzeti u obzir prilikom definiranja tehnoloških procesa [2].

Plan uređenja gradilišta je grafički prikaz planiranih građevina i potrebnih pripremnih radnji potrebnih za što efikasniju izgradnju građevine. Plan prikazuje vrijeme radova s prostornim rješenjima i usklađenjem svim sadržaja, moguće ga je izraditi po fazama te se on prikazuje tlocrtnom situacijom u mjerilu 1:200, dok se kod linijskih građevina koristi mjerilo 1:500 do 1:1000 s dodatnim prikazom situacije privremenih građevina u pogodnom mjerilu. Zadatak plana uređenja gradilišta je organizirati gradilište na ekonomičan i siguran način gdje svi pojedinačni sadržaji moraju biti povezani u skladnu cjelinu da bi se osigurala logična povezanost dijelova i uvjeti rada. U planu uređenja gradilišta obuhvaćeni su elementi granica gradilišta s ucrtanom ogradom i ulazima, postojeće građevine, tlocrtni obrisi građevine s vanjskim dimenzijama i visinama, prometnice (stalne i privremene) s oznakom materijala od kojeg su izgrađene te položaj i karakteristike dizalica sa smjerom premještanja i opsegom djelovanja. Planom uređenja gradilišta također su obuhvaćeni elementi proizvodnih uređaja za razne vrste radova i potreban prostor za njihov rad, trase električne energije, vodovoda i slično s priključnim mjestima izvora i korištenja kao i oznakama potrebnih dimenzija, skretanja te razdvajanja. Planom su prikazani i skladišni prostori otvorenog i zatvorenog tipa s oznakama materijala ili opreme i prostori za smještaj vozila kao i sve vrste građevina potrebnih za smještaj ljudi. Radi preglednosti pojedini dijelovi plana uređenja gradilišta mogu se prikazati posebnim crtežima, te se osim samog plana gradilišta može prikazati i plan okoline gradilišta. Svaki sadržaj plana uređenja gradilišta ima svoj shematski prikaz na način da održava prepoznatljiva fizička obilježja što je prikazano na slici 1. [2].



Slika 1. Shema organizacije gradilišta [2]

2.3. Planiranje građevinskih projekata

Za uspjeh bilo kojeg posla bitno je planiranje kako bi se projekti realizirali brže, efikasnije i da bi se sigurnije došlo do cilja te kako bi radnici mogli efikasnije prepoznati načine rada za postizanje ciljeva uz smanjenje rizika za nastajanje ozljeda. Učinkovito upravljanje vremenom sprečava nastajanje nepoznanica u pogledu usmjeravanja napora za postizanje ciljeve te nepotrebnog gubljenja vremena na obavljanje zadataka koji donose malu ili nikakvu dodanu vrijednost krajnjem ishodu. Planiranje također omogućuje određivanje najvažnijih odgovornosti i vremenskog trajanja potrebnog za njihovo obavljanje. Budući da radnici mogu obavljati samo određeni broj aktivnosti u jednom trenutku potrebno je odgovorno postaviti zadatke i planirati aktivnosti što omogućuje predviđanje nepovoljnih situacija i pravovremeno rješavanje neizvjesnosti. Važnost planiranja nikad ne može biti previše naglašena za organizaciju gradilišta. Dobro planiranje uvijek dovodi do boljeg uspjeha i položaja na tržištu te projekt im više šanse za uspjeh kada se pravilno planira. Također planiranje uključuje i kreiranje najboljeg puta za postizanje cilja u određenom vremenskom intervalu. Planiranje zahtjeva fleksibilnost organizacije kao i poštovanje hijerarhije

same organizacije i svih njezinih dijelova te se moraju odrediti točni ciljevi i rezultati koji se žele postići [2].

Planiranje projekta je postupak u kojem se predviđaju događaji i aktivnosti budućih pothvata, a potom se na osnovi poznatih podataka i podloga te postavljene tehnologije organizacija rada provodi povezivanjem, dimenzioniranjem, raspoređivanjem i kontrolom izvršenja. Svako planiranje ima svoj strateški i operativni dio gdje loša procjena planiranja doprinosi neuspjehu, dok dobra organizacija planiranja u svakom trenutku pruža odgovor na pitanje tko, što, gdje, kada i kako treba nešto napraviti. Također planiranje odgovara na pitanje u kojem trenutku nam je potrebna koja količina određenog resursa te osoba odgovorna za pojedini posao. Stoga je dobar plan poveznica između svih sudionika u projektu te veza za njihovu međusobnu komunikaciju, koordinaciju i aktivnosti. Cilj planiranja svih četiriju varijabli (vrijeme, cijena, kvaliteta, ostale značajke) učinkovitim korištenjem raspoloživih resursa te svođenjem troškova, trajanja i rizika u projektu na najmanju moguću mjeru [2].

Kako bi planiranje bilo smisleno ono prije svega mora biti usklađeno s proizvodnim mogućnostima, temeljeno na konkretnim podacima i stečenim iskustvima. Također potrebna je usklađenost radova te optimalno korištenje resursa kao i procjena trenutnog stanja tržišta i suvremene tehnologije [2].

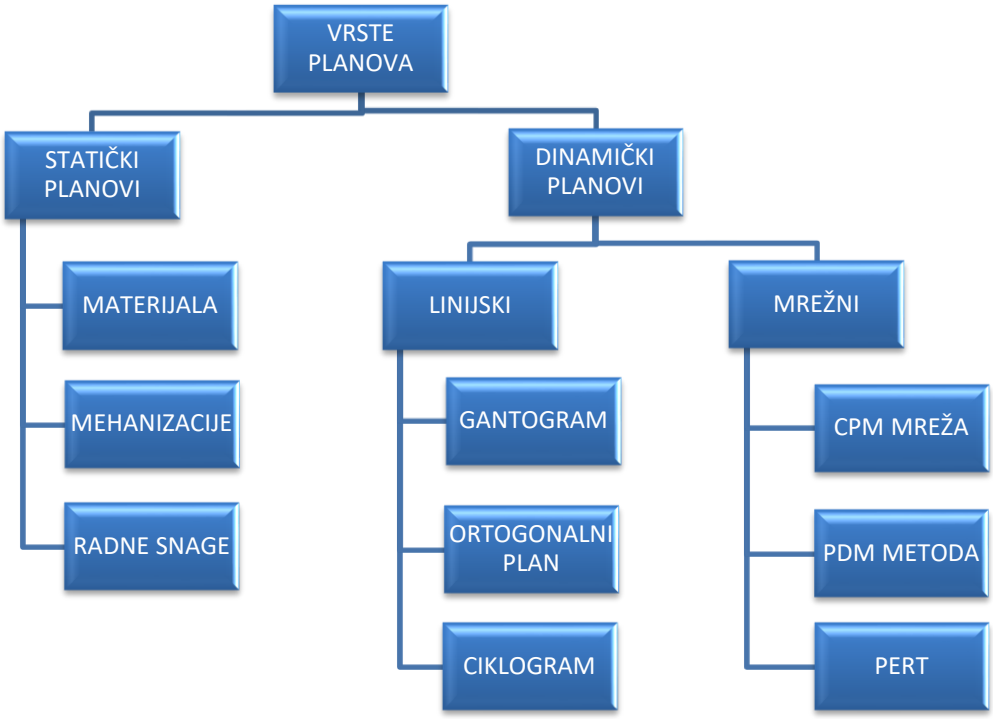
Svako planiranje ima svoj strateški i operativni dio. Strateško planiranje je kreativan način predviđanja problema i pronalaženja rješenja za probleme koji se mogu naći na putu za ostvarenje cilja koji su dugoročni. Operativno planiranje je planiranje koje uzima u obzir sredstva za provedbu plana. Temeljem svega navedenog, uspješnost planiranja ipak ovisi o sudionicima uključenim u projekt i njihovom interesu i uključenosti u planove koji moraju biti izrađeni po načelu da postoji samo jedan plan kojeg se svi sudionici moraju držati i prihvatiti kao službeni dokument iz kojeg se jasno i brzo može pročitati sadržaj, odgovornosti, vremenski ciljevi i faze projekta. Stoga, svaki plan mora biti potpun, pregledan, dinamičan legitiman i realan [2].

Svaki projekt možemo podijeliti u četiri faze planiranja u kojima sudjeluju naručitelj i izvođač. Faze planiranja su koncipiranje, definiranje, ugovaranje i izvršenje. Prve dvije faze planiranja projekta izvršava naručitelj dok izvršenje planira izvođač. Bitna faza

planiranja je ugovaranje jer u toj fazi dolazi do preklapanja plana naručitelja i izvođača te ju je najteže uskladiti zbog različitih mišljenja. U fazi koncipiranja projekta definiraju se problemi i potrebe projekta te cilj, struktura, potrebni resursi i ograničenja [2].

Planiranje naručitelja odnosno investitora obuhvaća definiranje ugovornog roka te je naručitelj upućen u posao u koji želi investirati novac. Naručitelj često koristi usluge specijaliziranih vanjskih suradnika te konzultanata kako bi pri ugovaranju postigao što povoljnije uvjete. Planiranje izvođača nakon što se ugovori posao obuhvaća planiranje od cjeline prema detaljima, dok investitor prelazi na aktivnost praćenja i kontrole projekta, mada često za tu aktivnost odabire specijalizirane osobe kao što je nadzorni inženjer [2].

Prema vremenskom kriteriju postoje statički, dinamički planovi, brojčani te grafički planovi što je prikazano shematski prikazano na slici 2. Statički planovi su planovi bez vremenske komponente i odnose se na samo planiranje ukupno potrebnih materijala za projekt ili ukupno potrebnih radnih sati prema normativima. Dinamički planovi su planovi koji sadrže vremensku komponentu, rade se različitim metodama na način da proučavaju međusobni utjecaj osnovnih faktora i njihov utjecaj na rokove i troškove građenja. Dinamički planovi dijele se na linijske i mrežne planove. Brojčani planovi su oni u kojima se podaci prikazuju u brojčanom vrijednostima u obliku tablica dok se grafički planovi prikazuju linijski, prostorno ili u obliku mreže. U linijskim planovima aktivnosti se prikazuju nizom linija čija je duljina proporcionalna trajanju aktivnosti. Mrežnim planovima aktivnosti su prikazane mrežnim dijagramom s naznačenim slijedom aktivnosti i međusobnim vezama tih aktivnosti [2].



Slika 2. Shematski prikaz vrsta planova

2.3.1. Gantogram

Gantogram je grafička metoda linijskog plana te je vrlo pregledan i lako ga je razumjeti upravo zbog toga se najviše koristi u praksi. Strukturiran je na način da se na apcisu nanosi vrijeme koje je najčešće u danima, a na ordinati se upisuju vrste radova odnosno aktivnosti. Raspored radova prikazan je linijama, a duljine tih linija proporcionalne su duljini trajanja same aktivnosti. Prednosti gantograma su jednostavnost izrade i korištenja, razumljivost te se iz njega vidi kada koja aktivnost počinje i završava uz jasno predočenje kritičnih aktivnosti i eventualnih rezervi. Nedostaci su mu to što nisu prikazane veze između aktivnosti i nije naznačeno koje aktivnosti su prioritetne [2].

2.3.2. Histogram

Histogram je grafička metoda pomoću koje se prikazuje raspodjela radne snage ili strojeva pojedine aktivnosti te se uglavnom koristi u kombinaciji s gantogramom. Histogram je strukturiran na način da je na apsici prikazano vrijeme u danima, a na ordinati broj resursa, radnika ili strojeva. Raspodjela resursa prikazuje se pomoći površine odnosno broj resursa pomnožen s brojem dana. Kao i gantogram, histogram je veoma jednostavan za izradu i korištenje [2].

2.3.3. Ciklogram

Ciklogram je prostorni plan i zapravo je podvrsta ortogonalnih planova. Ciklogram pomoću koordinatnog sustava na apscisi prikazuje vremenske jedinice, a na ordinati prostorne jedinice tj. mjesta rada dok su vrste radova prikazane pomoću linija s nagibom. Koriste se kod planiranja aktivnosti rada kod objekta koji zahtijevaju cikličko odvijanje radova na pojedinim prostornim jedinicama u kojima se ne smije istovremeno odvijati više procesa. Pomoću modula cikličnosti označava se trajanje jednog procesa na jednoj prostornoj jedinici te su pogodni za radove koji imaju neprekinuti slijed aktivnosti [2].

2.3.4. Linija putokaza

Linija putokaza jednostavna je grafička metoda koja služi za kontrolu stanja radova putem povratnog praćenja ostvarenja izabranih aktivnosti gdje se određuju među rokovi koji će se pratiti u planu građenja, određuju se vremena kontrole tijekom izvršenja. Na horizontalnu os se nanosi vrijeme kontrole dok se iznad okomito upisuje odgovarajući podatak o stanju međuroka. Ukoliko se građenje odvija po planu sve su linije horizontalne. Ukoliko ima odstupanja javlja se otklon [2].

2.3.5. S - krivulja

S - krivulja se koristi za prikazuje za kumulativni ili sumarnih vrijednosti odabrane varijable ili količine tijekom određenog vremena. Krivulja koja pokazuje podatke ima pravilan ili nepravilan oblik slova S te je zbog toga i dobila naziv S – krivulja. Idealna S – krivulja je pravac s konstantnim prirastom tijekom vremena što znači da je promatrana varijabla nepromijenjiva u vremenu gdje se oko pravca formiraju pravilne krivulje, dok je u centru grafa točka. Idealno sjecište s pravcem je u točki 50/50 (vrijeme/količina), manji ili veći prirast upućuje na neravnomjerno opterećenje tijekom vremena. Glavno obilježje je jednostavnost izrade i velike mogućnosti korištenja. Primjenjuje se na srednjim i višim razinama upravljanja [2].

2.3.6. Mrežni plan

Postoji više različitih metoda mrežnog planiranja gdje su najpoznatije Critical Path Method (CPM), Program Evolution and Review Technique (PERT) i Precedence Diagramming Method (PDM) metoda. CPM metoda je deterministička metoda mrežnog planiranja orijentirana na aktivnosti koje su u mrežnom dijagramu prikazane u obliku strijela dok su u obliku čvorova prikazani događaji. PERT metoda orijentirana je na događaje dok je PDM metoda orijentirana na aktivnosti koje se prikazuju pomoću čvorova dok aktivnosti definira različitim vrstama veza [2].

2.4.Zaštita na radu

Zaštita na radu iznimno je važna kako bi se zaštitilo zdravlje i sigurnost ljudi, očuvala imovina te osigurali uvjeti za produktivan rad. Građevina je djelatnost s najvećim brojem ozljeda na radu stoga je pravilno prepoznavanje rizika i prevencije izrazito važno. Kao glavni razlozi ozljeda su neodgovornost sudionika u građenju, nedisciplina u poštivanju propisa zaštite na radu i obučenost radnika direktno izloženih opasnosti. Obveza zaštite na radu definirana je zakonskim propisima, a za ozljede na radu rukovoditelj. Zaštita na radu može se definirati kao skup tehničkih, zdravstvenih,

organizacijskih, pravnih, pedagoških i drugih djelatnosti pomoću kojih se otklanjaju opasnosti koje ugrožavaju život i zdravlje osoba na radu i utvrđuju mjere, postupci i pravila da bi se otklonile ili smanjile te opasnosti. Podjela pravila zaštite na radu u širem smislu podrazumijeva zaštitu od požara, buke i uporabe opasne radne tvari te se dijele na tri osnovne skupine:

1. Osnovna pravila zaštite na radu – odnose se na tehničke mjere na sredstvima rada i s radnom okolinom te imaju prednost pred ostalim propisima zaštite na radu
2. Posebna pravila zaštite na radu – odnose se na postupke s unesrećenim ili oboljelim zaposlenikom
3. Priznata pravila zaštite na radu – provjereni načini iz stranih propisa kojima se opasanost na radu sprječava.

Znakovi sigurnosti s općim porukama sigurnosti u kombinaciji boje i geometrijskog oblika koji uz dodatni grafički simbol ili tekst nose poruku o sigurnosti [2].

Obveza investitora je imenovanje minimalno jednog ili više koordinatora zaštite na radu u fazi projektiranja (koordinator 1) i u fazi izvođenja radova (koordinator 2). Koordinator 1 ima obvezu primjene načela zaštite na radu te izraditi ili dati izraditi plan izvođenja radova koji sadrži posebne mjere ako se poslovi na gradilištu ubrajaju u opasne radove. Također mora izraditi dokumentaciju koja sadrži specifičnosti projekta i bitne sigurnosne i zdravstvene podatke. Koordinator 2 mora koordinirati primjenu načela zaštite na radu te izvođenja odgovarajućih postupaka u svrhu primjene načela zaštite na radu na gradilištu. Također osigurava suradnju i uzajamno izvještavanje svih izvođača radova te provjerava dali se radni postupci provode na siguran način [2].

Slika 3. Ploča gradilišta sa znakovima zaštite na radu

U svrhu smanjenja opasnosti od nastanka štetnih događaja za zdravlje i život ljudi, a u skladu s zakonskom regulativom na slici 3. prikazane su oznake na gradilištu smještene na ulazu u gradilište, te je posebno istaknuto znakovlje zaštite na radu.

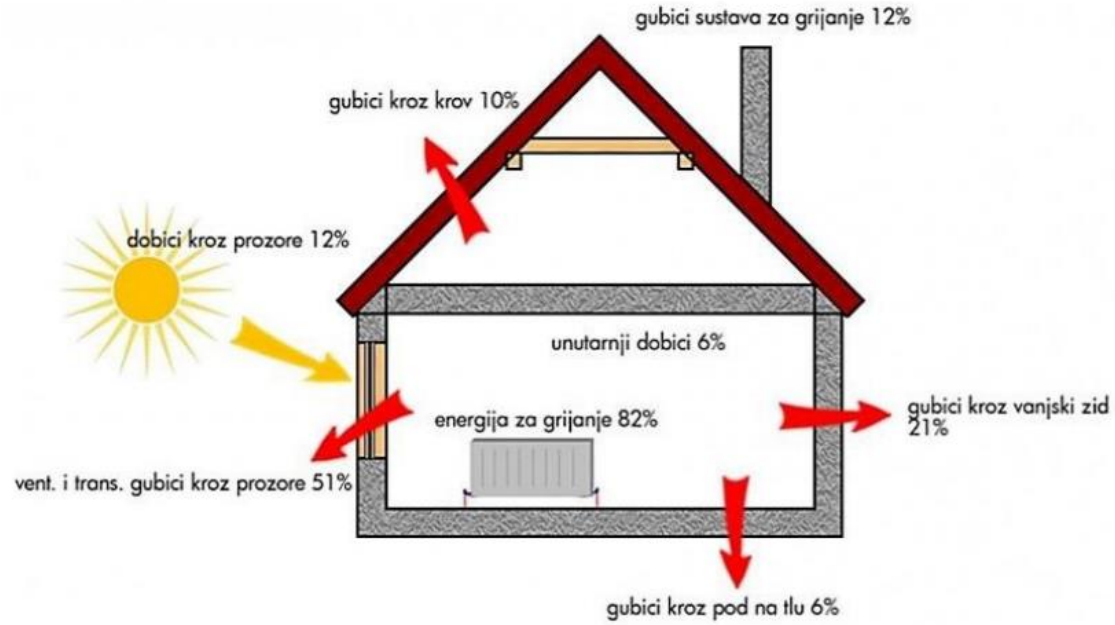
3. Energetska učinkovitost zgrada

Energetska učinkovitost obuhvaća učinkovitu uporabu energije s ciljem minimalnog korištenja energije bez kompromitiranja udobnosti i stope proizvodnje. Da bi se navedeno postiglo potrebno je prethodno isplanirati te kasnije implementirati mjere energetske učinkovitosti. Energetska učinkovitost ne podrazumijeva štednju već mogućnost korištenja manje količine energije za obavljanje istih aktivnosti

implementacijom suvremenih tehničkih rješenja i edukacijom te promjenom navika potrošača [3].

Prema stupnju pretvorbe energiju dijelimo na primarnu, sekundarnu, neposrednu i korisnu dok se prema izvoru dijeli na obnovljivu i neobnovljivu [4]. Obnovljive izvore energije karakterizira mogućnost obnavljanja te u takvu vrstu energije ubrajamo sunčevu energiju, energiju vode, energiju vjetra, biomasu i geotermalnu energiju. S druge strane neobnovljive izvore energije karakterizira ograničenost nalazišta i zaliha te potencijalna konačna iskoristivost istih. Neobnovljivi izvori energije su fosilna goriva.

