

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Iva Nekić

Zagreb, 2010.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Mentori:

prof. dr.sc. Igor Balen

prof. dr.sc. Neven Duić

Iva Nekić

Zagreb, 2010.

ZAHVALA

Zahvaljujem se svojim mentorima prof. dr. sc. Igoru Balenu i prof. dr. sc. Nevenu Duiću te asistentu Tomislavu Pukšecu na strpljenju i stručnoj pomoći koju su mi pružili tijekom izrade ovog diplomskog rada.

Također se zahvaljujem UNDP-u na dobivenim podacima za izradu diplomskog rada i posebno Marku Biščanu i Marku Capeku te tehničkom osoblju Policijske akademije.

Posebna zahvala mojoj obitelji, prijateljima i kolegama i Edinu koji su mi bili podrška tokom mog studiranja.

IZJAVA

Izjavljujem da sam ovaj rad izradila samostalno koristeći znanja stečena tijekom studija te služeći se navedenom stručnom literaturom.

Iva Nekić

SAŽETAK

Predmet diplomskog rada je energetski pregled i analiza predloženih mjera ušteda za kompleks Policijske akademije smješten na lokaciji Avenija Gojka Šuška bb. u Zagrebu.

Policijsku akademiju čini ukupno 20 objekata, od kojih je 19 u njenom vlasništvu s time da je jedan objekt u izgradnji i jedan je objekt u vlasništvu Carinske uprave. U diplomskom radu obrađeno je ukupno 18 objekata ukupne površine 32.708 m².

U okviru diplomskog analizirana su energetska svojstva zgrada u vlasništvu Policijske akademije. Za analizu karakteristika vanjske ovojnice zgrada bili su dostupni podaci za 14 objekata i za njih je prema normi HRN EN ISO 13790 izračunata potrebna toplina za grijanje.

U sklopu rada analizirana su i svojstva sustava grijanje, hlađenja, ventilacije i pripreme potrošne tople vode.

Pregledom i analizom prikupljenih računa za energente i vode napravljena je analiza potrošnje i raspodjela potrošnje po pojedinim potrošačima.

Na temelju dobivenih rezultata predložene su mjere poboljšanja energetske učinkovitosti i napravljena je tehno-ekonomska analiza. Također je napravljena analiza emisije CO₂ koju proizvodi kompleks i njeno smanjenje ukoliko se usvoje predložene mjere.

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. OPIS POSTOJEĆEG STANJA KOMPLEKSA POLICIJSKE AKADEMIJE	2
2.1. Toplinske karakteristike vanjske ovojnice objekata Policijske akademije	6
2.1.1. Paviljon 4	6
2.1.2. Restoran i kuhinja	7
2.1.3. Načelnništvo	8
2.1.4. Visoka policijska škola	9
2.1.5. Sportska dvorana	10
2.1.6. Paviljoni 1,2 i 3	11
2.1.1. Srednja policijska škola	12
2.1.2. Crkva	13
2.1.3. Praonica i kemijska čistionica	14
2.1.4. Skladište	16
2.1.5. Porta 1	17
2.1.6. Porta 2	18
2.2. Sustavi grijanja i pripreme potrošne tople vode	19
2.2.1. Kotlovnica	20
2.2.2. Toplinska podstanica 1	23
2.2.3. Toplinska podstanica 4	25
2.2.4. Toplinska podstanica 5	26
2.2.5. Toplinska podstanica 6	27
2.2.6. Toplinska podstanica 7	28
2.2.7. Ogrjevna tijela	29
2.3. Sustavi hlađenja	30
2.3.1. Split uređaji	30
2.3.2. Rashladnik vode na objektu Paviljon 4	31
2.3.3. VRF sustav hlađenja objekta Srednja policijska škola	32
2.4. Sustavi ventilacije	33
2.4.1. Sustav ventilacije objekta Paviljon 1	33
2.4.2. Sustav ventilacije objekta Kuhinja i restoran	34
3. PRORAČUN POTREBNE ENERGIJE ZA GRIJANJE PREMA NORMI HRN EN ISO 13790	35
3.1. Klimatski podaci	35
3.2. Općenito o proračunu HRN EN ISO 13790	36
3.2.1. Godišnja potrebna toplinska energija za grijanje	37
3.2.1.1. Toplinski gubici	39
3.2.1.2. Toplinski dobici	40
3.3. Proračun potrebne topline za grijanje za objekte Policijske akademije	44