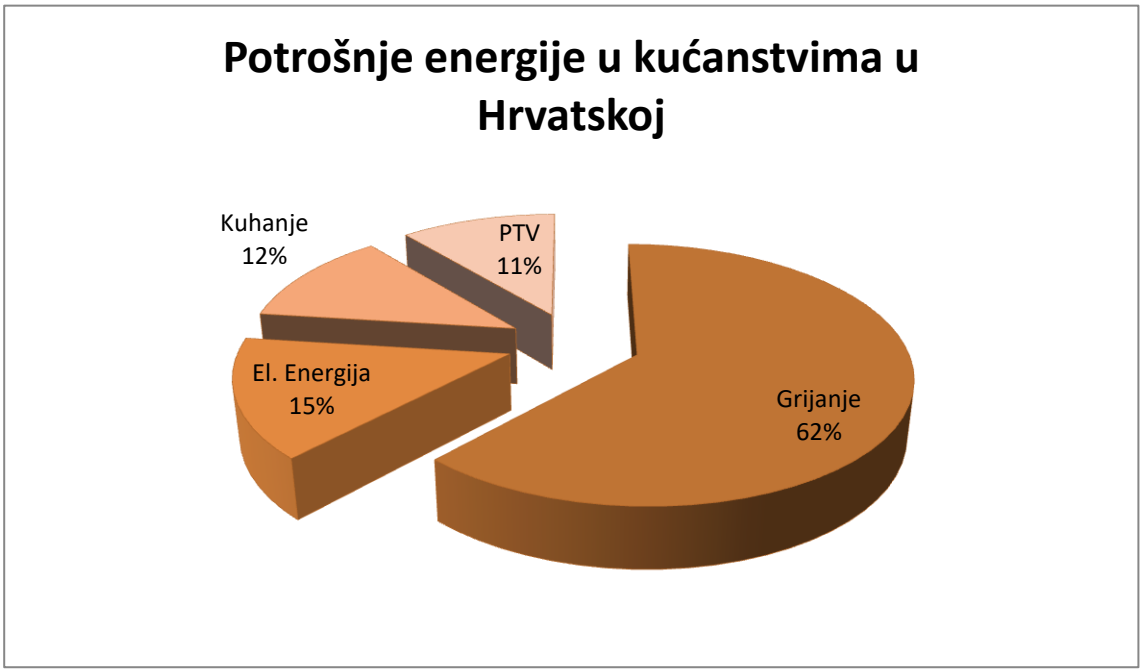
Potrošnja energije u zgradama ovisi o samim karakteristikama zgrade, ugrađenim energetskim sustavima te klimatskom podneblju na kojem se zgrada nalazi. Za kvalitetno određivanje energetske bilance zgrade od iznimne važnosti su pojmovi toplinski gubici i toplinski dobici, stupanj-dan grijanja, stupanj korisnog djelovanja te koeficijent prolaza topline. Energetska bilanca zgrade prikazana je na slici 4. te obuhvaća energetske gubitke i dobitke same zgrade [3].



Slika 4. Energetska bilanca zgrade [3]

Važno je naglasiti da zgradu, za potrebe energetske analize treba gledati kao sustav, a potreba za toplinskom energijom povezana je s toplinskim gubicima, odnosno ukoliko toplinski dobici pokrivaju toplinske gubitke možemo reći da u zgradi vladaju

povoljni uvjeti toplinske ugodnosti. Energetska učinkovitost u zgradarstvu se temelji na ideji smanjenja potrebne energije sustava za grijanje na što je moguće manju mjeru na način smanjenja ulazne energije i toplinskih gubitaka uz uvjet da se ne naruši toplinska ugodnost prostora. Za postizanje navedenih uvjeta potrebno je povećati toplinske dobitke od Sunca uz smanjenje transmisijskih i ventilacijskih gubitaka na način da se poboljša toplinska izolacija i ugrade energetski učinkoviti materijali. Ugradnjom učinkovitijih sustava grijanja smanjiti će se gubici sustava za grijanje uz povećanje broja obnovljivih izvora energije [3].



Slika 5. Potrošnja energije u kućanstvima u Hrvatskoj [3]

Ukupnu energetsku potrebu zgrade čine potreba za grijanjem u postotnom iznosu od čak 62%, zatim potreba za električnom energijom za rasvjetu, električne uređaje i klimatizaciju u iznosu od 15% te kuhanje s 12% i pripremu potrošne tope vode u iznosu od 11% što je prikazano na slici 5. [3].

Potrebno je napomenuti da potrošnja energije ovisi i o klimatskim prilikama te može varirati i do 60% te da velik utjecaj ima sam oblik građevine, toplinska izolacije i energent. Stoga se može reći da na ukupnu potrošnju energije u zgradi utječu:

- Ovojnica zgrade,
- Sustav grijanja,
- Sustav ventilacije,
- Sustav PTV-a,
- Sustav rasvjete [3].

Godišnja potrošnja energije u zgradi po korisnoj jedinici grijane površne odnosno energetska učinkovitost, jedinica je koja služi za određivanje energetske učinkovitosti u zgradi. Navedeni indikator se koristi kako bi se ocijenila učinkovitost potrošnje energije s obzirom na zatečeno stanje vanjske ovojnice, pratio učinak provedenih mjera te predložile buduće mjere. Oznaka indikatora je E, a izražen je jedinicom kWh/m^2 godišnje [3]. Formula 1 za izračun indikatora energetske učinkovitosti glasi:

$$E = \frac{\mathrm{Q}}{\mathrm{A}} \left[\frac{kWh}{m^2 god}\right] \tag{1}$$

E – indikator energetske učinkovitosti

Q – količina goriva

A – grijana površina

3.1. Toplinska zaštita zgrada

Energetska učinkovitost u zgradarstvu uz primjenu suvremenih tehnologija u graditeljstvu postala je standard današnjeg graditeljstva te je definirana brojnim direktivama i zakonodavnim okvirom. Energetska učinkovitost u zgradarstvu podrazumijeva brojne mogućnosti ušteda, ponajviše u segmentu zaštite ovojnice zgrade. Toplinska izolacija, odnosno nedovoljna toplinska izolacije vanjske ovojnice ima za

posljedicu velike gubitke topline zimi, nastanak oštećenja uzrokovanih kondenzacijom, hladne obodne konstrukcije te pregrijavanje prostora u ljetnim mjesecima. Pravilnom i adekvatnom implementacijom toplinske izolacije je moguće smanjiti toplinske gubitke za 40 do 80% [3].

Budući da su zgrade najveći potrošači energije te veliki proizvođači emisija CO_2 koji za posljedici imaju zagađenje okoliša, a uzimajući u obzir relativno dug životni period zgrada potrebno je dugoročno promišljanje o njihovoj održivosti. U pogledu energetske učinkovitosti u zgradarstvu možemo navesti nekoliko perioda, tako zgrade građene prije 1970. godine izvođene su od statički laganijih i tanjih konstrukcija, a zbog nepostojanja propisa o toplinskoj izolaciji zgrada i istovremene niske cijene energenata s godinama su postale iznimno veliki potrošači energije koji ni u kojem smislu ne zadovoljavaju današnje propise toplinske izolacije [3]. Zbog nepostojanja propisa u pogledu energetske učinkovitosti, toplinska izolacija vanjskih zidova nije se koristila u mjeri kojom se koristi danas. Daljnjim protekom vremena uveo se standard grijanja prostora na temperaturu višu od 18°C čime su zgrade postale veliki potrošači energije [3]. Stolarija zgrada građenih prije 1970. godine bila je izvedena uglavnom od drvenih materijala ostakljenih s jednim ili dva stakla po krilu. Prozori su se ugrađivali na razmaku većem od 10 cm s dva krila. Takvi prozori imali su velike transmisijske gubitke zbog nezabrtvljenosti rešetka. Može se reći da prosječna zgrada građena u navedenom periodu ima toplinske gubitke 200-250 kWh/m^2 godišnje [5]. Tehnički napredak građevinskih materijala rezultirao je gradnjom velikog fonda zgrada, no još uvijek energetski nepovoljnih [3].

Prvi propis za područje Republike Hrvatske o toplinskoj zaštiti zgrada donesen je 1970. godine (Pravilnik o tehničkim mjerama i uvjetima za toplinsku zaštitu zgrada - Službeni list SFRJ 35/70) gdje je teritorij države bio podijeljen na tri zone te je za svaku zonu propisan najveći dopušteni koeficijent prolaska topline. U praksi to je značilo skromnu primjenu toplinske izolacije u iznosu od 2-4 cm [5]. Nadalje, 1980. godine donesen je novi zahtjev s gledišta toplinske izolacije zgrada kroz normu JUS U.J5.600 Toplinska tehnika u građevinarstvu i tehnički uvjeti za projektiranje i građenje zgrada kojim se koeficijent prolaska topline smanjio za 30%. Godine 1987. je doneseno prošireno izdanje norme kojom se ograničavaju toplinski gubici kroz zgradu kao cjelinu. Unatoč sveprisutnoj primjeni načela smanjenja potrošnje energije, Republika

Hrvatska tek 2006. godine donosi novi tehnički propis s strožim uvjetima toplinske izolacije i uštede energije u zgradama. Stoga možemo reći da zgrada građene u razdoblju 1987.-2006. godine imaju prosječno istu toplinsku kvalitetu koja iznosi od 100 do 150 kWh/m^2 godišnje, s primjenom toplinske izolacije od kamene vune ili polistirena debljine 4, 6 ili 8 cm [5].

Godine 2006. usvojen je tehnički propis o uštedi toplinske energije i toplinske zaštite u zgradama (NN 79/05) koji predstavlja veliki napredak s pogleda toplinske zaštite zgrada. Tehničkim propisom definirana je maksimalno dopuštena godišnja potrošnja zgrade u odnosu na faktor oblika, tj. odnos površine oplošja grijanog prostora i volumena te maksimalni koeficijent prolaska topline za prozore i vrata u iznosu od U =1,80 W/m^{2}K [5].

Energetska obnova zgrada građenih prije 1980. godine ima za posljedici smanjenje potrošnje toplinske energije u iznosu od oko 60%. Navedeno je moguće postići toplinskom izolacijom vanjskih zidova te zamjenom stolarije i energenata. U pogledu toplinske izolacije ovojnice zgrade bitno je navedeno izvesti sveobuhvatno odnosno toplinski izolirati vanjske zidove, zidove prema negrijanim prostorima, međukatne konstrukcije, strop prema podrumu ili tavanu ravni ili kosi krov, strop vanjskog prostora. U pravilu toplinska izolacija vanjskih zidova izvodi se dodavanjem toplinsko-izolacijskog sloja s vanjske strane zida, moguća je i toplinska izolacija s unutarnje strane, no ista je relativno nepovoljna i skuplja te ima za rezultat gubitak korisnog prostora. Kod izvedbe toplinske izolacije s unutarnje strane potrebno je paziti na toplinski tok zida i izvedbu parne brane s ciljem izbjegavanja smanjenja kondenzata i pljesni. Navedeni princip postavljanja toplinske izolacije primjenjuje se u slučaju kada se ne žele postići promjene vanjskog pročelja zgrade [3].

Izvedba toplinske izolacije s vanjske strane pročelja može se izvesti na način punoplošnim lijepljenjem zaštitnog sloja na toplinsko izolacijski sloj ili učvršćivanjem pojedinačnih elemenata zaštitnog sloja na podkonstrukciju uz uvjet da se sloj zraka ventilira tzv. ventilirane fasade. Tehnologija izvedbe toplinske izolacije kompaktne fasade sastoji se od lijepljenja toplinsko izolacijskog materijala za kompaktni zid s polimernocementnim ljepilom te pričvršćivanjem s pričvrsnicama. Ploče toplinske izolacije se postavljaju horizontalno s pomakom u odnosu na prethodni red, a površina se obrađuje nanošenjem polimerno-cementnog ljepila i utiskivanjem tekstilno-staklene

mrežice. Ljepilo se ponovno zaglađuje i dobro osuši prije nanošenja impregnacijskog premaza kao podloge za završni sloj od silikatnog, silikonskog ili akrilnog sloja minimalne debljine zrna 1,5 mm. Ukoliko se radi o debeloslojnom sustavu tada se koristi mineralna žbuka debljine 15 mm s završnim slojem do 5 mm s obveznim nanošenjem cementnog šprica kao vezivnog sloja. Standardizirani sustav ugradnje toplinske izolacije čine izolacijski sloj toplinskoizolacijskog materijala debljine 10-12 cm koeficijenta topline od oko 0,30 W/m2K [3].

Za zadovoljavanje toplinskih svojstava zgrade potrebno je poznavati toplinska svojstva građevinskih materijala koji se ugrađuju kao toplinska izolacija, prije svega koeficijent toplinske vodljivosti λ [W/mK] koji predstavlja prolaz topline kroz materijal dimenzija $1m^2$ i debljine 1m u jedinici vremena s razlikom temperature od 1K. Vrijednost koeficijenta ovisi o vlažnosti, gustoći te veličini i povezanosti pora materijala te je različita za različite materijale. Za postizanje bolje toplinske izolacije ugrađuju se materijali koji imaju nisku toplinsku vodljivost tj. visoki toplinski otpor koji se povećava s povećanjem debljine materijala. Koeficijent prolaska topline U predstavlja gubitak koji ostvaruje građevinski element po metru kvadratom u jednoj sekundi kod razlike u temperaturi od 1 K, izražava se u W/m^2K te je bitna karakteristika kod analize ukupnih toplinskih gubitaka te potrošnje energije. Za odabir kvalitetnog materijala toplinske izolacije potrebno je voditi računa i o karakteristikama materijala s obzirom na otpornost na požar, otpornost na difuziju vodene pare, stišljivost, trajnost, vlačnu tvrdoću i drugo. Općenito materijale toplinske izolacije možemo podijeliti na anorganske i organske od kojih u anorganske spadaju polistiren te poliuretan. Mineralna vuna izrazito je dobar toplinski izolator s provodljivošću topline u iznosu od 0,035 do 0,045. Materijal je mineralnog podrijetla te se koristi za zvučnu, toplinsku i protupožarnu izolaciju. Stiropor predstavlja sinonim za ekspandirani polistiren termoizolacijskih svojstava od 0,035 do 0,040 W/mk te niskom cijenom i jednostavnom ugradnjom. Osim kao toplinska izolacija stiropor se koristi i kao plivajući pod kod podnih međukatnih konstrukcija iako sam materijal ima izrazito loša protupožarna svojstva te nije otporan na temperature više od 80°C. Na tržištu također postoje termoizolacijski materijali kao što su glina, lan, slama, vuna, celuloza, no oni imaju slabija izolacijska svojstva i za njihovu ugradnju potrebne su veće debljine materijala

stoga još uvijek nisu našli na masovnu primjenu. U tablici 1. su prikazane projektne vrijednosti toplinske provodljivosti nekih toplinsko izolacijskih materijala.

Tablica 1. Toplinska provodljivost nekih toplinsko izolacijskih materijala [3]

TOPLINSKO-IZOLACIJSKI MATERIJAL	GUSTOĆA ρ [kg/m^3]	TOPLINSKA PROVODLJIVOST λ [W/m K]	POTREBNA DEBLJINA (cm) ZA U=0,35 W/m^2 K	FAKTOR OTPORA DIFUZIJI VODENE PARE μ	REL. TROŠAK ZA U=0,35 W/m^2 K
Mineralna vuna (MW) prema HRN EN 13162 (kamena i staklena vuna)	10-20	0,035 do 0,050	9-11	1	1
Ekspandirani polistiren (EPS) prema HRN EN 13163 (stiropor)	15-30	0,035 do 0,040	9-10	60	0,8
Ekstrudirana polistirenska pjena (XPS) prema HRN EN 13164	≥25	0,030 do 0,040	8-10	150	2,5
Tvrda poliuretanska pjena (PUR) prema HRN EN 13165	≥30	0,020 do 0,040	7-9	60	5-8
Drvena vuna (WW) prema HRN EN 13168	360-460	0,065 do 0,09	16-20	3/5	4-6
Ekspandirani perlit (EPB) prema HRN EN 13169	140-460	0,040 do 0,065	10-16	5	1,5-2
Ekspandirano pluto (ICB) prema HRN EN 13170	80-500	0,045 do 0,055	11-14	5/10	2-3
Ovčja vuna	15-60	0,040	10-11	1-2	-
Slama	-	0,090 do 0,130	20-35	-	-

Toplinska izolacija krova sastoji se od ugradnje nezapaljivih i paropropusnih toplinskizolacijskih materijala, najčešće u obliku kamene vune s detaljnom pažnjom prilikom izvođenja toplinskih mostova s ciljem izbjegavanja istih budući da se kroz krovnu površinu troši oko 30% topline. Ukoliko prostor ispod kosog krova nije grijan nužno je implementirati toplinsku izolaciju na strop zadnje etaže prema negrijanom prostoru. Preporuka je da debljina toplinske izolacije krova iznosi 16-20 cm te da se postavlja u dva sloja. Prvi sloj između rogova, a drugi ispod kako bi se izbjegli toplinski mostovi. Toplinska izolacija krova najčešće se s donje strane zatvara knauf pločama ili drvenim pločama. Kada se radi o ravnim krovovima, isti su najviše izloženi atmosferilijama te je od izrazite važnosti potrebno kvalitetno izvesti i hidroizolaciju i toplinsku izolaciju s pravilnom odvodnjom oborinskih voda. Također ravni krov može biti prohodan ili neprohodan te se sukladno tome izvodi završna obrada [3].

Toplinski most podrazumijeva povećan tok topline zbog promjene materijala ili geometrije. Kod toplinskog mosta javlja se manja temperatura unutarnje površine i povećava opasnost od kondenzacije vodene pare. Toplinske mostove možemo svrstati u dvije kategorije:

- Konstruktivni toplinski mostovi nastali kombinacijom različitih materijala
- Geometrijski toplinski mostovi nastali promjenom oblika konstrukcije

U praksi se većinom javlja kombinacija toplinskih mostova budući da je gotovo nemoguće izvesti zgradu bez toplinskih mostova od izrazite važnosti je takva mjesta predvidjeti već prilikom projektiranja te za ista dati najbolja moguća tehnička rješenja kako bi se spriječili toplinski gubici i promjena unutarnje temperature. Karakteristična mjesta pojave toplinskih mostova su istake balkona, streha, spojevi konstrukcija, kutija za rolete, prozora, temelji i drugo [3].

3.2.Stolarija

Jedan od dinamičnijih dijelova vanjske ovojnice su prozori i vrata koji istovremeno propuštaju energiju Sunca u prostor, ali i štite od atomosferilija i toplinskih gubitaka. Kada govorimo o gubicima kroz površine prozora, tada razlikujemo dvije vrste gubitaka, transmisijske i one nastale provjetravanjem odnosno ventiliranje. Takvi gubici, kada se zbroje, predstavljaju više od 50% gubitaka zgrade, te mogu biti i do

deset puta veći od gubitaka kroz zidove. Uzimajući u obzir normative propisane tehničkim propisom, koeficijent prolaska topline za prozore maksimalno može iznositi U=1,80 W/m^{2}K. Procjenjuje se da kod starogradnje koeficijent prolaska topline iznosi 3-3,5 W/m^{2}K čime se ostvaruju gubiti od oko 250 kWh/m^2 godišnje. Europskim zakonodavstvom s područja energetske učinkovitosti, koeficijent prolaska topline za prozore propisan je iznosom 1,4-1,8 W/m^{2}K, dok za niskoenergetske i pasivne gradnje iznosi 0,8-1,4 W/m^{2}K. Stoga je preporuka da se ugrađuju prozori s koeficijentom prolaska topline u iznosu manjem od 1,4 W/m^{2}K [3].

Kod toplinskih gubitaka ne sudjeluje samo staklo, već profil, neophodno je osigurati dobro brtvljenje kako bi se spriječili toplinski mostovi, a za osiguravanja niskog U-faktora potrebno je pažnju obratiti na debljinu i broj međuprostora te se preporuča ugradnja dvoslojnih ili troslojnih izolacijskih (IZO) stakala karakteristika 4+10+4+10+4, odnosno 3 stakla debljine 4mm na razmaku od 10mm. Također za postizanje niskog U-faktora značajno je i punjenje međuprostora IZO stakla plinovima kao što su argon ili kripton, takvo punjenje uvelike će doprinijeti smanjenju gubitaka. Odabir stakla s Low-e premazom, koje reflektira infracrveno zračenje, a istovremeno propušta sunčevu svjetlost, također doprinosi smanjenju gubitaka energije [3].

3.3.Sustav grijanja

Energija potrebna za grijanje objekta ovisi o karakteristika objekta te njegovom položaju u pogledu klimatskih regija, no neovisno o tome potrebno je poznavati termine kao što su stupanj dan i koeficijent prolaska topline. Stupanj dan predstavlja godišnju potrebnu energiju koja je definirana kao umnožak broja dana grijanja do dogovorene unutarnje temperature zraka temperature od 20°C i temperature vanjskog zraka, gdje se za izračun uzimaju dani kod kojih je temperatura niža od 12°C. Koeficijent prolaza topline elemenata ovojnice se računa pomoću koeficijenta toplinske vodljivosti elemenata zgrade i koeficijenta prijelaza topline na vanjskoj i unutarnjoj strani ovojnice te prikazuje tok topline s jednog medija na drugi kroz površinu od jednog metra kvadratnog pri razlici temperature od 1 K [3].

Izračunavanjem godišnje potrebne energije za grijanje objekta temeljem poznavanja karakteristika samog objekta kao što su zidovi ili prozori možemo odrediti potrebnu

snagu sustava grijanja. Osnovni zahtjev sustava za grijanje je činjenica da se mora osigurati ravnomjernost srednje temperature zraka u prostoriji i srednje temperature zidova u rasponu od 20 do 22 °C, također sustav grijanja mora imati mogućnost regulacije temperature i ne smije utjecati na kvalitetu zraka i ugodu boravka u prostoru. Sam sustav grijanja dijeli se prema smještaju izvora topline, vrsti goriva, nasiocu topline i načinu odavanja topline. Kada govorimo o centralnom grijanju govorimo o nekoliko varijanti izvođenja odnosno toplovodnom, vrelovodnom parnom ili zračnom. Kod toplovodnog grijanja nosioc topline (voda) maksimalne je temperature do 110°C, nakon zagrijavanja u kotlovima preko sustava cjevovoda voda se dovodi do ogrjevnih tijela te predaje toplinu i vraća se na dogrijavanje. Kod zračnog grijanja zrak je nosioc topline koji se zagrijava i izmjenjivaču te kanalima razvodi po objektu. Može se zaključiti da su elementi centralnog sustava zagrijavanja: izvor topline, cijevni razvod, ogrijevna tijela, regulacija s sigurnosnim uređajima te dimnjak, dok se učinkovitost određenih sustava za grijanje dobiva mjerenjem sukladno odgovarajućim normama te je za neke uređaje prikazana tablicom 2 [3].

Tablica 2. Učinkovitost uređaja za proizvodnju topline bazirana na donjoj ogrjevno moći [3]

Gorivo	Vrsta uređaja	Učinkovitost
Kruta goriva	Peći i štednjaci	60 do 75%
	Kotlovi, starija izvedba	60 do 75%
	Kotlovi, nova izvedba	80 do 90%
	Kotlovi na različitu biomasu	82 do 92%
	Peleti	87 do 92%
	Sječka	85 do 90%
	Kombinirani kotlovi	70 do 78%
Tekuća goriva	Kombinirani kotlovi (kruto)	65 do 75%
	Standardni	85 do 90%
	Nisko temperaturni	90 do 95 %
Plinska goriva	Standardni	92 do 95%
	Niskotemperaturni	95 do 98%
	Kondenzacijski	do 108%

3.4. Ventilacija i hlađenje

Ventilacija zgrada bitna je zbog kontinuiranog osiguravanja svježeg zraka za održavanje osnovnih životnih funkcija i boravak ljudi. Tehničkim propisom o sustavima ventilacije, djelomične klimatizacije i klimatizacije zgrada (NN 03/07) propisana su tehnička svojstva i zahtjevi za projektiranje, izvođenje i održavanje sustava. Kako bi se ostvarila ugodnost boravka u zgradi moraju se ostvariti propisani parametri kao što su unutarnja temperatura 21°C s mogućnošću odstupanja od 2 °C uz relativnu vlažnost do 50% i brzinu strujanja zraka u prostoriji od 0,1 do 0,3 m/s. Sama ventilacija može se ostvariti prirodnim ili mehaničkim putem. Prirodna ventilacija podrazumijeva infiltriranje zraka kroz prozore ili otvaranje prozorskih okna dok mehanička ventilacija podrazumijeva odsisavanje onečišćenog zraka kroz kanale ili tlačnu ventilaciju odnosno kombinaciju odsisno-tlačne ventilacije [3]. Ovisno o vrsti prostorije definirane su preporučljive potrebne izmjene zraka koje su prikazane tablicom 3.

Tablica 3. Preporučljiv broj izmjena zraka u satu naspram vrste prostorija [3]

Vrsta prostora	Broj izmjena zraka u satu (h-1)
Prostorije za rad i boravak	3-5
Kuhinje (za vrijeme kuhanja)	15-30
Spremišta za namirnice	10-30
Spavaonice	3-6
Kupaonice	4-8
Nužnici	4-9
Stubišta	4-8
Pojedinačne garaže	3-6

.

Hlađenje stambenog prostora u većini slučajeva izvodi se pomoću rashladnih jedinica koji sadrže osnovne komponente uređaja kao što su kompresor, kondenzator, isparivač, prigušni ventil i radna tvar u svojstvu prijenosnika energije. Kondenzator i kompresor smještaju se u vanjsku jedinicu, dok prigušni ventil i isparivač se nalaze u unutarnjoj jedinici. Za takve uređaje uvriježeni je naziv i SPLIT sustav zbog različite

lokacije vanjske i unutarnje jedinice, također se koristi i naziv klima dok se pod pojmom klimatizacije podrazumijeva regulacija temperature zraka, vlažnosti, brzine strujanja, razine buke, i čistoće samog zraka [3].

3.5. Priprema potrošne tople vode

Priprema potrošne tople vode (PTV) bitna je kod sveobuhvatnog pogleda na energetsku učinkovitost u zgradama budući da na istu otpada 20% ukupne godišnje potrošnje toplinske energije. Prosječno se dnevno troši 200 do 300 litara vode po osobi, odnosno 40 do 70 litara tople vode temperature 45°C koja se koristi za održavanje osobne higijene. Način pripreme potrošne tople vode ovisi o brojnosti kućanstva te vrsti energenta, stroga možemo govoriti o uređajima kao što su protočni bojler, kombinirani bojler, kotao za centralnu pripremu vode, solarni kolektori, dizalice topline itd. [3].

3.6. Obnovljivi izvori energije

Uzimajući u obzir sve veću potrebu za konzumacijom energije neophodno je da se počelo razmišljati o obnovljivim izvorima energije koji nemaju štetan utjecaj na atmosferu te ih nije moguće potrošiti. Najveći izvor obnovljive energije je Sunce, zatim vjetar, hidroenergija, biomasa, energija valova i dr. Godišnje dozrači 15 000 puta više energije od Sunca naspram svjetskih potreba te se energija Sunca može iskoristit pomoću sunčevih kolektora ili fotonaponskih ćelija ali i pasivno kroz arhitektonsko planiranje građevina u svrhu grijanja i osvjetljenja zgrade [3].

4. Zakonska regulativa

Područje graditeljstva regulirano je Zakonom o gradnji NN 153/13, 20/17, 39/19, 125/19 čime su regulirani osnovni pojmovi u graditeljstvu nužni za razumijevanje tematike. Predmetnim zakonom građenje je definirano kao izvedba građevinskih i drugih radova (pripremni, zemljani, konstruktorski, instalaterski, završni te ugradnja građevnih proizvoda, opreme ili postrojenja) kojima se gradi nova građevina, rekonstruira, održava ili uklanja postojeća građevina. Sukladno zakonu građevina je građenjem nastao i s tlom povezan sklop, izveden od svrhovito povezanih građevnih proizvoda sa ili bez instalacija, sklop s ugrađenim postrojenjem, samostalno postrojenje povezano s tlom ili sklop nastao građenjem. Gradilište je zemljište i/ili građevina, uključivo i privremeno zauzete površine, na kojima se izvodi građenje ili radovi potrebni za primjenu odgovarajuće tehnologije građenja i zaštitu. Sama gradnja zakonom je definirana kao projektiranje i građenje građevina te stručni nadzor građenja [1]. Također zakonom o gradnji regulirane su skupine građevina s obzirom na zahtjevnost gradnje,od zahtjevnijih prema manje zahtjevnima:

1. skupina – građevine koje se planiraju Državnim planom prostornog razvoja;

2.a skupina – građevine za koje se utvrđuju posebni uvjeti i provodi postupak procjene utjecaja zahvata na okoliš, postupak ocjene o potrebi procjene utjecaja na okoliš i/ili ocjene prihvatljivosti zahvata za ekološku mrežu;

2.b skupina – građevine za koje se utvrđuju posebni uvjeti, a ne provodi postupak donošenja rješenja o prihvatljivosti zahvata za okoliš, odnosno postupka ocjene o potrebi procjene utjecaja na okoliš i/ili ocjene prihvatljivosti zahvata za ekološku mrežu;

3.a skupina – građevine za koje se ne utvrđuju posebni uvjeti;

3.b skupina – zgrade stambene namjene čija građevinska (bruto) površina ne prelazi 400 m² i zgrade poljoprivredne namjene čija građevinska (bruto) površina ne prelazi 600 m², za koje se ne utvrđuju posebni uvjeti [1].

Nadalje bitan zakon za razumijevanje energetske učinkovitosti u zgradarstvu je Zakon o energetskoj učinkovitosti (NN 127/14, 116/18, 25/20, 41/21) kojim je zakonski regulirana energetska obnova zgrada kao primjena mjera energetske učinkovitosti u

svrhu poboljšanja energetskog svojstva zgrade ili njezina dijela i temeljnog zahtjeva za građevinu – gospodarenje energijom i očuvanje topline, pri čemu mjere energetske učinkovitosti obuhvaćaju: energetski pregled i energetsko certificiranje zgrade za potrebe energetske obnove, izradu projektne dokumentacije za energetsku obnovu zgrade kojom se dokazuje ušteda energije, povećanje toplinske zaštite ovojnice zgrade, unapređenje tehničkih sustava zgrade koji uključuju tehničku opremu za grijanje, hlađenje, ventilaciju, klimatizaciju i pripremu potrošne tople vode, sustav rasvjete te sustav automatizacije i upravljanja zgrade ili njezina dijela te uvođenje sustava obnovljivih izvora energije. Za poboljšanje energetske učinkovitosti nužna je implementacija mjera odnosno mjerljivih radnji koje vode provjerljivom odnosno mjerivom poboljšanju energetski učinkovitosti u pogledu smanjenja potrošnje energije i vode. Način mjerljivog oblika implementacije provedenih mjera je Energetski pregled, Zakonom o energetskoj učinkovitosti definiran postupak potreban za stjecanje odgovarajućeg znanja postojećoj potrošnji energije zgrade te prepoznavanje učinkovitih mogućnosti uštede energije. Sama energetska učinkovitost definirana je kao odnos između ostvarenog korisnog učinka i energije potrošene za ostvarenje tog učinka [4].

Implementacija mjera energetske učinkovitosti sa svrhom poboljšanja energetski svojstava građevine, sustavnog gospodarenje energijom i očuvanja topline uz poštivanje temeljnih zahtjeva za građevinu svrha je energetske obnove zgrada. Implementacijom mjera potrebno je obuhvatiti energetski certifikat zgrade, izradu projektne dokumentacije s dokaznicom projektiranih ušteda te konačno upravljanje zgradom i instalacijom obnovljivih izvora energije, sve s u skladu Tehničkim propisom o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u (NN 128/15, 70/18, 73/18, 86/18, 102/20), a s ciljem maksimaliziranja ušteda i smanjenja potrošnje energenata. Donošenjem tehničkog propisa regulirana je toplinska zaštita zgrade kako novih objekata, tako i rekonstrukcije postojećih te su definirani tehnički zahtjevi ušteda toplinske energije, sadržaji projekata zgrade s obzirom na toplinske uštede te s njima povezana iskaznica potrebne topline za grijanje zgrade, kao i propisi za građevinske elemente i održavanje same zgrade. Propisom su definirane maksimalne dopuštene potrošnje zgrada na godišnjoj razini koje su u korelaciji s faktorom oblika odnosno odnosu površine oplošja grijanog prostora i volumena, navedene vrijednosti prikazane su u tablici 4 [4]. Propis se ne odnosi se na zgrade koje koriste najmanje 70% energije

za grijanje iz obnovljivih izvora energije te one koje toplinske gubitke nadoknađuju unutarnjim izvorima topline u minimalnom iznosu od 50% [3].

Tablica 4. Zahtjev u vezi ušteda energije za stambene i nestambene zgrade grijane na temperaturu višu od 18°C [3]

ZGRADE KOJE SE GRIJU NA TEMPERATURU 18 °C I VIŠE		
	Stambena zgrada	Nestambena zgrada
f_0 Faktor oblika zgrade	Q_h ” (kWh/m^2 a) Godišnja potrebna toplina za grijanje po jedinici ploštine korisne površine zgrade	Q_h ’ (kWh/m^2 a) Godišnja potrebna toplina za grijanje po jedinici obujma grijanog dijela zgrade
$f_0 \leq 0{,}20$	Q_h ” =51,31	Q_h ’ =16,45
$0{,}20 < f_0 < 1{,}05$	Q_h ” =(41,03+51,41 f0)	Q_h ’ =(13,13+16,45 f_0)
$f_0 \geq 1{,}05$	Q_h ” =95,01	Q_h ’ =30,40
TEMPERATURA Srednja mj.temp. vanjskog zraka najhladnijeg mjeseca na lokaciji	H_T ’ =H_T /A (W/m^2 K) Koeficijent transmisijskog toplinskog gubitka oplošja grijanog dijela zgrade	H_T ’ =H_T /A (W/m^2 K) f >30%(udio ploštine prozora u ploštini pročelja
> 3 °C	H_T ’ =0,45+0,15/ f	H_T ’ =0,45+0,24/ f_0
≤ 3 °C	H_T ’ =0,30+0,15/ f_0	H_T ’ =0,35+0,24/ f_0

5. Građevinska projektna dokumentacija

Riječ projekt dolazi od latinske riječi „*Projectum*“ i glagola *proicere* – prije akcije, tako izvorno projekt znači prije akcije. Projekt je vremenski određena aktivnost s ciljem proizvodnje jedinstvenog proizvoda ili usluga, a za razliku od operacija koje su neprekidne i mogu se ponavljati, projekti su vremenski ograničeni i jedinstveni. Poduzimaju se na svim razinama organizacije te uključuju nekoliko do nekoliko tisuća sudionika u nekoliko timova [6].

Projekt se sastoji od općeg i tehničkog dijela. Opći dio čine naslovna strana, sadržaj, propisi, dokumenti o investitoru, sudionici u izradi projektne dokumentacije, uvjeti gradnje, rješenja gradnje, vrsta i namjena građevine te kopija registracije projektantskog ureda. Tehnički dio projekta čine tehnički opis koji sadrži podatke bitne za tehničko rješenje, pojedine faze projektiranja kao što su opis lokacije i postojećeg stanja, programske postavke i obrazloženje projektnog rješenja. Tehničke specifikacije čine materijali, građevinski proizvodi i elementi, sklopovi i oprema, način obrade, tehnologija izvedbe i ugradnje, uvjete za kontrolu i dokazivanje kvalitete, vijek uporabe građevine i uvjete za njezino održavanje. Tehnički dio također sadrži proračune i iskaze te nacrte [2].

Projekt mora biti izgrađen u skladu s važećim zakonskim propisima donesenim na temelju Zakona i tehničkih propisa kao i definiranim posebnim zakonima koji izravno ili neizravno utječu na bitne uvjete za građevinski objekt kao što su temeljni zahtjevi za građevinu [6].

5.1. Temeljni zahtjevi za građevinu

Temeljeni zahtjevi za građevinu propisani su Zakon o gradnji (NN 153/13, 20/17, 39/19, 125/19), člankom 7. i 8., te obuhvaćaju:

Mehanička otpornost i stabilnost

- Projektirana građevina mora biti izgrađena na način da tijekom građenja i korištenja predviđena djelovanja na prouzroče rušenje cijele građevine ili nekog njezinog djela, deformacije neprihvatljivog stupanja, oštećenja na

drugim dijelovima građevine, instalacijama ili ugrađenoj opremi kao rezultat velike deformacije te oštećenja, nekog događaja u mjeri nerazmjernoj s izvornim uzrokom [1].

Sigurnost u slučaju požara

- Projektirana građevina mora biti izgrađena na način da u slučaju izbijanja požara nosivost građevine mora biti zajamčena tijekom određenog razdoblja, nastanak i širenje požara i dima unutar građevine je ograničeno, ograničeno je širenje požara na okolne građevine te da korisnici mogu napustiti zgradu ili biti spašeni na drugi način s obzirom na sigurnost spasilačkog tima [1].

Higijena, zdravlje i okoliš

- Projektirana građevina mora biti izgrađena na način da tijekom svog vijeka trajanja ne predstavlja prijetnju za higijenu ili zdravlje i sigurnost radnika, korisnika ili susjeda te da tijekom cijelog svog vijeka trajanja nema izravno velik utjecaj na kvalitetu okoliša ili klime, tijekom građenja, uporabe ili uklanjanja, a posebno s obzirom na istjecanje otrovnog plina, emisije opasnih hlapljivih tvari, emisije opasnog zračenja, ispuštanja opasnih tvari u podzemne vode, morske vode, površinske vode ili tlo, ispuštanja opasnih tvari u pitku vodu ili tvari koje na drugi način negativno utječu na pitku vodu, pogrešno ispuštanje otpadnih voda, emisije dimnih plinova ili nepropisno odlaganje krutog ili tekućeg otpada, prisutstvo vlage u dijelovima građevine ili na površini unutar građevine [1].

Sigurnost i pristupačnost tijekom uporabe

- Projektirana građevina mora biti izgrađena na način da ne predstavlja neprihvatljive rizike od nezgoda ili oštećenja tijekom uporabe ili funkcioniranja kao što su proklizavanje, pad, sudar, opekline, električni udari, ozljede od eksplozije i provale. Posebno građevine moraju biti projektirane i izrađene vodeći računa o pristupačnosti i uporabi od strane osoba smanjene pokretljivosti [1].

Zaštita od buke

- Projektirana građevina mora biti izgrađena na način da buka koju zamjećuju korisnici ili osobe koje se nalaze u blizini ostane na razini koja ne predstavlja prijetnju njihovom zdravlju i koja im omogućuje spavanje, odmor i rad u zadovoljavajućim uvjetima [1].

Gospodarenje energijom i očuvanje topline

- Projektirana građevina mora biti izgrađena na način da količina energije za instalacije za grijanje, hlađenje, osvjetljenje i provjetravanje ostanu na niskoj razini uzimajući o obzir korisnike i klimatske uvjete smještaja građevine. Građevine moraju biti energetski učinkovite, tako da koriste što manje energije tijekom građenja i razgradnje [1].

Održiva uporaba prirodnih izvora

- Projektirana građevina mora biti izgrađena na način da uporaba prirodnih izvora je održiva te mora jamčiti ponovnu uporabu ili mogućnost reciklaže građevine, njezinih materijala i dijelova nakon uklanjanja, trajnost građevine te uporabu okolišu prihvatljivih sirovina i sekundarnih materijala [1].

5.2. Vrste projekta

Projekt sadrži međusobno usklađene nacrte te dokumente pojedinih struka kao što su građevinska, geodetska, arhitektonska, strojarska i elektrotehnička kojima se daje tehničko rješenje građevine i njezinih dijelova. Također kod izrade projekta potrebna je međusobna koridinacija i usklađenost cjelokupnog tehničkog rješenja objekta sastavljenog od pojedinih struka ali i s važećim propisima, pravilima struke i uvjetima gradnje [6].

Projekt možemo podijeliti prema odnosu na predmet projekta, prema stupnju određenosti, prema učestalosti pojavljivanja te sukladno Zakonu o prostornom uređenju i Zakonu o gradnji [6].

Prema odnosu na predmet projekta razlikujemo:

a) Fizičke i apstraktne
b) Tehničke, ekonomske, kulturne i druge
c) Istraživačke i razvojne
d) Vrste projekta prema granama privrede

Prema stupnju određenosti mogu biti:

a) Determinirani u kojima su aktivnosti i povezanosti među njima poznate prije izvedbe
b) Stohastički u kojima se rezultati projekta ne mogu predvidjeti

Prema učestalosti pojavljivanja projekti mogu biti:

a) Jednokratni odnosno projekti koji se izvode samo jednom
b) Višekratni odnosno projekti koji se izvode više puta sa sličnom ili istom izvedbom.

Sukladno Zakonu o prostornom uređenju i Zakonu o gradnji razlikujemo:

a) Idejni projekt
b) Glavni projekt
c) Izvedbeni projekt
d) Tipski projekt
e) Projekt uklanjanja građevine [6]

Idejni projekt je skup međusobno usklađenih nacrta i dokumenata struke koji sudjeluju u projektiranju te kojima se daje osnovna oblikovno-funkcionalna i tehnička rješenja. Prikazuje se smještaj građevine na građevinskoj čestici odnosno unutar obuhvata zahvata u prostoru te određuju osnovna polazišta značajna za osiguravanje postizanja temeljnih zahtjeva za građevinu. Idejni projekt mora neposredno i odgovarajuće sadržavati sve podatke potrebne za izdavanjem lokacijske dozvole te iz njega mora biti vidljivo da su projektno-tehnička rješenja u skladu s propisima i aktima kojima se izdaje lokacijska dozvola. U idejnom projektu također se prikazuje smještaj građevine unutar obuhvata zahvata u prostoru ovisno o vrsti i veličini zahvata na preslici katastarskog plana kao i tehničko rješenje privremene građevine ukoliko je ona organizacijom gradilišta predviđena [6].

Glavni projekt je skup međusobno usklađenih projekta kojima se daje tehničko rješenje građevine i dokazuje ispunjavanje temeljnih zahtjeva za građevinu kao i drugih propisanih i određenih zahtjeva i uvjeta. Za glavni projekt za koji se prema posebnom zakonu izdaje lokacijska dozvola, izrađuje se u skladu s lokacijskim uvjetima temeljem kojih je izdana lokacijska dozvola, posebnim uvjetima kojima se utvrđuje utjecaj na okoliš te prihvatljivost zahvata na ekološku mrežu. U slučaju da za glavni projekt temeljem posebnih zakona se ne izdaje lokacijska dozvola, projekt se u skladu s uvjetima za građenje građevina propisanim prostornim planom, posebnim uvjetima, zakonom, tehničkim i drugim propisima. Glavni projekt sadrži arhitektonski projekt, građevinski projekt, elektrotehnički projekt, strojarski te geodetski projekt [2].

Izvedbenim projektom razrađuje se tehničko rješenje dano glavnim projektom te ne smije biti izrađen protivno glavnom projektu. Izvedbeni projekt izrađuje se za 1. skupinu građevina, ako je određeno glavnim projektom te ako je ugovoren od strane investitora i izvođača temeljem ugovora o građenju [2].

Projekt uklanjanja građevine je projekt kojim se tehnički razrađuju rješenja, postupak i način uklanjanja građevine i stvari koje se nalaze u građevini, pitanje odvajanja priključka građevine na energetsku ili drugu infrastrukturu, sigurnosne mjere gospodarenja otpadom i oporabe. Projekt uklanjanja građevine sadrži:

- nacrte, proračune i druge inženjerske dokaze da tijekom uklanjanja neće doći do gubitka stabilnosti konstrukcije kojom bi se ugrozio život i zdravlje ljudi ili okoliša;
- tehnički opis uklanjanja građevine ili njezinog djela i način gospodarenja građevinskim materijalom i otpadom nastalim uklanjanjem građevine;
- proračun stabilnosti okolnog ili drugog zemljišta te okolnih i drugih građevina.

Projekt uklanjanja građevine podliježe kontroli projekta u odnosu na mehaničku otpornost i stabilnost ako se projektom utječe na stabilnost okolnog zemljišta i ispunjavanje temeljenih zahtjeva drugih građevina [2].

Tipski projekt izrađuje se za predgotovljene dijelove građevine za koje je dokazano da se izvode prema odredbama Zakona, o čemu je Ministarstvo izdalo rješenje, te nije potrebno to ponovno dokazivati glavnim projektom. Tipski projekt može biti sastavni dio pojedinog projekta kao što su arhitektonski, građevinski, elektrotehnički ili strojarski projekt [2].