3.3.1. Paviljon 1	44
3.3.2. Paviljon 4	46
3.3.3. Kuhinja i restoran	48
3.3.4. Načelništvo	50
3.3.5. Visoka policijska škola	52
3.3.6. Sportska dvorana	54
3.3.7. Srednja policijska škola	56
3.3.8. Crkva	58
3.3.9. Skladište	60
3.3.10. Porta 1	62
3.3.11. Porta 2	64
3.3.12. Praonica i kemijska čistionica	66
3.4. Rekapitulacija objekata	68
3.5. Energetski razred objekta	69
4. ANALIZA POTROŠNJE ENERGIJE I VODE	70
4.1. Analiza potrošnje električne energije	70
4.1.1. Analiza računa	70
4.1.2. Modeliranje potrošnje električne energije	75
4.2. Analiza potrošnje prirodnog plina	79
4.2.1. Analiza računa	79
4.2.2. Modeliranje potrošnje prirodnog plina	80
4.3. Analiza potrošnje vode	84
4.3.1. Analiza računa	84
4.3.2. Modeliranje potrošnje vode	86
4.4. Bilanca troškova energenata	90
5. PREPORUKE I MJERE ENERGETSKE UČINKOVITOSTI	91
5.1. Električna energija	91
5.1.1. Promjena tarifnog modela za električnu energiju	91
5.1.2. Planiranje angažirane snage	92
5.1.3. Ugradnja fluokompaktnih žarulja	93
5.2. Toplinska energija	95
5.2.1. Ugradnja termostatskih ventila	96
5.2.2. Građevinske mjere	98
5.2.2.1. Izolacija vanjskog zida	98
5.2.2.2. Izolacija krova	99
5.2.2.3. Zamjena vanjskih prozora	100
5.2.3. Ugradnja mjerila potrošnje toplinske energije	101
5.3. Voda	102

5.4. Sumarnih prikaz svih mjera _____	103
6. SMANJENJE EMISIJA CO ₂ _____	104
7. ZAKLJUČAK _____	107
8. LITERATURA _____	109

POPIS SLIKA

Slika 2.1 Pogled na Policijsku akademiju.....	2
Slika 2.2 Objekti Paviljon 1, 2 i 3 (1, 2, 3)	3
Slika 2.3 Objekti Paviljon 4 (8) i Restoran i kuhinja (6)	4
Slika 2.4 Objekti Načelnništvo (13), Visoka policijska škola (14) i Sportska dvorana (16)	4
Slika 2.5 Objekt Srednja policijska škola (17)	4
Slika 2.6 Objekti Dresura pasa PA (20), Dresura pasa gradska (19) i Kantina 92 (18)	4
Slika 2.7 Objekti Crkva (5), Praonica i kemijska čistionica (7) i Skladište (12)	5
Slika 2.8 Objekti Porta 1 (4) i Porta 2 (15)	5
Slika 2.9 Vrelvodni kotlovi u kotlovnici	20
Slika 2.10 Razdjelnik	20
Slika 2.11 Ekspanzijske posude	21
Slika 2.12 Akumulacijski spremnici	21
Slika 2.13 Parni koto Termocrat	22
Slika 2.14 Kondenzatna posuda	22
Slika 2.15 Distribucija radijatorskog kruga grijanja	23
Slika 2.16 Tlačna ventilatorska jedinica	24
Slika 2.17 Akumulacijski bojler i recirkulacijska pumpa	24
Slika 2.18 Pločasti izmjenjivač i razdjelni krug grijanja	25
Slika 2.19 Spremnici PTV-a	25
Slika 2.20 Toplinska podstanica 5	26
Slika 2.21 Toplinska podstanica 6	27
Slika 2.22 Razdjelnik toplinske podstanice 7 i spremnik tople vode	28
Slika 2.23 Parni kotao i spremnik kondenzata	28
Slika 2.24 Ogrjevna tijela	29
Slika 2.25 Vanjske jedinice na objektu Srednja policijska škola	30
Slika 2.26 Rashladnik vode na objektu Paviljon 4	31
Slika 2.27 Vanjska i unutarnja jedinica VRF sustava.	32
Slika 2.28 Termostat prostorije	32
Slika 2.29 Tlačni kanal u objektu Paviljon 1	33
Slika 2.30 Ventilacijski kanali u potkrovlju objekta Kuhinja i restoran	34

POPIS TABLICA

Tablica 2.1 Objekti u vlasništvu Policijske akademije	3
Tablica 2.2 Toplinske karakteristike vanjske ovojnice objekta Paviljon 4	6
Tablica 2.3 Toplinske karakteristike vanjske ovojnice za objekt Kuhinja i restoran	7
Tablica 2.4 Toplinske karakteristike vanjske ovojnice za objekt Načelnništvo	8
Tablica 2.5 Toplinske karakteristike vanjske ovojnice za objekt Visoka policijska škola	9
Tablica 2.6 Toplinske karakteristike vanjske ovojnice za objekt Sportska dvorana	10
Tablica 2.7 Toplinske karakteristike vanjske ovojnice objekata	11
Tablica 2.8 Toplinske karakteristike vanjske ovojnice za objekt Srednja policijska škola	12
Tablica 2.9 Toplinske karakteristike vanjske ovojnice za objekt Crkva	13
Tablica 2.10 Toplinske karakteristike vanjske ovojnice za objekt Praonica i kemijska čistionica	14
Tablica 2.11 Toplinske karakteristike vanjske ovojnice za objekt Skladište	16
Tablica 2.12 Toplinske karakteristike vanjske ovojnice za objekt Porta 1	17
Tablica 2.13 Toplinske karakteristike vanjske ovojnice za objekt Porta 2	18
Tablica 2.14 Način grijanja po objektima u vlasništvu Policijske akademije	19
Tablica 2.15 Podaci o vrelovodnim kotlovima	20
Tablica 2.16 Instalirane snage ogrjevnih tijela Policijske akademije	29
Tablica 2.17 Instalirane snage split uređaja	30
Tablica 3.1 Stvarni klimatski podaci za meteorološku postaju Zagreb-Grič	35
Tablica 3.2 Faktor umanjenja naprave za zaštitu od sunčeva zračenja, $F_{sh,gl}$	42
Tablica 3.3 Vrijednosti stupnja propuštanja ukupne energije kroz ostakljenje, za slučaj okomitog upada sunčeva zračenja, g_{gl}	42
Tablica 3.4 Projektni podaci za objekt Paviljon 1	44
Tablica 3.5 Geometrijske karakteristike zgrade za objekt Paviljon 1	44
Tablica 3.6 Karakteristike prozora objekta Paviljon 1	44
Tablica 3.7 Koeficijenti transmisijskih gubitaka kroz vanjsku ovojnicu objekta Paviljon 1	45
Tablica 3.8 Potrebna toplina za grijanje za objekt Paviljon 1	45
Tablica 3.9 Projektni podaci za objekt Paviljon 4	46
Tablica 3.10 Geometrijske karakteristike objekta Paviljon 4	46
Tablica 3.11 Karakteristike prozora za objekt Paviljon 4	46
Tablica 3.12 Koeficijenti transmisijskih gubitaka kroz vanjsku ovojnicu objekta Paviljon 4	47
Tablica 3.13 Potrebna toplina za grijanje objekta Paviljon 4	47
Tablica 3.14 Projektni podaci za objekt Kuhinja i restoran	48
Tablica 3.15 Geometrijske karakteristike za objekt Kuhinja i restoran	48
Tablica 3.16 Karakteristike prozora objekta Kuhinja i restoran	48