6. Energetska obnova graditeljske škole Čakovec

Graditeljska škola Čakovec osnovna je 1961. godine dok je zgrada škole građena 1975. godine. Škola dobiva uporabnu dozvolu 16.9.1977. godine kojom se odobrava uporaba škole i đačkog doma Građevinskog školskog centra Čakovec. Školska zgrada nalazi se na čestici broj 2490/1, katastarske općine Čakovec[7] što je prikazano na slici 6. [8].

Slika 6. Katastarska čestica Graditeljske škole Čakovec [7]

Unutar kompleksa Graditeljske škole Čakovec, na adresi Športska 1, 40 000 Čakovec se nalaze zgrade Učeničkog doma s kuhinjom, školske radionice, sportska dvorana te sama škola. Zgrada škole razvedenog je tlocrta dužine sjevernog i južnog pročelja 82,5 metara, istočnog i zapadnog 27 metara. Sastoji od prizemlja i kata ukupne neto površine 2.580 m^2 svijetle visine prostorija 3,75 metara, dok središnji hodnik ima dvostruku visinu. Orijentacija učionica je sjever – jug. U centralnom dijelu zgrade nalazi se hodnik, sjeverno krilo prizemlja čine garderoba i administrativne prostorije dok su u južnom smještene učionice i kabineti. Kat prostorije čine kabineti i učionice. S građevinskog aspekta konstrukciju zgrade čine poprečno armiranobetonski zidovi debljine 20 cm te predgotovljene armiranobetonske ploče debljine 30 cm. Toplinska izolacija pročelja nije izvedena, dok su stropna i podna ploča prvog kata za 1,8 m konzolno izbočene. Zabatni zidovi izvedeni su od sendvič konstrukcije 20 cm debljine armiranobetonskog zida, toplinsko izolacijskog materijala debljine 3 cm i 12 cm debljine završne obloge od fasadne cigle. Parapetni zid izveden je od fasadne opeke s unutarnje stane, parne brane, toplinsko izolacijskog materijala debljine 3 cm i 15 cm debelog predgotovljenog armiranobetonskog zida, takav sastav zidova ima koeficijent prolaska topline 1,23 W/m^2K. Plivajući pod je izveden s termoizolacijskim materijalom debljine 4,5 cm. Krov zgrade je ravni s padom od 1 posto prema slivnicima. Završni sloj čini PVC hidroizolacijska traka. U slojevima krova je također ugrađeno 5 cm toplinsko izolacijskog materijala što daje koeficijent prolaska topline U = 0,7 W/m^2K . Stolarija se sastoji od dvostrukog izo stakla 4+6+4 mm s drvenim okvirima te se kao zaštitu od Sunca koriste unutarnji zastori. Navedena stolarije na zadovoljava današnje tehničke propise te njezin koeficijent prolaska topline iznosi U 3,0 W/m^2K. Ulaz u zgradu škole čini staklena stijena dvostrukog izo stakla čeličnih profila bez prekinutog toplinskog mosta [8].

Sustav grijanja i potrošne toplinske vode izveden je u standardnom centraliziranom obliku za ovakve vrste zgrada te se odvija u centralnoj kotlovnici izvedenoj kao zasebni objekt kompleksa. Sustav grijanja čine dva kotla pojedinačne snage 700 kW, postavljeni 1997. godine, dok su plamenici starosti preko 30 godina budući da su zadržani od prethodnih kotlova. Kotlovi rade na pogon prirodnog plina, izolirani su staklenom vunom u omotaču od čeličnog lima. Priprema potrošne tople vode također se odvija u kotlovnici pomoću kotla volumena grijača 5000 litara [8].

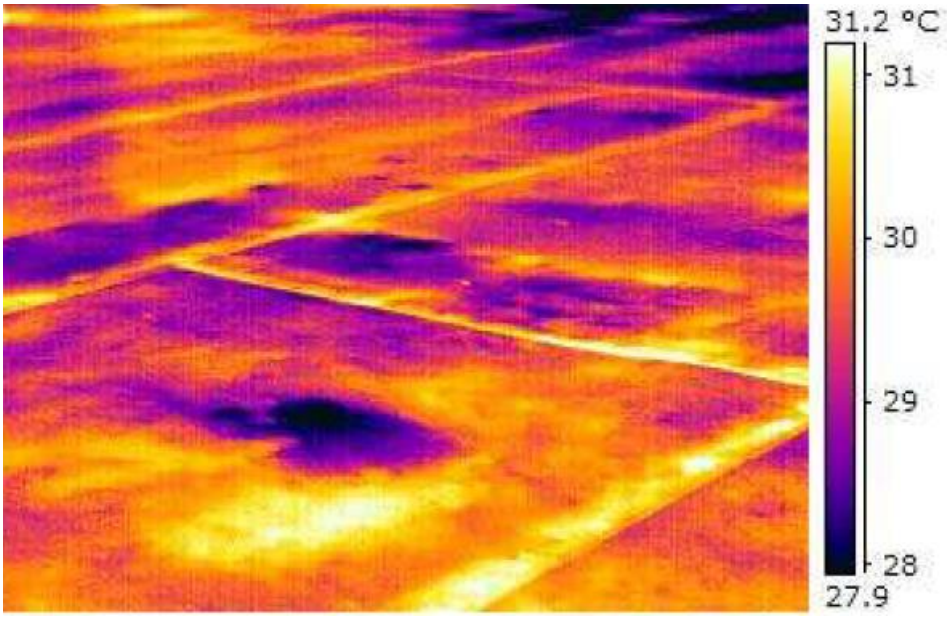
6.1.Problematika postojećeg stanja škole

Slijedom navedenih građevinskih karakteristika objekta u poglavlju 5. može se zaključiti da isti ne zadovoljavaju propisane današnje tehničke uvjete za građevine, poglavito iz područja energetske učinkovitosti. U svrhu što bolje determinacije problematike toplinskih gubitaka i s ciljem potpunog uvida u toplinsko stanje zgrade izvedeno je termografsko snimanje objekta kako bi se utvrdile toplinske karakteristike vanjske ovojnice, mjesta toplinskih mostova, nehomogenost materijala gradnje, toplinske karakteristike stolarije te moguće nepravilnosti konstrukcije. Dobivene termografske snimke objekta prikazane su na slikama 7., 8. i 9. te su poslužile će kao podloga za izradu glavnog projekta energetske obnove škole s konstruktivnim rješenjima navedenih propuštanja topline [9].

Slika 7. Termografija ulaznog prostora škole [9]

.

Slika 8. Toplinski most na spoju zidne i podne konstrukcije [9]



Slika 9. Termografska snimka ravnog krova [9]

6.2. Glavni projekt energetske obnove

Temeljem raspisanog projektnog zadatka od strane naručitelja izabran je projektantski ured GiP Šarić d.o.o. koje je izradio glavni projekt energetske obnove Graditeljske škole Čakovec. Projektom je planirana rekonstrukcija zgrade na katastarskoj čestici 2490/1, katastarske općine Čakovec u smislu poboljšanja energetskih svojstava vanjskog zida, poda prema vanjskom prostoru, krova te vanjske stolarije. Predmetnim radovima nije utjecalo na značajke zgrade kao što su lokacijski uvjeti, bruto i neto površina, te volumen i visina zgrade [10].

Zgrada Graditeljske škole prije energetske obnove je energetskog razreda C prema specifičnoj potrebnoj toplinskoj energiji za grijanje te energetskog razreda E prema specifičnoj godišnjoj primarnoj energiji. Sukladno projektu nakon energetske obnove predviđa se da će zgrada škole biti energetskog razreda B prema potrebnoj energiji za grijanje te energetskog razreda C prema specifičnoj godišnjoj primarnoj energiji [8].

Postojeće stanje vanjske ovojnice zgrade nema toplinsko izolacijsku ovojnicu te ne zadovoljava Tehnički propis o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama (NN 128/15). Postojeće stanje sjevernog i zapadnog pročelja prikazano je na slikama 10. i 11. Grijani prostor zgrade sastoji se od prizemlja i kata, dok građevinske slojeve vanjskog zida čine:

- Puna fasadna opeka od gline 12 cm
- Polietilenska folija 0,02 cm
- Ekspandirani perlit 3 cm
- Armirani beton 15 cm [8]

Radovima energetske obnove planira se poboljšati vanjska ovojnica zgrade dodavanjem toplinsko izolacijskih materijala i tu u slojevima:

- Polimerno-cementno ljepilo 0,5cm
- Minaralna vuna (λ=0,040 W/mK) 15 cm
- Polimerno-cementno ljepilo 0,5 cm
- Silikatna žbuka 0,02 cm [8]

Slika 10. Zapadno pročelje škole [8]

Slika 11. Sjeverno pročelje škole [8]

Toplinska izolacija ravnog krova, predviđena glavnim projektom škole [8] ukupne debljine 76 cm i to u slojevima:

- Armirani beton 30 cm
- Lagani beton u padu 20 cm
- Parna brana 0,2 cm
- Mineralna vuna za ravne krovove (λ=0,040 W/mK) 25 cm
- Geotekstil 1500-200 g/m^2 1 cm
- Polim.hidro. traka na bazi FPO/TPO 0,2 cm [8]

Postojeće stanje krova prikazano je na slici 12.

Slika 12. Ravni krov škole prije obnove [8]

Projektom je također predviđena zamjena vanjske stolarije novom ALU stolarijom uz Reichs – Ausschuss fuer Lieferbedingungen (RAL) tehniku ugradnje s prekinutim toplinskim mostom. Ugrađena ALU stolarija imati će koeficijent toplinske vodljivosti za komplet U ≤ 1,4 W/m^{2}K [8]. Stanje postojeće stolarije prikazano je na slikama 13. i 14.

Slika 13. Stolarija južnog pročelja škole [8]

Slika 14. Detaljni prikaz postojeće stolarije [8]

6.3. Plan izvođenja radova

Sukladno Zakonu o zaštiti na radu i Pravilniku o zaštiti na radu definiran je plan izvođenja radova kojim su predviđene potencijalne opasnosti koje proizlaze iz tehnologije građenja i opasnih radnji. Zadatak plana je osigurati usklađenje procesa rada, osiguravanje zaštite rade te ekonomičnost procesa rada. Planom izvođenja radova opisana je tehnologija građenja te je onda podijeljena u nekoliko poglavlja:

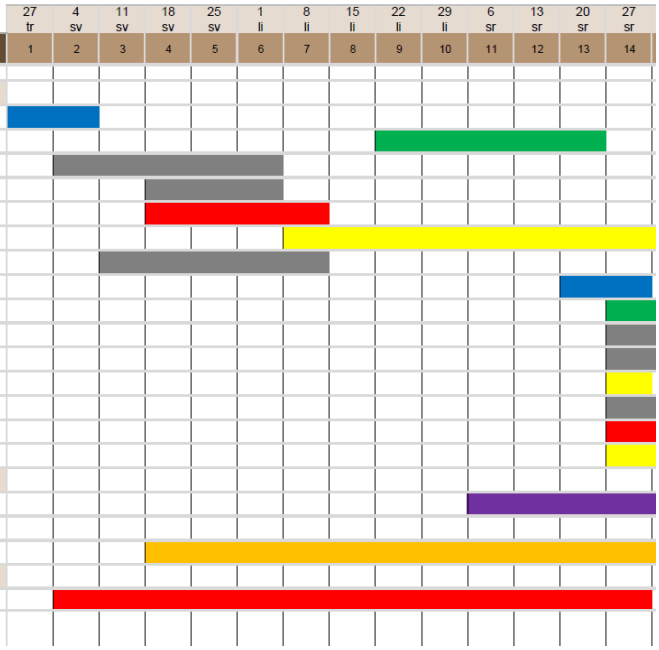
- Predviđene aktivnosti
- Izvođači radova
- Strojevi
- Opasnosti, štetnosti i napori pri izvođenju radova
- Vrste radova s izborom mjera zaštite na radu [6].

Predviđene aktivnosti projekta energetske obnove Graditeljske škole Čakovec obuhvaćaju pripremne radove odnosno dobavu i postavljanje pomoćnih gradilišnih objekata, postavu gradilišne ograde i znakova obavijesti i upozorenja kao i čišćenje gradilišta. Građevinski radovi koji će se izvoditi su zemljani radovi, betonski i armiranobetonski radovi, tesarski, zidarski, fasaderski, bravarski i limarski radovi [4]. Terminski plan izvođenja radova prikazan je slikom 15.

Project Start: 27.4.2020

End: 1.10.2020

	TASK DESCRIPTION	PLAN START	PLAN END	days	TYPE
1	**Fasaderski radovi i ravni krov**				
1.00	Pripremni radovi	27.4.2020	8.5.2020	11	B
1.04.	Demontaža slojeva ravnog krova	23.6.2020	25.7.2020	32	G
1.05.	Iskop rova oko škole, batuda, rubnjaci itd.	7.5.2020	6.6.2020	30	
2.01.	Fasaderski radovi 10+15 cm vune	18.5.2020	6.6.2020	19	
2.01.	Fasaderski radovi 5+15 cm vune	18.5.2020	13.6.2020	26	R
2.01.	Fasaderski radovi 15 cm vune	8.6.2020	14.8.2020	67	Y
2.01.	Sokl oko zgrade XPS 10 cm debljine	11.5.2020	13.6.2020	33	
3.01.	Betoniranje betona u padu	20.7.2020	1.8.2020	12	B
3.02.	Parna brana PE folija	27.7.2020	14.8.2020	18	G
3.03.	Tvrda vuna 15+10 cm	27.7.2020	1.9.2020	36	
3.04.	Vuna 5 cm vertikalno	27.7.2020	8.8.2020	12	
3.05.	Vuna 5 cm horizontalno	27.7.2020	1.8.2020	5	Y
3.06.	TPO folija ravni krov	27.7.2020	1.9.2020	36	
3.07.	Geotekstil ravni krov	27.7.2020	1.9.2020	36	R
3.09.	Hidroiz.rubnih parapeta	27.7.2020	1.9.2020	36	Y
4	**Limarski radovi**				
4.01.	Limeni opšav atike	6.7.2020	1.9.2020	57	P
4.02.	Limeni opšav spoja nadstrešnice i fasade	15.8.2020	1.9.2020	17	G
4.03.	Demontaža i montaža vanjskih ormarića	18.5.2020	1.9.2020	106	O
5	**Stolarski radovi ALU bravarija**				
5.01.	Demontaža svih stolarskih stavki, odvoz i zbrinjavanje istih na deponiji, izrada novih stavki, doprema i ugradnja istih na objektu.	4.5.2020	31.7.2020	88	R



Slika 15. Terminski plan izvođenja radova [10]

Od građevinski-obrtničkih radova predviđeni su radovi stolarije, keramike, limarije i soboslikarskih radova. Izvođač radova na gradilištu će koristiti opremu i strojeve u obliku bagera, kamiona, ljestva i skele, pumpe za beton, miješalice za beton i mort, motorne pile, pomoćne radne skele te električnog alata i pribora. Opasnosti koje se mogu javiti na prostoru gradilišta obuhvaćaju opasnosti od pada materijala ili osoba s visine, opasnost od uboda dijelova alata ili materijala, mehaničke opasnosti od strojeva, alata i uređaja, opasnost od udara električne energije te štetno djelovanje prašine i buke [8].

6.4.Radovi energetske obnove

Projekt energetske obnove Graditeljske škole je izrađen s ciljem prijave na javni poziv Energetske obnove Ministarstva graditeljstva i prostornog uređenja kao posredničkog tijela razine 1. Provedenom evaluacijom odobreno je sufinanciranje te je 19. studenog 2018. između Graditeljske škole Čakovec, Ministarstva graditeljstva i prostornog uređenja te Fonda za zaštitu okoliša i energetske učinkovitosti sklopljen

Ugovor o dodjeli bespovratnih sredstava za projekte koji se financiraju iz Fondova u financijskom razdoblju 2014.-2020 [10].

Slijedom navedenog se pristupilo postupcima javne nabave relevantnih sudionika u gradnji. Investitor je ugovorio izvođača radova, stručni i projektantski nadzor te koordinatora 2 kao i voditelja projekta. Temeljem najpovoljnije ponude ponuđača Hidro Eko Futura d.o.o. Zagreb, Naručitelj je 21.travnja 2020. potpisao Ugovor o radovima na energetskoj obnovi zgrade Graditeljske škole Čakovec. Ugovorom je definiran predmet odnosno radovi na energetskoj obnovi zgrade Graditeljske škole Čakovec, sve po vrsti, kvaliteti i količini specificiranoj u troškovniku radova i ostalim traženim uvjetima putem javne nabave [10].

Kako bi izvođač mogao započeti izvršavati odrede ugovora, Naručitelj je Upravnom odjelu za urbanizam i prostornu uređenje, Odsjeku za provođenje dokumenta prostornog uređenja i izdavanja akata o gradnji prijavio početak građenja sukladno članku 131. Zakona o gradnji. Nakon izvršene prijave početka građenja nadležnom tijelu, Investitor je 27.4.2020. Izvođača radova uveo u posao te mu je predao radni prostor i projektnu dokumentaciju, sve u svrhu izvođenja radova na energetskoj obnovi zgrade Graditeljske škole Čakovec te definirao stručni nadzor temeljem provedene javne nabave koji će provoditi ovlaštena osoba poduzeća MIN – Međimurje, investicije, nekretnine d.o.o.. Izvođaču radova osigurao se slobodan radni prostor gradilišta, priključci na komunalnu infrastrukturu, prijava gradilišta, imenovanje nadzornih inženjera te mu se predala tehnika dokumentacija u obliku arhitektonskog projekta i elaborata racionalne uporabe energije i toplinske zaštite zgrade, Glavni projekt strojarski instalacija i Glavni elektrotehnički projekt. Zapisnikom u uvođenju u posao definirane su kontakt osobe te termin tjednih operativnih sastanaka, također dogovoreno je da datumom zapisnika započne s izvođenjem radova te vođenje građevinskog dnevnika [10].

Obvezna dokumentacija koju izvođač mora imati na gradilištu je:

- Rješenje o upisu u sudski registar, obrtnicu i suglasnost za obavljanje djelatnosti građenja sukladno posebnom propisu;
- Ugovor o građenju sklopljen između investitora i izvođača;
- Akt o imenovanju glavnog inženjera gradilišta odnosno voditelja radova;
- Ugovor o stručnom nadzoru;

- Građevinsku dozvolu;
- Izvedbeni projekt ako je to propisano Zakonom ili ugovoreno;
- Izvješće o obavljenoj kontroli glavnog i izvedbenog projekta ako je to propisano;
- Građevinski dnevnik;
- Dokaze o svojstvima ugrađenih proizvoda u odnosu na njihove bitne značajke [1].

Sukladno Pravilniku o sadržaju i izgledu ploče kojom se označava gradilište (NN 42/2014) definirano je da ploča mora biti pravokutnog oblika najmanjih dimenzija A2 formata (420mm x 594 mm) izrađena od izdržljivog materijala te pisana hrvatskim jezikom, latiničnim pismom prikladne veličine slova. Postavlja se na vidljivom mjestu kod ulaza na gradilište i sadrži podatke o nazivu i vrsti građevine koja se gradi, broju katastarske čestice i općine na kojoj se gradi građevina, ime investitora, projektanta, izvođača radova, stručnog nadzora, ukoliko se radi o novoj građevini ista sadrži naziv tijela koje je izdalo građevinsku dozvolu, klasifikacijsku oznaku, urudžbeni broj, datum izdavanja i pravomoćnosti te datum prijave početka građenja. Slika 16. prikazuje građevinsku ploču energetske obnove zgrade Graditeljske škole Čakovec.

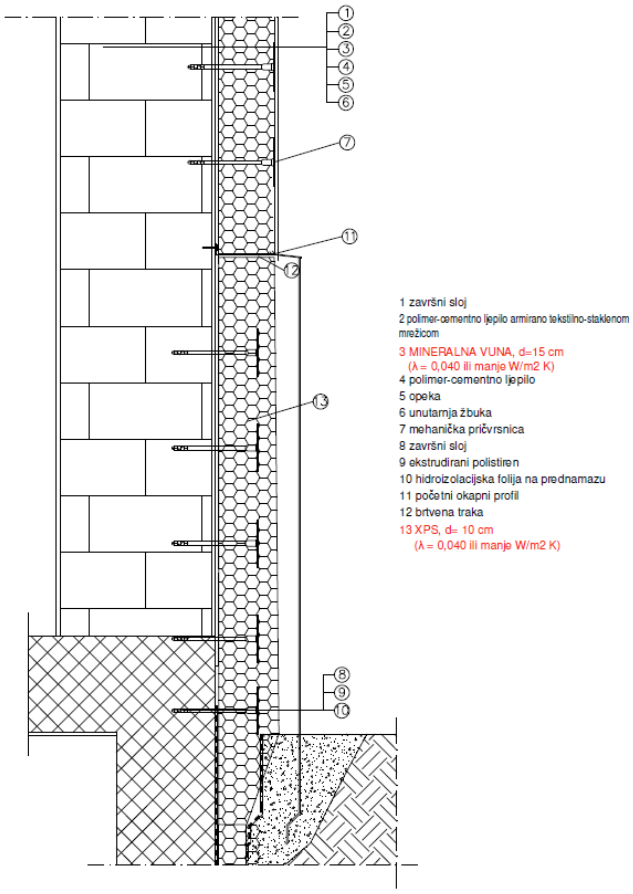
Slika 16. Građevinska ploča

Nakon ispunjenja uvjeta za početak izvođenja radova, izvođač je pristupio radovima temeljem glavnog projekta [8]. Od građevinskih radova u svrhu poboljšanja energetske učinkovitosti izvršeni su radovi na rekonstrukciji vanjske ovojnice:

1. rekonstrukcija vanjskih zidova pročelja dodavanjem toplinske izolacije od mineralne vune debljine 15 cm
2. rekonstrukcija ravnog krova iznad grijanog prostora dodavanjem toplinska izolacije od mineralne vune debljine 25 cm
3. rekonstrukcija poda prema vanjskom prostoru dodavanjem toplinske izolacije od mineralne vune debljine15 cm
4. demontaža postojeće vanjske stolarije i montaža (ugradnja) nove vanjske stolarije [8]

Rekonstrukcija vanjskih zidova pročelja izvodila se ETICS sustavom, čiji shematski prikaz je prikazan slikom 17., iz ploča kamene vune ($\lambda \leq 0{,}040$ W/m2K) minimalne

reakcije na požar B-d1 ili sastava slojeva klasificikacije komponentama za pokrovni sloj minimalno razred B-d1 i izolacijski sloj minimalno razred A2, sukladno Pravilniku o otpornosti na požar i drugim zahtjevima koje građevine moraju zadovoljiti u slučaju požara (NN 29/2013 i 87/2015). Prije ugradnje samog sustava toplinske izolacije nužno je bilo očistiti podlogu pročelja od nečistoća, morta ili trošene žbuke te provjeriti dali je pročelje ravno, odnosno ukoliko ima većih odstupanja od 1 cm na 4 m bilo je potrebno nanositi izravnavajući sloj morta. Pričvršćivanje ploča kamene vune na pročelje škole izvodilo se lijepljenjem i mehaničkim pričvršćivanjem na postojeće zidove. Pričvrsnice se moraju montirati tri dana nakon lijepljenja izolacijskih ploča te odgovarati kategoriji A za beton i B za punu opeku. Kako bi se zadovoljile smjernice i proračun specifičnog sustava na djelovanja vjetra potrebno je montirati minimalno 6-8 pričvrsnica na m^2 površine duljine koje osiguravaju dubinu sidrenja u osnovnu podlogu (ciglu, beton, blok-opeku, lagani ili porasti beton) [8].