Tablica 3.17 Koeficijenti transmisijskih gubitaka kroz vanjsku ovojnici objekta Kuhinja i restoran.....	49
Tablica 3.18 Potrebna toplina za grijanje objekta Kuhinja i restoran	49
Tablica 3.19 Projektni podaci za objekt Načelništvo	50
Tablica 3.20 Geometrijske karakteristike za objekt Načelništvo.....	50
Tablica 3.21 Karakteristike prozora objekta Načelništvo.....	50
Tablica 3.22 Koeficijenti transmisijskih gubitaka kroz vanjsku ovojnici objekta Načelništvo	51
Tablica 3.23 Potrebna toplina za grijanje objekta Načelništvo	51
Tablica 3.24 Projektni podaci za objekt Visoka policijska škola	52
Tablica 3.25 Geometrijske karakteristike za objekt Visoka policijska škola.....	52
Tablica 3.26 Karakteristike prozora objekta Visoka policijska škola.....	52
Tablica 3.27 Koeficijenti transmisijskih gubitaka kroz vanjsku ovojnici objekta Visoka policijska škola	53
Tablica 3.28 Potrebna toplina za grijanje objekta Visoka policijska škola	53
Tablica 3.29 Projektni podaci za objekt Sportska dvorana.....	54
Tablica 3.30 Geometrijske karakteristike za objekt Sportska dvorana	54
Tablica 3.31 Karakteristike prozora objekta Sportska dvorana	54
Tablica 3.32 Koeficijenti transmisijskih gubitaka kroz vanjsku ovojnici objekta Sportska dvorana	55
Tablica 3.33 Potrebna toplina za grijanje objekta Sportska dvorana.....	55
Tablica 3.34 Projektni podaci za objekt Srednja policijska škola	56
Tablica 3.35 Geometrijske karakteristike za objekt Srednja policijska škola	56
Tablica 3.36 Karakteristike prozora objekta Srednja policijska škola	56
Tablica 3.37 Koeficijenti transmisijskih gubitaka kroz vanjsku ovojnici objekta Srednja policijska škola	57
Tablica 3.38 Potrebna toplina za grijanje objekta Srednja policijska škola.....	57
Tablica 3.39 Projektni podaci za objekt Crkva	58
Tablica 3.40 Geometrijske karakteristike za objekt Crkva.....	58
Tablica 3.41 Karakteristike prozora objekta Crkva.....	58
Tablica 3.42 Koeficijenti transmisijskih gubitaka kroz vanjsku ovojnici objekta Crkva	59
Tablica 3.43 Potrebna toplina za grijanje objekta Crkva	59
Tablica 3.44 Projektni podaci za objekt Skladište	60
Tablica 3.45 Geometrijske karakteristike za objekt Skladište.....	60
Tablica 3.46 Karakteristike prozora objekta Skladište.....	60
Tablica 3.47 Koeficijenti transmisijskih gubitaka kroz vanjsku ovojnici objekta Skladište	61
Tablica 3.48 Potrebna toplina za grijanje objekta Skladište	61
Tablica 3.49 Projektni podaci za objekt Porta 1	62