Slika 17. Presjek izvedbe sokla vanjskog zida [8]

Kod izvođenja fasadnog sustava važnost je bilo potrebno usmjeriti na obradu špaleta oko prozora i vrata ili bilo kakvih drugih otvora, stoga su se špalete izvodile s tipksim elementima debljine 2 cm gdje je punoplošna izolacija prekrila čelo ploče špaleta koje su se ljepile građevinskim ljepilom i pričvršćivale s dvije pričvrsnice po metru dužnom sve u svrhu da se onemogući prodiranje oborina u ETICS sustav, podlogu ili prozor. Kod naknadne ugradnje prozorske klupčice bilo je potrebno gornju stranu ETICS sustava zaštititi od vremenskih utjecaja armaturnim slojem, koji se dodatno izolira odgovarajućom polimer-cementnom hidroizolacjskom prema uputi proizvođača. Hidroizolacijska masa podigla se i na bočne vertikalne strane u visini ≥ 6 cm dok je podlogu za montiranje prozorske klupčice bila izvedena u padu ≥ 5° s horizontalnim prepustom ≥ 4 cm. Prozorske klupčice lijepe su odgovarajućim ljepilom u trakama u smjeru pada klupčice, a spojevi klupčice s ETICS sustavom zabrtvljeni

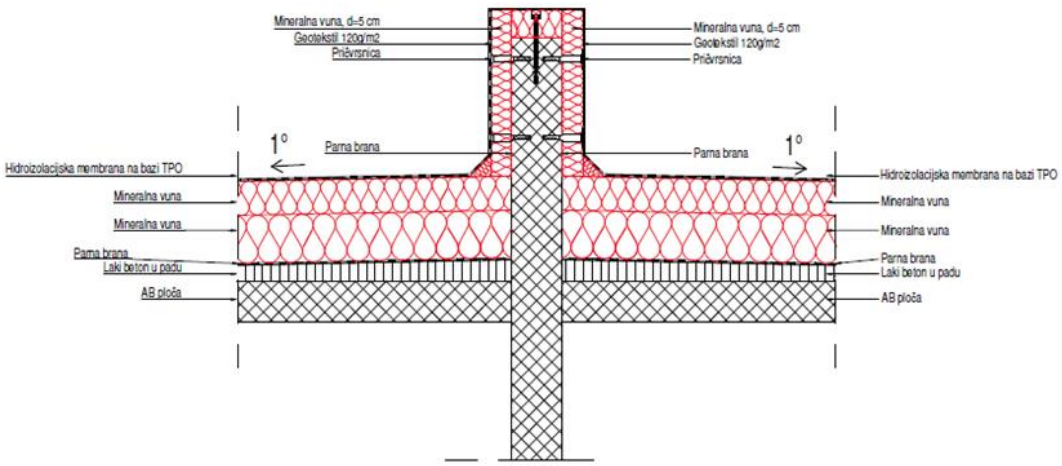
odgovarajućim UV-stabilnim brtvenim trakama ili kitevima, koje mogu podnijeti dilatacijske pomake. Podnožje pročelja oblagalo se XPS pločama ($\lambda \leq 0{,}037$ W/m^{2}K) u minimalnoj visini 30 cm, gdje su se ploče polagale u jednom sloju, a iste se bile ukopane minimalno 40 cm ispod razine ravnog terena. Ploče su od zemlje bile odvojene čepičastom folijom sukladno pravilima struke. Temeljem navedenom javio se spoj termoizolacijskih slojeva kamene vune i XPS-a različitih debljina koji se izvodio uz pomoć pravilne horizontalne rešetke gdje se je ispod linije vune postavio profil za podnožja i brtvena traka ispod profila. Svi sustavi koji su bili u dodiru s tlom obradili su se vodootpornim slojem odnosno bitumenskim premazom. Konačna fasadna ploha ujednačene je strukture, bez pukotina i neravnina[8]. Slikama 18., 19., i 20. prikazan je postupak izvođenja toplinske izolacije pročelja.

Slika 18. Toplinska izolacija južnog pročelja

Slika 19. Izvedba toplinske izolacije pročelja

Slika 20. Implementacija polimer-cementnog ljepila armiranog tekstilno-staklenom mrežicom

Ravni krov Graditeljske škole Čakovec bio je u izrazito lošem stanju što je razultiralo povremenim prodorom vode koji se točkasto sanirao. U sklopu energetske obnove Graditeljske škole Čakovec te sukladno glavnom projektu projektirano je uklanjanje svih postojećih slojeva krova te izvođenje novih s toplinskom izolacijom kao što je prikazano na slici 21. [11].



Slika 21. Prikaz detalja slojeva toplinske izolacije krova [8]

Nakon što su uklonjeni svi slojevi krova i materijal odvezen na deponiju, što je prikazano na slici 22., pristupilo se strojnom betoniranju betona u padu marke C16/20 na ravnom krovu kata. Debljine betona u padu iznosila je 3-15 cm, a izvodila se laganim betonom sa granulama EPS-a, zapreminske težina do 300 – 500 kg/m^3. Na sloj betona u padu, sukladno projektu položila se parna brana od PE folije Sd > 200 m debljine 0,2 mm. Međusobni preklopi parne brane lijepili su se sa obostrano ljepljivim trakama širine 35 mm, dok se bitumnim trakama ljepilo završetak parne brane na parapetima. Eventualna oštećenja sanirala su se jednostrano ljepljivim trakama širine 50 mm. Toplinska izolacija ravnog krova izvodila se u dva sloja (15 + 10 cm) od ploča mineralne vune (λ=0,040 W/mK) za ravne krovove na način prikazan na slici 23. Ploče su morale zadovoljiti otpornosti na tlačna opterećenja >50 kPa i 70 kPa te biti tiplane sa vijcima promjenjive visine 41-46 mm, ugrađenih u betonsku (nosivu) konstrukciju, sukladno proračunu na vjetar ugrađivalo se 5 vijaka po metru kvadratnom površine. Na vertikalne površine obodnih parapeta i parapeta prodora, radi sprečavanja toplinskog mosta, u visini od 40 cm izvodila se postava termoizolacije od mineralne vune debljine 5 cm. Na horizontalnu površinu obodnih parapeta također se postavljala mineralna vuna debljine 5 cm u širini 50 cm. Na postavu sloja toplinske izolacije postavio se sloj hidroizolacije u obliku TPO membrane debljine 2 mm s armiranom poliesterskim pletivom što je i prikazano na slici 24. TPO membrana otporna je na UV zrake, mikroorganizme, korijenje i reakcije na požar B krov (t1). Membrana se spaja

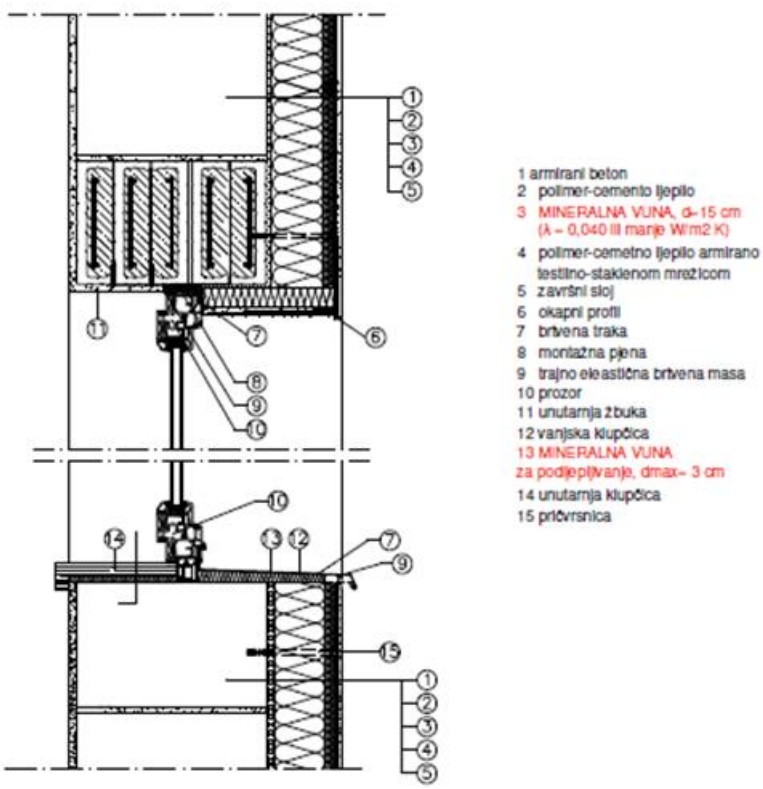
varenjem, odnosno vrućim zrakom, a mehanički se pričvršćuje čeličnim vijcima promjenjive visine u AB ploču sa 5 vijeka po metru kvadratnom. Sljedeći sloj ravnog krova je geotekstil gustoće 120 g/m2 na bazi polipropilena sa preklopom od 10 cm u svrhu postizanja reakcije na požar. Radovi na ravnom krovu škole izvodili su se u četiri faze, svaka faza obuhvaćala je ¼ krova, kako bi se smanjio rizik od eventualnog prodora vode uslijed mogućnosti pojave eventualnih ljetnih pljuskova [8].

Slika 22. Izvođenje radova na krovu škole [10]

Slika 23. Toplinska izolacija krova [10]

Slika 24. Izvođenje završnog sloja krova od TPO folije [10]

Postojeća stolarija škole bila je u vrlo lošem stanju te nije zadovoljavala tehničke uvjete, stoga je projektirana zamjena stolarije novom aluminjskom bravarijom s prekinutim toplinskim mostom pomoću dilatacijske trake [8], čiji je shematski prikaz prikazan na slici 25.



Slika 25. Shema presjeka izvedbe spoja vanjskog zida i stolarije [8]

Stolarija se ugrađivala preko slijepog okvira prije završne obrade pročelja. U sklopu radova, postojeća stolarija se demontirala i deponirala na otpadu, a nova se ugrađivala poštujući načela RAL ugradnje upotrebom multifunkcionalne samoekspandirajuće trake. Ostakljenje bravarije izvedeno je trostrukim IZO staklom, koeficijent toplinske vodljivosti za komplet U≤1,40 W/m²K odnosno U≤1,10 W/m²K za staklo [8]. Nova stolarija prikazana je na slici 26.

Slika 26. Nova stolarija

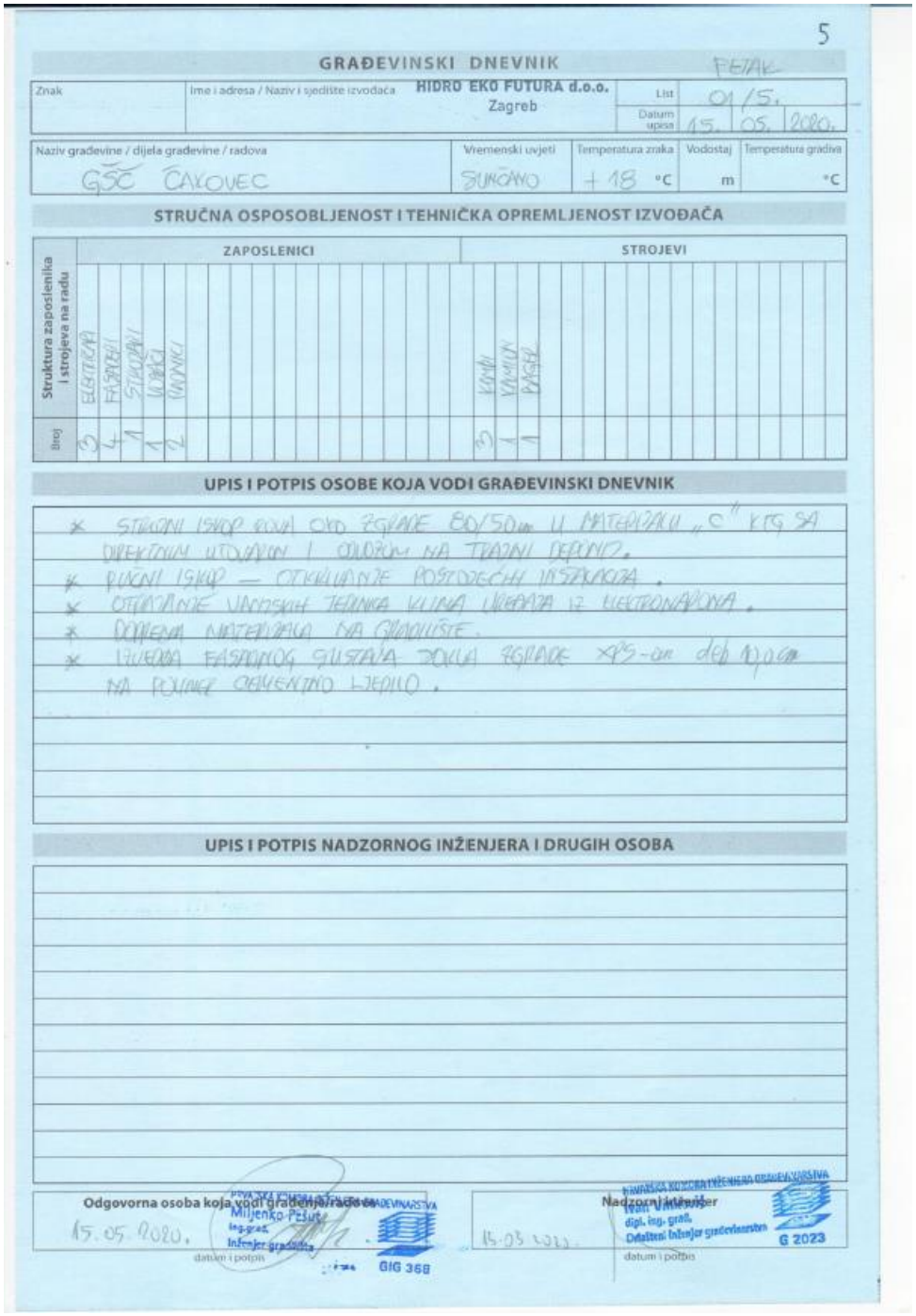
Od strojarski radova u kotlovnici se instalirao novi visokoučinkoviti kondenzacijski kotao snage 370 kW prikazan na slici 27. Rekonstruirao se kompletan cijevni razvod, osim cijevnog razvoda PTV-a, spremnika potrošne tople vode i razdjelnika. Instalirale su se nove cirkulacijske crpke te su se u sustav dodali balansirajući ventili, prestrujni ventili te se kompletna regulacija automatizirala spajanjem i proširivanjem kotlovske regulacije [10].

Slika 27. Strojarnica škole s novim kotlom [10]

Od elektroinstalacije i rasvjeta ovim projektom zamijenila se kompletna opća rasvjeta na objektu. Obzirom da je većina postojeće rasvjete na objektu bila u lošem stanju, predvidjela se kompletna zamjena sa novim LED svjetiljkama [10].

U svrhu praćenja potrošnje energenata i vode, u sklopu projekta izvelo se automatsko prikupljanje podataka s mjernih uređaja potrošnje električne energije, toplinske energije, plina i vode te automatski prijenos podataka u središnji ISGE sustav [10].

Temeljem Pravilnika o načinu provedbe stručnog nadzora građenja, obrascu, uvjetima i načinu vođenja građevinskog dnevnika te o sadržaju završnog izvješća nadzornog inženjera (NN 111/14, 107/15, 20/17, 98/19, 121/19) člankom 12. definiran je građevinski dnevnik kao dokument kojim se prati tijek građenja i dokazuje usklađenost uvjeta i načina građenja. Građevinski dnevnikom prati se usklađenost izvedenih radova s zahtjevima iz glavnog, tipskog ili izvedbenog projekta, Zakona o gradnji, posebnih propisa i pravila struke. Građevinski dnevnik vodi glavni izvođač radova na latiničnom pismo i hrvatskom jeziku. Građevinski dnevnik vodi se svakodnevno, od dana početka radova do dana završetka radova što je propisano Člankom 14. istog pravilnika [2]. Građevinski dnevnik gradilišta Graditeljske škole Čakovec vođen je tijekom cijelog vremena građenja, u periodu od 11.5.2020. do 4.9.2020. te je list građevinskog dnevnika prikazan na slici 28.



5

GRAĐEVINSKI DNEVNIK

PETAK

Znak	Ime i adresa / Naziv i sjedište izvođača	List	Datum upisa
	HIDRO EKO FUTURA d.o.o. Zagreb	01/5.	15. 05. 2020.

Naziv građevine / dijela građevine / radova	Vremenski uvjeti	Temperatura zraka	Vodostaj	Temperatura gradiva
GŠC ČAKOVEC	SUNČANO	+18 °C	m	°C

STRUČNA OSPOSOBLJENOST I TEHNIČKA OPREMLJENOST IZVOĐAČA

Struktura zaposlenika i strojeva na radu	ZAPOSLENICI					STROJEVI		
	ELEKTRIČAR	FASADERI	STOLARI	LIČIOCI	RADNICI	KONJI	VAMPIR	BAGER
Broj	3	4	1	1	2	3	1	1

UPIS I POTPIS OSOBE KOJA VODI GRAĐEVINSKI DNEVNIK

* STIŽNI IŠKOP JAME OKO ZGRADE 80/50cm U MATERIJALU „C" KTG SA DIREKTNIM UTOVAROM I ODVOZOM NA TRAŽNI DEPONIJ.
* RUČNI IŠKOP — OTKLANJANJE POSTOJEĆIH INSTALACIJA.
* OTKLANJANJE VANJSKIH TEHNIKA KLIMA UREĐAJA IZ ELEKTRONAPONA.
* DOPREMA MATERIJALA NA GRADILIŠTE.
* IZVEDBA FASADNOG SUSTAVA DOKLA ZGRADE XPS-om debljine 10cm NA POLIMER CEMENTNO LJEPILO.

UPIS I POTPIS NADZORNOG INŽENJERA I DRUGIH OSOBA

Odgovorna osoba koja vodi građenje/radove

15.05.2020.

datum i potpis

Nadzorni inženjer

15.05.2020.

datum i potpis

Slika 28. Primjer lista građevinskog dnevnika [10]

Sukladno ugovornim odredbama Izvođač radova imao je za pravo svoje radove naplaćivati mjesečno te za izvršene radove Naručitelju dostaviti građevinske situacije. Naplata radova vršila se prema stvarno izvedenim radovima u količinama obračunatim u građevinskoj knjizi i jediničnim cijenama ugovorenim ugovornim troškovnikom sukladno ponuđenom troškovniku prilikom dostave ponuda za radove u sklopu javne nabave.

Građevinski radovi naplaćuju se kumulativno te s obzirom na vremenski period obračuna razlikujemo privremene (mjesečne) situacije, obračunske (godišnje situacije) te okončane situacije. Privremene situacije obuhvaćaju obračun izvedenih radova za svaki mjesec u godini te se označavaju brojevima od jedan nadalje. Privremene situacije se rade u tekućem mjesecu za radove izvedene u prethodnom mjesecu. Obračunska situacija ispostavlja se za posljednji mjesec u kalendarskoj godini i predstavlja točan obračun svih izvedenih radova u toj godini. Svrha obračunske situacije je utvrđivanje vrijednosti radova koje još treba izvesti u narednoj godini. Okončana situacija ispostavlja se nakon završetka svih radova, konačnog obračuna i primopredaje radova te prikazuje stvarnu vrijednosti izvedenih radova. Potpisnici situacija su osoba koja ju je sastavila te odgovorna osoba u svojstvu Izvođača radova. Nadzorni inženjer također ovjerava situaciju, no tek nakon provedbe računske kontrole čime potvrđuje točnost navedenih iznosa i omogućuje isplatu situacije. Investitor također potpisuje situaciju, no tek nakon potpisa nadzornog inženjera kojeg je ovlastio za kontrolu dokumentacije [12].

Izvođač radova sastavlja građevinsku situaciju temeljem količina prikazanih u građevinskoj knjizi te ona također služi nadzornom inženjeru za kontrolu iste. Građevinska knjiga vodi se za ugovorene radove po jedinici mjere te se u nju unose svi grafički i brojčani podaci o stvarno izvedenim količinama određene skupine radova. Svaka stavka ugovornog troškovnika čini poseban list građevinske uz potrebne obračunske nacrte, ukoliko je slučaj da radovi izvedeni sukladno ugovornom projektu, nije potrebno prilagati obračunske nacrte, već je dovoljno pozvati se na broj lista u projektu. Točnost upisa u građevinskoj knjizi ovjeravaju osoba odgovorna za vođenje gradlišta u svojstvu investitora i nadzorni inženjer, oni svojim vlastoručnim potpisom ovjeravaju svaki list građevinske knjige. Nakon završetka radova, građevinska knjiga predaje se Investitoru [12].

Izvođač radova Graditeljske škole Čakovec ukupno je ispostavio tri mjesečne (privremene) situacije i jednu okončanu situaciju.

6.5. Završetak radova

Dana 4.9.2020. izvođač radova je obavijestio Naručitelja i Nadzornog inženjera da su završeni svi radovi sukladno Ugovoru o izvođenju radova na energetskoj obnovi zgrade Graditeljske škole Čakovec potpisanog dana 21.4.2020. Izvođač radova nadzornoj službi predao je svu relevantnu dokumentaciju potrebnu za okončanjem radova te je nadzorni inženjer utvrdio da su svi radovi na energetskoj obnovi Graditeljske škole Čakovec usklađeni i u cijelosti izvedeni u skladu s glavnim projektom, odredbama Zakona o gradnji i posebnim zakonima i drugim propisima. U toku građenja sustavno je provođen nadzor kvalitete izvedenih radova i ugrađenih materijala što je i dokazano atestnom dokumentacijom kao i propisanim ispitivanjima te nisu uočene nikakve nepravilnosti ili nedostaci. Kako su za svaku od vrsta radova postojali nadzorni inženjeri, istu su prilikom završetka radova sastavili Završno izvješće nadzornih inženjera i prisustvovali primopredaji radova [10].

Nakon dostave završnog izvješća glavnog nadzornog inženjera, Izvođač radova je sastavio Zapisnik o primopredaji radova i okončanom obračunu kojim su ovlašteni predstavnici nakon pregleda dokumentacije i izvedenih radova zaključili da se izvedeni radovi mogu preuzeti u cijelosti budući da su izvedeni u skladu s projektnom dokumentacijom. Navedeno su garantirali svojim vlastoručnim potpisom [10].

Na slikama 29. i 30. prikazano je pročelje i stolarija nakon izvedenih radova energetske obnove škole.

Slika 29. Sjeverno pročelje škole nakon energetske obnove [11]

Slika 30. Detalj stolarije nakon energetske obnove škole [11]

6.6. Energetski certifikat

Za provedbu analiza učinkovitosti potrošnje energije energenata i vode neophodno je izraditi energetski pregled zgrade koji podrazumijeva analizu tehničkih i energetskih svojstava zgrade i svih tehničkih sustava u zgradi s ciljem utvrđivanja učinkovitosti i donošenja preporuka za poboljšanje [4]. Osnovni cilj energetskog pregleda je da se prikupe i obrade podaci o zgradi imajući u vidu:

- Građevinske karakteristike zgrade
- Energetska svojstva sustava za grijanje, hlađenje, ventilaciju i klimatizaciju
- Energetska svojstva sustava za pripremu potrošne tople vode
- Energetska svojstva sustava potrošnje električne energije
- Energetska svojstva sustava potrošnje pitke i sanitarne vode
- Energetska svojstva sustava pojedinih grupa trošila i ostalih tehničkih sustava u zgradi
- Način korištenja zgrade i u njoj ugrađenih energetskih sustava i sustava potrošnje vode [13]

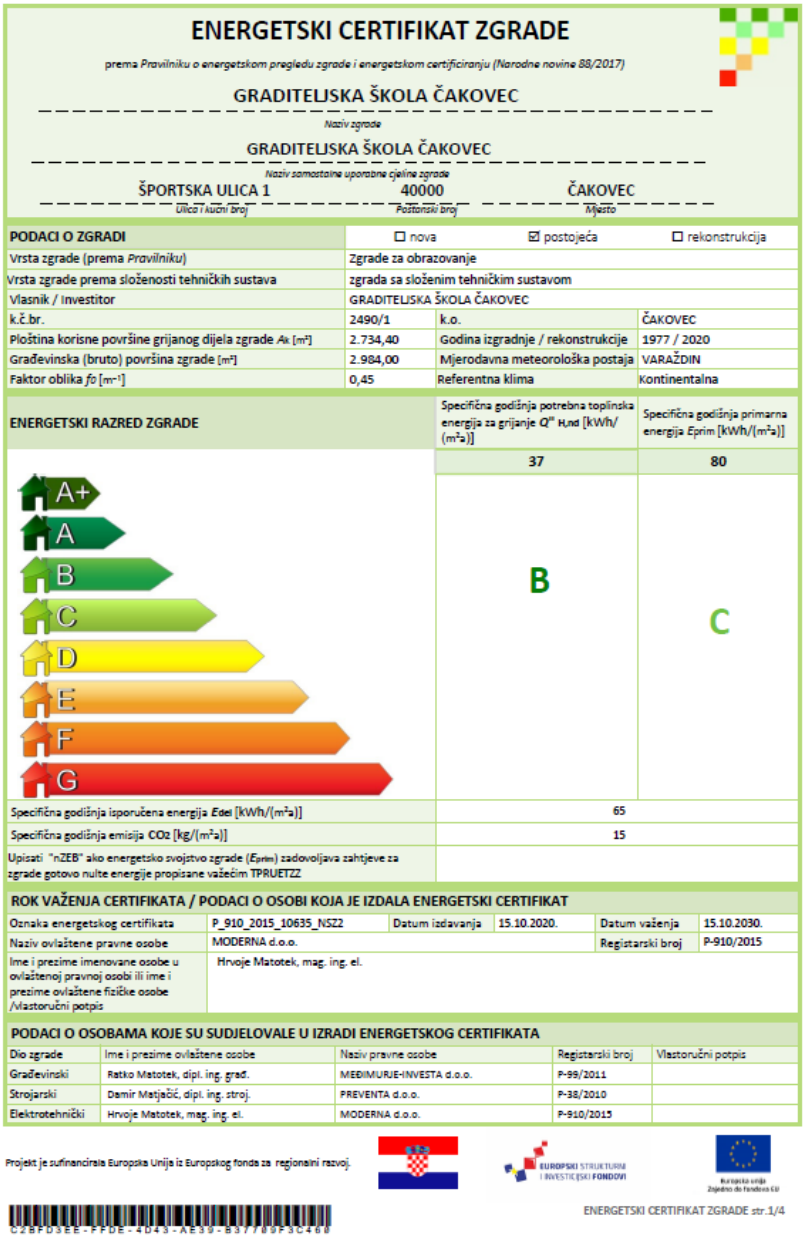
Sukladno karakteristikama zgrade izrađuje se energetski pregled temeljem propisane metodologije. Ulazni podaci koji su potrebni za proračun $Q_{H,nd}$ [kWh] su klimatski podaci (ϑ_e) odnosno (SS) srednja vanjska temperatura za proračunski period u stupnjevima Celzijusa te srednja dozračena sunčeva energija za proračunski period u jedinici mjere MJ/m^2. Stvarni klimatski podaci propisani su u Tehničkim propisom o racionalni uporabi energije i toplinskoj zaštiti zgrada. Proračunski parametri potrebni za proračun su (ϑ_{int}) unutarnja proračunska temperatura pojedinih temperaturnih zona u stupnjevima Celzijusa te broj izmjena zraka proračunske zone u jednom satu (n). Od podataka o zgradi za proračun su potrebni ploština pojedinih građevinskih dijelova o m^2 (Ak), površina kondicionirane zone zgrade s vanjskim dimenzijama u m2 (Af), ukupna ploština građevnih dijelova koji razdvajaju grijani dio zgrade od vanjskog prostora, tla ili negrijanih dijelova zgrade (A), bruto obujam grijanog dijela zgrade u m^3 (V_e), neto obujam u m^3 (V) te udio ploštine prozora u ukupnoj ploštini pročelja (f) [13].

Kod termotehničkih sustava relevantni podaci za proračun su karakteristike unutarnjih izvora topline, vrsta ventilacije i izvori topline koji se koriste za grijanje i pripremu potrošne tople vode [13].

Energetski razred zgrade se određuje na osnovu izračunate vrijednosti specifične godišnje potrebne toplinske energije za grijanje QH,nd [kWh/(m^2a)] za referentne klimtske podatke te specifične godišnje primerne energije Eprim [kWh/(m2a)] za referentne klimatske podatke [13].

Pravilnikom o energetskim pregledima građevina i energetskom certificiranju zgrada (NN 81/12, 29/13, 78/13) propisano je da sve javne zgrade moraju imati izrađeni Energetski certifikat ukoliko je njezina površina veća od 500 m², odnosno 250 m². Također energetski certifikat moraju imati zgrade koje se iznajmljuju, prodaju ili daju u leasing, a sve su skladu s pravilnikom kojim je propisano i da energetski certifikat mora biti izložen na jasno vidljivom mjestu kod ulaza. Izloženi energetski certifikat izrađuje se na A3 formatu, zaštićen od eventualnih oštećenja i pričvršćen na siguran način. Praksa je da se javno izloži prva stranica energetskog certifikata koja sadrži osnovne podatke o zgradi i skalu energetskog razreda, te treća stranica energetskog certifikata koja sadrži prijedlog mjera za poboljšanje energetskih svojstava zgrade koje su ekonomski opravdane kod postojećih zgrada, odnosno preporuke za korištenje zgrade vezano na ispunjenje bitnog zahtjeva uštede energije i toplinske zaštite i ispunjenje energetskih svojstava zgrade kod novih zgrada.

Sukladno navedenoj metodologiji načina izrade energetskog certifikata i zakonskoj obvezi iste, izrađen je energetski certifikat zgrade Graditeljske škole Čakovec kojim je pokazano da zgrada prema specifičnoj godišnjoj potrošnji energije spada i energetski razred B, dok prema specifičnoj godišnjoj primarnoj energiji u energetski razred C, što je vidljivo na slici 31.



ENERGETSKI CERTIFIKAT ZGRADE

prema Pravilniku o energetskom pregledu zgrade i energetskom certificiranju (Narodne novine 88/2017)

GRADITELJSKA ŠKOLA ČAKOVEC

Naziv zgrade

GRADITELJSKA ŠKOLA ČAKOVEC

Naziv samostalne uporabne cjeline zgrade

ŠPORTSKA ULICA 1	40000	ČAKOVEC
Ulica i kućni broj	*Poštanski broj*	*Mjesto*

PODACI O ZGRADI	☐ nova	☑ postojeća	☐ rekonstrukcija
Vrsta zgrade (prema *Pravilniku*)	Zgrade za obrazovanje		
Vrsta zgrade prema složenosti tehničkih sustava	zgrada sa složenim tehničkim sustavom		
Vlasnik / Investitor	GRADITELJSKA ŠKOLA ČAKOVEC		
k.č.br.	2490/1	k.o.	ČAKOVEC
Ploština korisne površine grijanog dijela zgrade A_K [m²]	2.734,40	Godina izgradnje / rekonstrukcije	1977 / 2020
Građevinska (bruto) površina zgrade [m²]	2.984,00	Mjerodavna meteorološka postaja	VARAŽDIN
Faktor oblika *fo* [m⁻¹]	0,45	Referentna klima	Kontinentalna

ENERGETSKI RAZRED ZGRADE	Specifična godišnja potrebna toplinska energija za grijanje $Q''_{H,nd}$ [kWh/(m²a)]	Specifična godišnja primarna energija *Eprim* [kWh/(m²a)]
	37	80
	B	C
Specifična godišnja isporučena energija *Edel* [kWh/(m²a)]	65	
Specifična godišnja emisija CO_2 [kg/(m²a)]	15	
Upisati "nZEB" ako energetsko svojstvo zgrade (*Eprim*) zadovoljava zahtjeve za zgrade gotovo nulte energije propisane važećim TPRUETZZ		

ROK VAŽENJA CERTIFIKATA / PODACI O OSOBI KOJA JE IZDALA ENERGETSKI CERTIFIKAT					
Oznaka energetskog certifikata	P_910_2015_10635_NSZ2	Datum izdavanja	15.10.2020.	Datum važenja	15.10.2030.
Naziv ovlaštene pravne osobe	MODERNA d.o.o.			Registarski broj	P-910/2015
Ime i prezime imenovane osobe u ovlaštenoj pravnoj osobi ili ime i prezime ovlaštene fizičke osobe /vlastoručni potpis	Hrvoje Matotek, mag. ing. el.				

PODACI O OSOBAMA KOJE SU SUDJELOVALE U IZRADI ENERGETSKOG CERTIFIKATA				
Dio zgrade	Ime i prezime ovlaštene osobe	Naziv pravne osobe	Registarski broj	Vlastoručni potpis
Građevinski	Ratko Matotek, dipl. ing. građ.	MEĐIMURJE-INVESTA d.o.o.	P-99/2011	
Strojarski	Damir Matjačić, dipl. ing. stroj.	PREVENTA d.o.o.	P-38/2010	
Elektrotehnički	Hrvoje Matotek, mag. ing. el.	MODERNA d.o.o.	P-910/2015	

Projekt je sufinancirala Europska Unija iz Europskog fonda za regionalni razvoj.

EUROPSKI STRUKTURNI I INVESTICIJSKI FONDOVI

Europska unija Zajedno do fondova EU

C2BFD3EE-FFDE-4D43-AE39-B37789F3C460

ENERGETSKI CERTIFIKAT ZGRADE str.1/4

Slika 31. Energetski certifikat Graditeljske škole Čakovec [11]

7. Analiza potrošnje graditeljske škole Čakovec

Analiza potrošnje energenata rađena je temeljem dostupnih podataka iz Informacijskog sustava za gospodarenje energijom (ISGE sustava) u vremenskom periodu od 2015. do 2021. godine. ISGE neizbježan je sustavno gospodarenje energijom budući da nadzire i analizira potrošnju energije i vode u zgradama javnog sektora temeljem unesenih podataka te omogućuje strateško planiranje i upravljanje resursima u zgradama [10]. Uneseni podaci omogućuju pregled količine potrošnje energenata i vode u pojedinoj zgradi ali identifikaciju neželjene ili prekomjerne potrošnje. Sustav omogućuje satna očitovanja u zgradama koje posjeduju uređaje za daljinsko čitanje energenata. Sustav je projektiran na način da može prihvaćati satna očitanja potrošnje energije s objekata gdje su ugrađeni sustavi za daljinsko očitavanje potrošnje energije [10].

Graditeljska škola Čakovec posjeduje uređaje za mjerenje potrošnje energenta za zgrade u svojem vlasništvu [10]. U ovom radu analizirana je potrošnje od 2015. godine te promatrano kako je projekt energetske obnove škole u 2020. utjecao na potrošnju energenata.

U razdoblju od siječnja 2015. do prosinca 2020. godine škola je potrošila ukupno 436.626,00 kWh električne energije te 368.398,18 m^3 prirodnog plina što je rezultiralo emisijama CO_2 u iznosu od 102.524,00 tone CO_2 za električnu energiju i 751.240,00 tona CO_2 što je prikazano u tablici 5.

Tablica 5. Apsolutna potrošnja energije Graditeljske škole u razdoblju 2015.-2020. [14]

Zbirna potrošnja (1.2015. - 12.2020.)						
Grupa energenata	**Energent**	**Mjerna jedinica**	**Potrošnja**	**Potrošnja [kWh]**	**Trošak [kn]**	**Emisija CO_2 [t]**
Električna energija	Električna energija	kWh	436.626,00	436.626,00	494.173,21	102,524
Grijanje	Prirodni plin	m^3	368.398,18	3.411.625,00	1.296.259,35	751,240
				3.848.251,00	**1.790.432,56**	**853,764**

Projekt energetske obnove škole realiziran je u razdoblju proljeće/ljeto 2020. kako bi se kvalitetno mogla analizirati potrošnja kao referentno vrijeme uzeto je razdoblje od pet godina. Stoga je u tablici 6 prikazana potrošnja električne energije prirodnog plina i emisija CO_2 u 2015. godini po mjesecima, također je prikazan i nastali trošak kao posljedica potrošene energije. Tablicom 6. prikazana je potrošnja energenata po mjesecima u 2015. godini, gdje je udio prirodnog plina u apsolutnoj potrošnji iznosio 90,2% te je proizveo 89,6% tCO_2. Udio potrošnje električne energije iznosio je 9,8% s 10,4% udjelom u emisija CO_2. U tablici 7. je prikazana apsolutna potrošnja energenta u 2015. godini [10].

Tablica 6. Potrošnja energenata škole u 2015. godini [10]

		Električna energija			**Grijanje**		
		Električna energija			**Prirodni plin**		
		Potrošnja [kWh]	Trošak [kn]	Emisija CO_2 [t]	Potrošnja [m³]	Trošak [kn]	Emisija CO_2 [t]
2015.	1.	8.202	9.498	1,926	9.622	42.418	19,621
	2.	7.054	8.385	1,656	13.434	58.592	27,394
	3.	6.190	7.351	1,453	8.918	38.853	18,186
	4.	4.556	5.515	1,070	5.185	22.891	10,574
	5.	4.851	5.877	1,139	1.635	7.290	3,334
	6.	3.526	4.385	0,828	1.101	4.943	2,244
	7.	2.406	2.959	0,565	375	1.749	0,765
	8.	2.309	3.012	0,542	195	958	0,398
	9.	5.384	6.117	1,264	1.459	6.556	2,976
	10.	7.258	8.114	1,704	6.073	26.992	12,383
	11.	7.366	8.496	1,730	7.080	31.501	14,439
	12.	6.507	7.710	1,528	9.997	44.436	20,386

Tablica 7. Apsolutna potrošnja energenata u 2015. godini [10]

Godišnja potrošnja - 2015. (01.2015. - 12.2015.)						
Grupa energenata	**Energent**	**Mjerna jedinica**	**Potrošnja**	**Potrošnja energije [kWh]**	**Trošak [kn]**	**Emisija CO_2 [t]**
Električna energija	Električna energija	kWh	65.608,00	65.608,00	77.419,47	15,405
Grijanje	Prirodni plin	m³	65.074,78	602.638,00	287.179,88	132,701
				668.246,00	**364.599,35**	**148,106**

U tablici 8. prikazana je prikazana je potrošnja energenata po mjesecima u 2016. godini, gdje je udio prirodnog plina u apsolutnoj potrošnji iznosio 89,6% te je proizveo 89% tCO_2. Udio potrošnje električne energije iznosio je 10,4% s 11% udjelom u emisija CO_2. Tablicom 9. prikazana je apsolutna potrošnja energenta u 2016. godini

Tablica 8. Potrošnja energenata škole u 2016. godini [10]

		Električna energija			Grijanje		
		Električna energija			Prirodni plin		
		Potrošnja [kWh]	Trošak [kn]	Emisija CO_2 [t]	Potrošnja [m³]	Trošak [kn]	Emisija CO_2 [t]
2016.	1.	7.646	8.858	1,795	9.417	41.888	19,203
	2.	7.754	8.773	1,821	10.368	45.789	21,142
	3.	6.628	7.775	1,556	8.402	36.885	17,133
	4.	5.997	6.987	1,408	5.607	24.636	11,433
	5.	5.542	6.611	1,301	3.786	16.751	7,721
	6.	3.654	4.561	0,858	1.303	5.789	2,656
	7.	4.216	3.644	0,990	528	2.408	1,077
	8.	2.330	2.410	0,547	351	1.633	0,716
	9.	5.501	5.963	1,292	1.677	7.444	3,419
	10.	7.113	7.612	1,670	6.357	27.947	12,964
	11.	7.857	8.591	1,845	8.432	37.110	17,195
	12.	8.068	8.922	1,894	10.888	48.034	22,203

Tablica 9. Apsolutna potrošnja energenata u 2016. godini [10]

Godišnja potrošnja - 2016. (01.2016. - 12.2016.)						
Grupa energenata	**Energent**	**Mjerna jedinica**	**Potrošnja**	**Potrošnja energije [kWh]**	**Trošak [kn]**	**Emisija CO_2 [t]**
Električna energija	Električna energija	kWh	72.306,00	72.306,00	80.707,77	16,978
Grijanje	Prirodni plin	m³	67.115,01	621.532,00	296.314,65	136,861
				693.838,00	**377.022,42**	**153,840**

U tablici 10. prikazana je prikazana je potrošnja energenata po mjesecima u 2017. godini, gdje je udio prirodnog plina u apsolutnoj potrošnji iznosio 89,6% te je proizveo 89% tCO_2. Udio potrošnje električne energije iznosio je 10,4% s 11% udjelom u emisija CO_2. U tablici 11. prikazana je apsolutna potrošnja energenta u 2017. godini.

Tablica 10. Potrošnja energenata škole u 2017. godini [10]

		Električna energija			Grijanje		
		Električna energija			Prirodni plin		
		Potrošnja [kWh]	Trošak [kn]	Emisija CO_2 [t]	Potrošnja [m³]	Trošak [kn]	Emisija CO_2 [t]
2017.	1.	7.787	7.467	1,828	15.504	67.617	31,616
	2.	8.448	7.288	1,984	13.827	60.072	28,196
	3.	7.362	6.381	1,729	8.510	37.009	17,353
	4.	4.971	4.633	1,167	3.878	16.921	7,909
	5.	6.679	5.796	1,568	3.507	15.302	7,151
	6.	4.094	3.756	0,961	1.493	6.563	3,045
	7.	2.364	2.555	0,555	83	459	0,169
	8.	2.376	2.543	0,558	566	2.560	1,153
	9.	7.604	8.188	1,785	2.303	5.582	4,697
	10.	9.086	9.479	2,133	5.729	13.735	11,683
	11.	10.548	10.932	2,477	11.214	26.790	22,869
	12.	9.236	9.988	2,169	8.345	19.962	17,018

Tablica 11. Apsolutna potrošnja energenata u 2017. godini [10]

Godišnja potrošnja - 2017. (01.2017. - 12.2017.)						
Grupa energenata	**Energent**	**Mjerna jedinica**	**Potrošnja**	**Potrošnja energije [kWh]**	**Trošak [kn]**	**Emisija CO_2 [t]**
Električna energija	Električna energija	kWh	80.554,00	80.554,00	79.007,02	18,915
Grijanje	Prirodni plin	m³	74.959,88	694.181,00	272.573,07	152,859
				774.735,00	**351.580,09**	**171,774**

U tablici 12. prikazana je prikazana je potrošnja energenata po mjesecima u 2018. godini, gdje je udio prirodnog plina u apsolutnoj potrošnji iznosio 87,1% te je proizveo 86,4% tCO_2. Udio potrošnje električne energije iznosio je 12,9% s 13,6% udjelom u emisija CO_2 . U tablici 13. prikazana je apsolutna potrošnja energenta u 2018. godini

Tablica 12. Potrošnja energenata škole u 2018. godini [10]

		Električna energija			Grijanje		
		Električna energija			Prirodni plin		
		Potrošnja [kWh]	Trošak [kn]	Emisija CO_2 [t]	Potrošnja [m³]	Trošak [kn]	Emisija CO_2 [t]
2018.	1.	8.191	9.084	1,923	10.262	24.620	20,927
	2.	10.727	11.560	2,519	10.916	26.182	22,261
	3.	8.648	13.383	2,031	12.278	29.436	25,038
	4.	6.184	6.649	1,452	3.163	7.656	6,449
	5.	6.655	7.012	1,563	1.542	3.785	3,145
	6.	4.450	4.712	1,045	1.021	2.540	2,082
	7.	2.368	3.165	0,556	844	2.118	1,722
	8.	2.359	2.871	0,554	418	1.098	0,852
	9.	6.857	8.288	1,610	1.179	3.445	2,403
	10.	8.335	9.910	1,957	4.035	11.663	8,228
	11.	9.309	11.139	2,186	6.110	17.691	12,460
	12.	8.220	10.582	1,930	8.493	24.550	17,318

Tablica 13. Apsolutna potrošnja energenata u 2018. godini [10]

Godišnja potrošnja - 2018. (01.2018. - 12.2018.)						
Grupa energenata	**Energent**	**Mjerna jedinica**	**Potrošnja**	**Potrošnja energije [kWh]**	**Trošak [kn]**	**Emisija CO_2 [t]**
Električna energija	Električna energija	kWh	82.303,00	82.303,00	98.353,58	19,326
Grijanje	Prirodni plin	m³	60.261,97	558.068,00	154.784,10	122,887
				640.371,00	**253.137,67**	**142,212**

U tablici 14. prikazana je prikazana je potrošnja energenata po mjesecima u 2019. godini, gdje je udio prirodnog plina u apsolutnoj potrošnji iznosio 86,2% te je proizveo 85,5% tCO_2. Udio potrošnje električne energije iznosio je 13,8% s 14,5% udjelom u emisija CO_2 . U tablici 15. prikazana je apsolutna potrošnja energenta u 2019. godini.

Tablica 14. Potrošnja energenata škole u 2019. godini [10]

		Električna energija			Grijanje		
		Električna energija			Prirodni plin		
		Potrošnja [kWh]	Trošak [kn]	Emisija CO_2 [t]	Potrošnja [m³]	Trošak [kn]	Emisija CO_2 [t]
2019.	1.	8.629	9.623	2,026	11.819	34.175	24,100
	2.	8.536	9.913	2,004	7.948	22.983	16,208
	3.	8.167	9.597	1,918	6.307	18.258	12,861
	4.	6.057	7.289	1,422	4.590	13.315	9,360
	5.	8.405	9.854	1,974	4.438	12.877	9,050
	6.	4.226	4.803	0,992	737	2220	1502
	7.	2.637	3.248	0,619	597	1.819	1,217
	8.	2.485	2.722	0,584	559	1.710	1,140
	9.	6.531	7.887	1,534	886	2.651	1,807
	10.	8.471	10.269	1,989	3.108	9.047	6,337
	11.	7.495	9.151	1,760	6.315	18.280	12,878
	12.	9.061	10.737	2,128	7.341	21.234	14,969

Tablica 15. Apsolutna potrošnja energenata u 2019. godini [10]

Godišnja potrošnja - 2019. (01.2019. - 12.2019.)						
Grupa energenata	**Energent**	**Mjerna jedinica**	**Potrošnja**	**Potrošnja energije [kWh]**	**Trošak [kn]**	**Emisija CO_2 [t]**
Električna energija	Električna energija	kWh	80.700,00	80.700,00	95.094,03	18,949
Grijanje	Prirodni plin	m³	54.644,57	506.047,00	158.567,36	111,432
				586.747,00	**253.661,39**	**130,381**

U tablici 16. prikazana je prikazana je potrošnja energenata po mjesecima u 2020. godini, gdje je udio prirodnog plina u apsolutnoj potrošnji iznosio 88,6% te je proizveo 87,9% tCO_2. Udio potrošnje električne energije iznosio je 11,4% s 12,1% udjelom u emisija CO_2 . U tablici 17. prikazana je apsolutna potrošnja energenta u 2020. godini

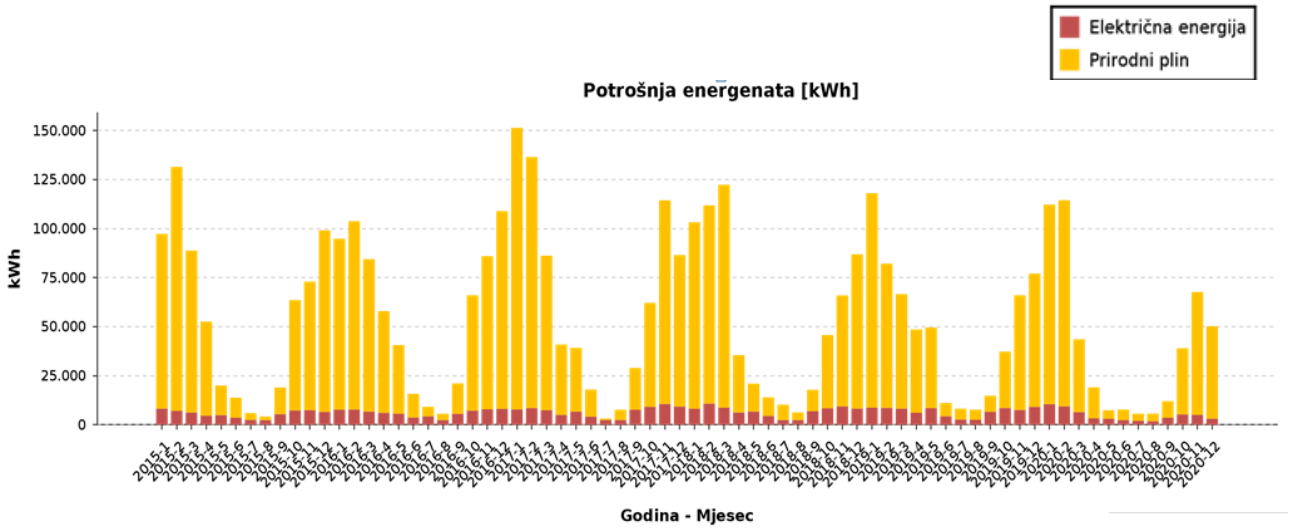
Tablica 16. Potrošnja energenata škole u 2020. godini [16]

		Električna energija			Grijanje		
		Električna energija			Prirodni plin		
		Potrošnja [kWh]	Trošak [kn]	Emisija CO_2 [t]	Potrošnja [m³]	Trošak [kn]	Emisija CO_2 [t]
2020.	1.	10.435	11.904	2,450	10.994	31.750	22,419
	2.	9.320	11.152	2,188	11.352	30.285	23,150
	3.	6.361	7.830	1,494	4.017	10.781	8,192
	4.	3.222	3.623	0,757	1.704	4.631	3,475
	5.	3.044	3.525	0,715	462	1.329	0,943
	6.	2.370	3.024	0,556	576	1.630	1,174
	7.	1.940	2.353	0,456	395	1.150	0,805
	8.	1.674	2.131	0,393	427	1.236	0,872
	9.	3.507	4.052	0,824	915	2.532	1,865
	10.	5.224	5.836	1,227	3.645	9.792	7,433
	11.	5.002	5.130	1,175	6.764	18.085	13,793
	12.	3.056	3.033	0,718	5.091	13.636	10,381

Tablica 17. Apsolutna potrošnja energenata u 2020. godini [10]

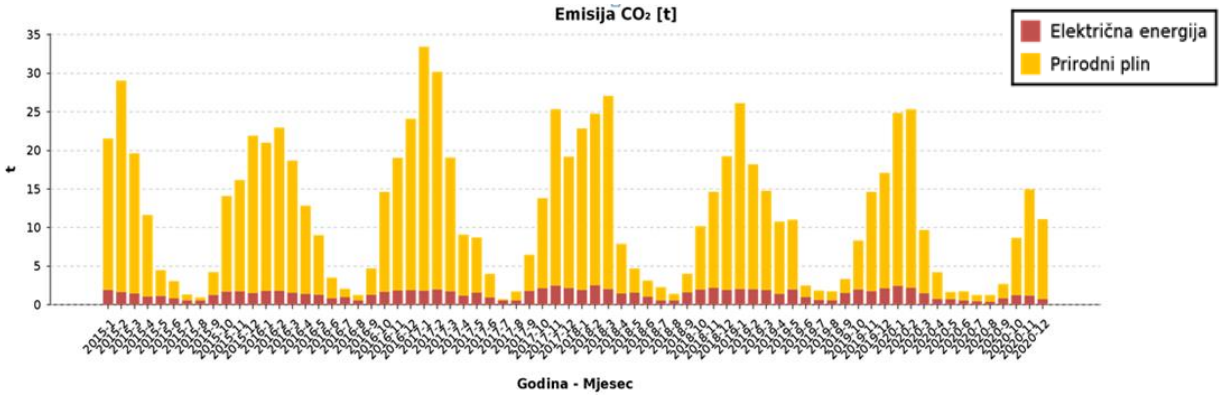
Godišnja potrošnja - 2020. (01.2020. - 12.2020.)						
Grupa energenata	**Energent**	**Mjerna jedinica**	**Potrošnja**	**Potrošnja energije [kWh]**	**Trošak [kn]**	**Emisija CO_2 [t]**
Električna energija	Električna energija	kWh	55.155,00	55.155,00	63.591,35	12,951
Grijanje	Prirodni plin	m³	46.341,96	429.159,00	126.840,29	94,501
				484.314,00	**190.431,64**	**107,452**

Sumiranjem podataka o potrošnji i emisijama CO_2 u razdoblju 2015. - 2020. Izrađen je graf potrošnje prikazan na slici 32. iz kojeg je vidljivo da se potrošnja energenata u 2020. godini smanjila uslijed implementacija mjera energetske obnove, no za dobivanje relevantnijih podataka o potrošnji potrebno je pratiti potrošnju energenata u narednom petogodišnjem razdoblju



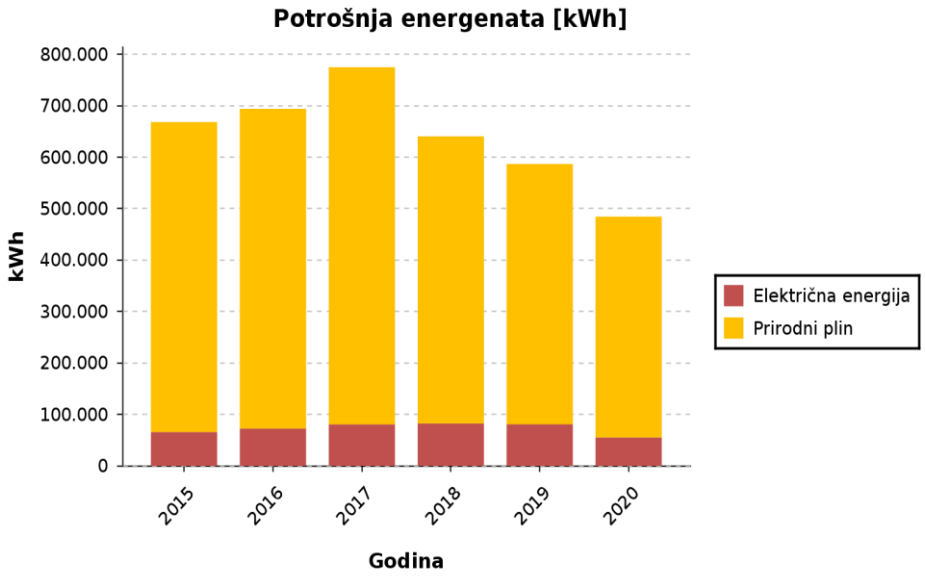
Slika 32. Apsolutna mjesečna potrošnje energije u razdoblju 2015.-2020. po mjesecima [14]

Slikom 33. Prikazan je graf emisija CO_2 u tonama za razdoblje 2015.-2020.

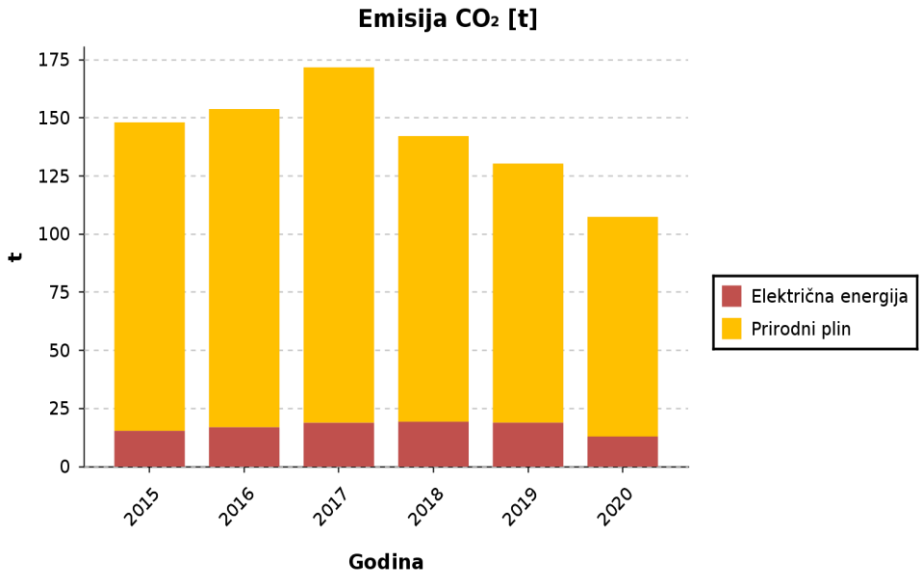


Slika 33. Emisije CO2 u razdoblju 2015.-2020. po mjesecima [14]

Slika 34. prikazuje potrošnju energenata Graditeljske škole Čakovec u kWh po godinama, dok je slikom 35. prikazana emisija CO_2 po godinama za razdoblje 2015.-2020.



Slika 34. Potrošnja energenata po godinama [14]



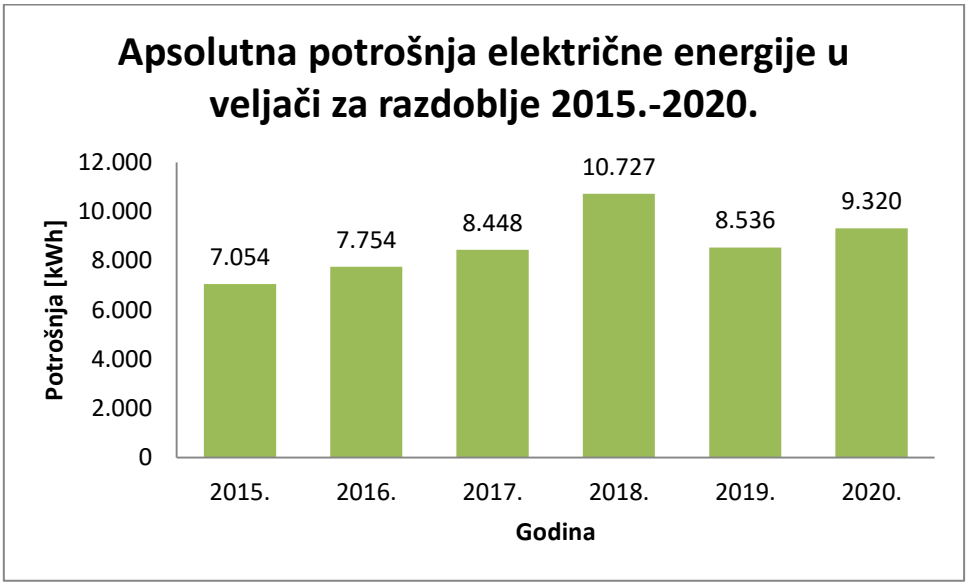
Slika 35. Emisije CO_2 po godinama [14]

Za detaljniju analizu potrošnje energenata uzeta su tri referentna mjeseca u godini (veljača, svibanj i listopad) te je potrošnja energenata usporedno prikazana kroz vremensko razdoblje od pet godina. U tablici 18. prikazana je apsolutna potrošnja energenata u veljači za razdoblje 2015.-2020.

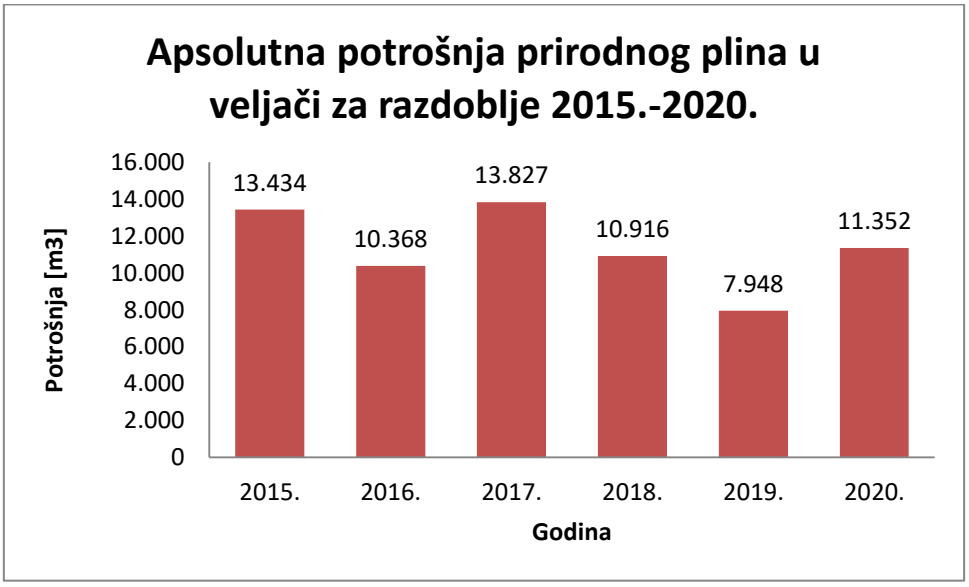
Tablica 18. Apsolutna potrošnja energenata u veljači za razdoblje 2015.-2020. [10]

Apsolutna potrošnja energenata u veljači za razdoblje 2015.-2020.						
godina	**Električna energija**			**Grijanje**		
	Električna energija			**Prirodni plin**		
	Potrošnja	Trošak	Emisija CO_2	Potrošnja	Trošak	Emisija CO_2
	[kWh]	[kn]	[t]	[m³]	[kn]	[t]
2015.	7.054	8.385	1,656	13.434	58.592	27,394
2016.	7.754	8.773	1,821	10.368	45.789	21,142
2017.	8.448	7.288	1,984	13.827	60.072	28,196
2018.	10.727	11.560	2,519	10.916	26.182	22,261
2019.	8.536	9.913	2,004	7.948	22.983	16,208
2020.	9.320	11.152	2,188	11.352	30.285	23,15
UKUPNO	51.839	57.071	12	67.845	243.903	138

Iz tablice je vidljivo da je najveća potrošnja električne energije ostvarena 2018. godine, a prirodnog plina 2017. godine. Ukupno je za vremensko razdoblje od pet godina potrošeno 51.839 kWh električne energije u mjesecu veljači, dok je prirodnog plina potrošeno 67.845 m3. Podaci prikazani u tablici grafički su prikazanu i grafovima na slici 36. i 37.



Slika 36. Apsolutna potrošnja električne energije u veljači za razdoblje 2015.-2020. [10]



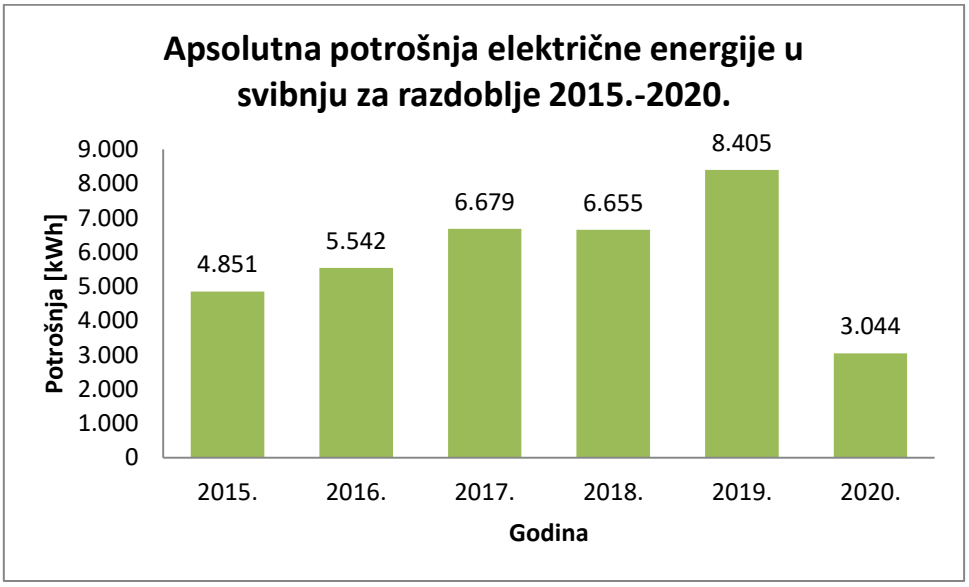
Slika 37. Apsolutna potrošnja prirodnog plina u veljači za razdoblje 2015.-2020. [10]

Sukladno gore navedenim podacima, a i temeljem iskustva može se reći da je veljača mjesec kada se najviše trošilo energenata zbog vanjskih vremenskih uvjeta, no ne možemo zaključiti da se potrošnja energenata smanjila kao posljedica energetske obnove, što je i logično budući da su radovi energetske obnove započeli u travnju 2020. godine te na ova tablica ne prikazuje relevantne podatke.

Daljnjom analizom uzeti je kao relevantni mjesec svibanj te je praćena potrošnja u razdoblju od pet godina. Dobivene vrijednosti potrošnje električne energije i prirodnog plina prikazane su na tablici 19., dok su dobivene vrijednosti grafički prikazane slikom 38. i 39.

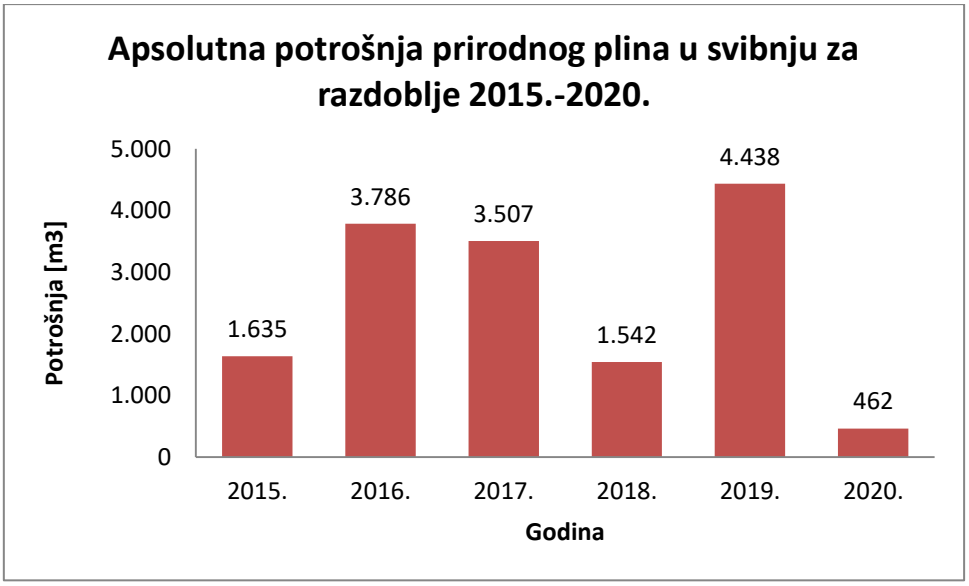
Tablica 19. Apsolutna potrošnja energenata u svibnju za razdoblje 2015.-2020. [10]

Apsolutna potrošnja energenata u svibnju za razdoblje 2015.-2020.						
godina	**Električna energija**			**Grijanje**		
	Električna energija			**Prirodni plin**		
	Potrošnja	Trošak	Emisija CO_2	Potrošnja	Trošak	Emisija CO_2
	[kWh]	[kn]	[t]	[m³]	[kn]	[t]
2015.	4.851	5.877	1,139	1.635	7.290	3,334
2016.	5.542	6.611	1,301	3.786	16.751	7,721
2017.	6.679	5.796	1,568	3.507	15.302	7,151
2018.	6.655	7.012	1,563	1.542	3.785	3,145
2019.	8.405	9.854	1,974	4.438	12.877	9,05
2020.	3.044	3.525	0,715	462	1.329	0,943
UKUPNO	35.176	38.675	8	15.370	57.334	31



Slika 38. Apsolutna potrošnja električne energije u svibnju za razdoblje 2015.-2020. [10]

.



Slika 39. Apsolutna potrošnja prirodnog plina u veljači za razdoblje 2015.-2020. [10]

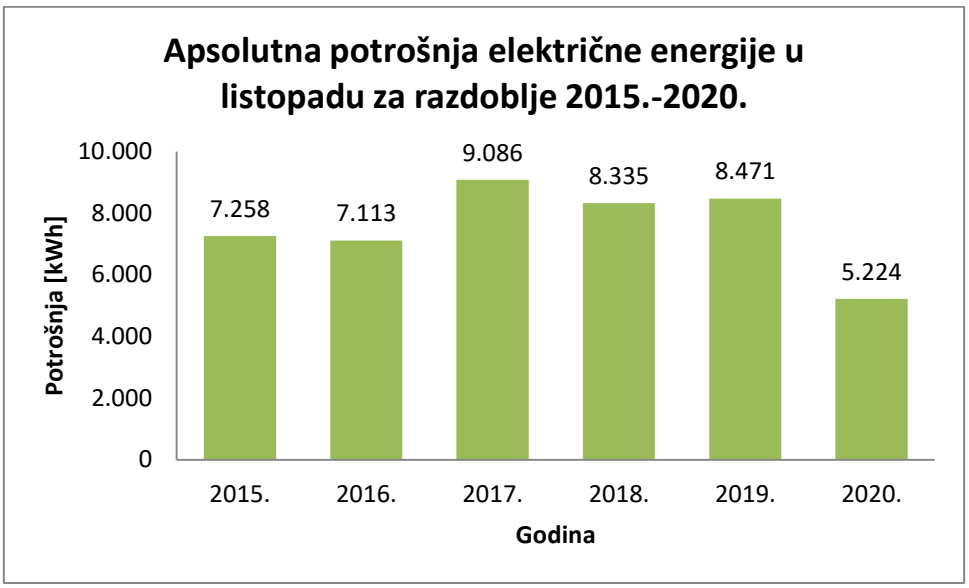
Dobiveni rezultati prikazani su grafički te se jasno može vidjeti da potrošnja u 2019. godini znatno odstupa svojim vrijednostima, dok su vrijednosti ostalih godina relativno izjednačene što se tiče potrošnje električne energije. Dobivene visoke vrijednosti u 2019. godini posljedica su loših vremenskih uvjeta i posljedično veće potrebe za potrošnjom energenata. Vrijednost potrošnje prirodnog plina drastično je niska u 2020.godini naspram ostalih godina. Navedeno ne mora čuditi budući da je sredinom ožujka 2020. godine proglašena pandemija Corona virusa te je usljedilo online održavanje nastave te škola kao takva nije imala potrebe za potrošnjom energenata budući da se fizička nastava nije održavala. S pogleda energetske obnove možda je još prerano za reći da su uštede posljedica obnove budući da su se u svibnju odvijali pripremni radovi te nije zamijenjena sva predviđena stolarija te implementirane mjere toplinske izolacije vanjske ovojnice.

Kao sljedeći relevantni mjesec uzeti je listopad kao mjesec u kojem polako počinje sezona grijanja, a budući da se nastava u listopadu 2020.godine održavala fizički u školi možemo promatrati nastale uštede kao posljedicu implementacije mjera energetske obnove. Potrošnja energenata u listopadu prikazana je tablicom 20.

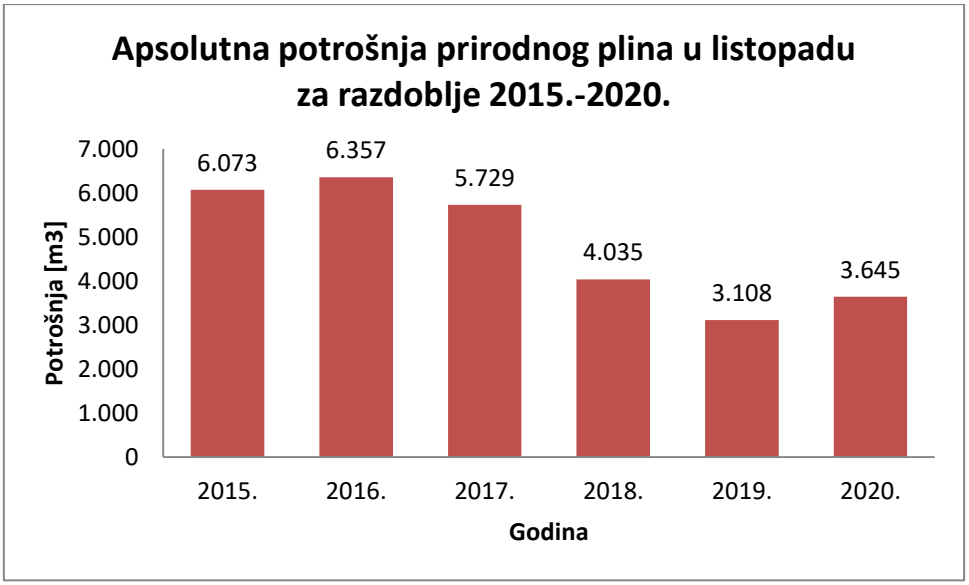
Tablica 20. Apsolutna potrošnja energenata u listopadu za razdoblje 2015.-2020. [10]

Apsolutna potrošnja energenata u listopadu za razdoblje 2015.-2020.						
godina	**Električna energija**			**Grijanje**		
	Električna energija			**Prirodni plin**		
	Potrošnja	Trošak	Emisija CO_2	Potrošnja	Trošak	Emisija CO_2
	[kWh]	[kn]	[t]	[m³]	[kn]	[t]
2015.	7.258	8.114	1,704	6.073	26.992	12,383
2016.	7.113	7.612	1,67	6.357	27.947	12,964
2017.	9.086	9.479	2,133	5.729	13.735	11,683
2018.	8.335	9.910	1,957	4.035	11.663	8,228
2019.	8.471	10.269	1,989	3.108	9.047	6,337
2020.	5.224	5.836	1,227	3.645	9.792	7,433
UKUPNO	45.487	51.220	11	28.947	99.176	59

Dobiveni rezultati potrošnje energenata prikazani su grafički na slikama 40 i 41.



Slika 40. Apsolutna potrošnja električne energije u listopadu za razdoblje 2015.-2020. [10]



Slika 41. Apsolutna potrošnja prirodnog plina u veljači za razdoblje 2015.-2020. [10]

Energetska obnova Graditeljske škole Čakovec završila je u rujnu 2020.godine, stoga kao relevantni mjesec možemo gledati potrošnju i analizirati uštede. Implementacijom mjera energetske učinkovitosti kompletno se zamijenila postojeća rasvjeta u zgradu učinkovitijom LED rasvjetom, stoga ne čudi smanjenje potrošnje električne energije u 2020. godini. Potrošnja električne energije u 2020. godini iznosi 5.224 kWh dok je najviša potrošnja u petogodišnjem razdoblju iznosila 2017. godine 9.086 kWh. Grafom na Slici 44. vidljivo je da je potrošnja prirodnog plina za listopad 2015., 2016. i 2017. godine relativno ujednačena nakon čega dolazi do smanjenja, no smanjenje potrošnje prirodnog plina u 2020. godini, kao godini nakon energetske obnove znatnije ne odstupa i ne referira projektom predviđene uštede.

Temeljem prikazanih rezultata ne možemo govoriti o ostvarenim projektiranim uštedama energenata Graditeljske škole Čakovec. Valja napomenuti kako su projektirane uštede prikazane kao posljedica poboljšanja građevinskih dijelova zgrade te da stvarne uštede ostvaruju oko 30% vrijednosti energenata naspram potrošnje prije energetske obnove. Navedeno je posljedica ponašanja korisnika zgrade te pravilnog korištenja energetski obnovljenog objekta. Također analizirajući potrošnju u 2020. godini ipak je prerano govoriti o ostvarenim uštedama budući da je energetska obnova završila tek u rujnu iste godine. Kako bi se dobili relevantniji podaci o ostvarenim uštedama svakako je potrebno daljnje praćenje potrošnje energenata te se kroz vremenski period od minimalno tri godine može govoriti i analizirati uštede upravo kako bi se eliminirale eventualne anomalije ili nepredviđeni događaji kao posljedica ostvarenih veliki ili ne ostvarivanja predviđenih ušteda.

8. Zaključak

Graditeljstvo je mulitdisciplinarna znanost koja zahtjeva međusobnu suradnju i koordiniranost različitih tehničkih struka kako bi se uspješno implementirao projekt. S pogleda energetske učinkovitosti graditeljstvo u najvećem djelu sudjeluje u potrošnji energije s ukupnim udjelom od čak 40% od ukupne potrošnje energije. U želji smanjenja potrošnje energije i stvaranja štetnih emisija CO_2 država kroz nacionalne i Europske fondove potiče energetske obnove javnih zgrada. Upravo u tu svrhu izradio se projekt energetske obnove zgrade Graditeljske škole Čakovec.

Škola je u razdoblju od 2015. – 2020. potrošila 436.626,00 kWh električne energije te 368.398,18 m^3 prirodnog plina. S obzirom na stanje zgrade škole s građevinskog aspekta bila je nužna obnova u pogledu povećanja energetske učinkovitosti te posljedičnog smanjenja potrošnje energenata. Od mjera implementirana je toplinska izolacija vanjskog pročelja, krova i zamjena vanjske stolarije. Također je ugrađen novi kotao u kotlovnicu škole te kompletno zamijenjena rasvjeta.

Radovi energetske obnove odvijali su se u razdoblju proljeće – ljeto te iako je ugovorom i terminskim planom bio predviđen završetak za listopad, radovi su završili početkom rujna bez obzira na odvijanje Državne mature u prostorijama škole čime su se gubili radni sati radnika na gradilištu. Navedeno je bilo moguće jedino uz dobru organizaciju gradilišta te poštivanje načela organizacije gradilišta koji su obrađeni ovim diplomskih radom.

Glavnim projektom energetske obnove Graditeljske škole Čakovec su bile projektirane uštede u godišnjoj toplinskoj energije za grijanje za stvarne klimatke podatke prema glavnom projektu ($Q_{H,nd}$) u iznosu 63.174,39 kWh/a, odnosno postotnom iznosu od 56,94%. Budući da je 2020. bila godina implementacije mjera, ali i pandemijska godina u kojoj smo se susreli s odvijanjem online nastave što je posljedično utjecalo na potrošnju energenata, te u ovom vremenskom razdoblju još nije moguće govoriti o ostvarenim uštedama. Ipak, u poglavlju 7. rada analizirana je potrošnja po godinama te je u tablicama i grafovima moguće vidjeti ostvarene uštede potrošnje energenata.

9. Literatura

[1] Narodne novine (2019): Zakon o gradnji 153/13, 20/17, 39/19, 125/19. Službeni list Republike Hrvatske, br. 2489, Zagreb

[2] M. Radujković i suradnici (2015): Organizacija građenja, Zagreb, Građevinski fakultet Zagreb

[3] mr.sc. V. Bukarica, dr.sc. D. Dović, Ž. Hrs Borković, dr.sc. V. Soldo, mr.sc. B. Sučić, dr.sc. S. Švaić, dr.sc. V. Zanki (2008): Priručnik za energetske savjetnike, Zagreb, Program Ujedinjenih naroda za razvoj (UNDP) u Hrvatskoj

[4] Narodne novine (2021): Zakon o energetskoj učinkovitosti 127/14, 116/18, 25/20, 41/21. Službeni list Republike Hrvatske, br. 811, Zagreb

[5] Z. Veršić (2010): Osnovi Zgradarstva i izvedba zgrada, Zagreb, Društvo građevinskih inženjera

[6] D. Markovinović (2018): Organizacija gradilišta i građenja, bilješke s predavanja

[7] https://geoportal.dgu.hr/, pristupljeno 4.5.2021.

[8] GiP Šarić (2018): Glavni projekt energetske obnove oznake projekta GIP-45/2018

[9] Energetski institut Hrvoje Požgar (2014): Energetski pregled škole i učeničkog doma u sklopu Graditeljske škole u Čakovcu

[10] Međimurska energetska agencija d.o.o.

[11] Graditeljska škola Čakovec

[12] http://www.ig-gradnja.com/dokumenti/organizacija_gradjenja.pdf, pristupljeno: 12.5.2021.

[13] https://mgipu.gov.hr/UserDocsImages/dokumenti/EnergetskaUcinkovitost/meteoroloski_podaci/Metodologija-2017.pdf , pristupljeno: 12.5.2021.

[14] https://www.isge.hr/login.xhtml, pristupljeno 12.5.2021.

Popis slika

Slika 1. Shema organizacije gradilišta [2] 12
Slika 2. Shematski prikaz vrsta planova 15
Slika 3. Ploča gradilišta sa znakovima zaštite na radu 19
Slika 4. Energetska bilanca zgrade [3] 20
Slika 5. Potrošnja energije u kućanstvima u Hrvatskoj [3] 21
Slika 6. Katastarska čestica Graditeljske škole Čakovec [7] 40
Slika 7. Termografija ulaznog prostora škole [9] 42
Slika 8. Toplinski most na spoju zidne i podne konstrukcije [9] 43
Slika 9. Termografska snimka ravnog krova [9] 43
Slika 10. Zapadno pročelje škole [8] 45
Slika 11. Sjeverno pročelje škole [8] 45
Slika 12. Ravni krov škole prije obnove [8] 46
Slika 13. Stolarija južnog pročelja škole [8] 47
Slika 14. Detaljni prikaz postojeće stolarije [8] 47
Slika 15. Terminski plan izvođenja radova [10] 49
Slika 16. Građevinska ploča 52
Slika 17. Presjek izvedbe sokla vanjskog zida [8] 54
Slika 18. Toplinska izolacija južnog pročelja 56
Slika 19. Izvedba toplinske izolacije pročelja 56
Slika 20. Implementacija polimer-cementnog ljepila armiranog tekstilno-staklenom mrežicom 57
Slika 21. Prikaz detalja slojeva toplinske izolacije krova [8] 58
Slika 22. Izvođenje radova na krovu škole [10] 59
Slika 23. Toplinska izolacija krova [10] 60
Slika 24. Izvođenje završnog sloja krova od TPO folije [10] 60
Slika 25. Shema presjeka izvedbe spoja vanjskog zida i stolarije [8] 61
Slika 26. Nova stolarija 62
Slika 27. Strojarnica škole s novim kotlom [10] 63
Slika 28. Primjer lista građevinskog dnevnika [10] 65

Slika 29. Sjeverno pročelje škole nakon energetske obnove [11] 68
Slika 30. Detalj stolarije nakon energetske obnove škole [11]..... 68
Slika 31. Energetski certifikat Graditeljske škole Čakovec [11]..... 71
Slika 32. Apsolutna mjesečna potrošnje energije u razdoblju 2015.-2020. po mjesecima [14] 79
Slika 33. Emisije CO2 u razdoblju 2015.-2020. po mjesecima [14]..... 79
Slika 34. Potrošnja energenata po godinama [14] 80
Slika 35. Emisije CO_2 po godinama [14] 81
Slika 36. Apsolutna potrošnja električne energije u veljači za razdoblje 2015.-2020. [10] 82
Slika 37. Apsolutna potrošnja prirodnog plina u veljači za razdoblje 2015.-2020. [10] 82
Slika 38. Apsolutna potrošnja električne energije u svibnju za razdoblje 2015.-2020. [10] 84
Slika 39. Apsolutna potrošnja prirodnog plina u veljači za razdoblje 2015.-2020. [10] 84
Slika 40. Apsolutna potrošnja električne energije u listopadu za razdoblje 2015.-2020. [10] 86
Slika 41. Apsolutna potrošnja prirodnog plina u veljači za razdoblje 2015.-2020. [10] 86

Popis tablica

Tablica 1. Toplinska provodljivost nekih toplinsko izolacijskih materijala [3] 26
Tablica 2. Učinkovitost uređaja za proizvodnju topline bazirana na donjoj ogrjevno moći [3] 29
Tablica 3. Preporučljiv broj izmjena zraka u satu naspram vrste prostorija [3] 30
Tablica 4. Zahtjev u vezi ušteda energije za stambene i nestambene zgrade grijane na temperaturu višu od 18°C [3] 34
Tablica 5. Apsolutna potrošnja energije Graditeljske škole u razdoblju 2015.-2020. [14] 72
Tablica 6. Potrošnja energenata škole u 2015. godini [10] 73
Tablica 7. Apsolutna potrošnja energenata u 2015. godini [10] 73
Tablica 8. Potrošnja energenata škole u 2016. godini [10] 74
Tablica 9. Apsolutna potrošnja energenata u 2016. godini [10] 74
Tablica 10. Potrošnja energenata škole u 2017. godini [10] 75
Tablica 11. Apsolutna potrošnja energenata u 2017. godini [10] 75
Tablica 12. Potrošnja energenata škole u 2018. godini [10] 76
Tablica 13. Apsolutna potrošnja energenata u 2018. godini [10] 76
Tablica 14. Potrošnja energenata škole u 2019. godini [10] 77
Tablica 15. Apsolutna potrošnja energenata u 2019. godini [10] 77
Tablica 16. Potrošnja energenata škole u 2020. godini [16] 78
Tablica 17. Apsolutna potrošnja energenata u 2020. godini [10] 78
Tablica 18. Apsolutna potrošnja energenata u veljači za razdoblje 2015.-2020. [10] ... 81
Tablica 19. Apsolutna potrošnja energenata u svibnju za razdoblje 2015.-2020. [10] .. 83
Tablica 20. Apsolutna potrošnja energenata u listopadu za razdoblje 2015.-2020. [10] 85