Tablica 3.50 Geometrijske karakteristike za objekt Porta 1.....	62
Tablica 3.51 Karakteristike prozora objekta Porta 1.....	62
Tablica 3.52 Koeficijenti transmisivskih gubitaka kroz vanjsku ovojnicu objekta Porta 1.....	63
Tablica 3.53 Potrebna toplina za grijanje objekta Porta 1.....	63
Tablica 3.54 Projektni podaci za objekt Porta 2.....	64
Tablica 3.55 Geometrijske karakteristike za objekt Porta 2.....	64
Tablica 3.56 Karakteristike prozora objekta Porta 2.....	64
Tablica 3.57 Koeficijenti transmisivskih gubitaka kroz vanjsku ovojnicu objekta Porta 2.....	65
Tablica 3.58 Potrebna toplina za grijanje objekta Porta 2.....	65
Tablica 3.59 Projektni podaci za objekt Praonica i kemijska čistionica.....	66
Tablica 3.60 Geometrijske karakteristike za objekt Praonica i kemijska čistionica.....	66
Tablica 3.61 Karakteristike prozora objekta Praonica i kemijska čistionica.....	66
Tablica 3.62 Koeficijenti transmisivskih gubitaka kroz vanjsku ovojnicu objekta Praonica i kemijska čistionica.....	67
Tablica 3.63 Potrebna toplina za grijanje objekta Praonica i kemijska čistionica.....	67
Tablica 3.64 Potrebna toplina za grijanje po objektima Policijske akademije.....	68
Tablica 3.65 Energetski razredi zgrada.....	69
Tablica 3.66 Energetski razredi zgrada Policijske akademije.....	69
Tablica 4.1 Struktura cijena za tarifni model srednji napon bijeli.....	70
Tablica 4.2 Dnevna tarifna razdoblja za pojedine tarifne stavke.....	70
Tablica 4.3 Troškovi električne energije za 2007. godinu.....	71
Tablica 4.4 Troškovi električne energije za 2008. godinu.....	71
Tablica 4.5 Troškovi električne energije za 2009. godinu.....	72
Tablica 4.6 Potrošači električne energije za sustav grijanja i PTV-a.....	75
Tablica 4.7 Potrošači električne energije za sustav ventilacije.....	76
Tablica 4.8 Potrošači električne energije za sustav hlađenja.....	76
Tablica 4.9 Potrošači električne energije za sustav rasvjete.....	76
Tablica 4.10 Potrošači električne energije uredske opreme.....	77
Tablica 4.11 Potrošači električne energije kuhinjske opreme.....	77
Tablica 4.12 Potrošači električne energije opreme praonice.....	77
Tablica 4.13 Procijenjena prosječna potrošnja električne energije po pojedinim potrošačima.....	78
Tablica 4.14 Struktura cijena plina za Gradsku plinaru Zagreb.....	79
Tablica 4.15 Ukupna potrošnja prirodnog plina u 2007., 2008. i 2009. godini.....	79
Tablica 4.16 Raspodjela brojila po objektima Policijske akademije.....	80
Tablica 4.17 Prosječna potrošnja prirodnog plina po mjernim mjestima.....	80
Tablica 4.18 Bilanca potrošnje prirodnog plina.....	81
Tablica 4.19 Specifična potrošnja energije za grijanje po objektima.....	82

Tablica 4.20 Bilanca potrošnje prirodnog plina Policijske akademije.....	83
Tablica 4.21 Jedinična cijena vode za Zagrebački holding	84
Tablica 4.22 Potrošnja vode u razdoblju od 2007. do 2009. godine.....	84
Tablica 4.23 Potrošnja vode u razdoblju od 2007. do 2009. godine za stambene objekte	85
Tablica 4.24 Potrošnja vode na slavinama i tuševima	86
Tablica 4.25 Potrošnja vode u pisoarima i vodokotlićima.....	87
Tablica 4.26 Potrošnja vode u kuhinji	88
Tablica 4.27 Bilanca potrošnje vode.....	88
Tablica 4.28 Raspodjela potrošnje tople vode prema mjestima pripreme	89
Tablica 4.29 Pregled prosječne godišnje potrošnje energije i vode te pripadajućih troškova Policijske akademije.....	90
Tablica 5.1 Usporedba tarifnih modela srednji napon bijeli i niski napon crveni	91
Tablica 5.2 MJERA 1 – Zamjena tarifnog modela.....	91
Tablica 5.3 Prosječna ušteda za prekomjerno angažiranu snagu	92
Tablica 5.4 MJERA 2 – Planiranje angažirane snage	92
Tablica 5.5 Prikaz troškova za postojeću rasvjetu	93
Tablica 5.6 Godišnja ušteda električne energije zamjenom žarulja sa žarnom niti s fluokompaktnom žaruljom.....	93
Tablica 5.7 Godišnja ušteda troškova zamjenom žarulja	93
Tablica 5.8 MJERA 3 – Zamjena žarulja sa žarnim nitima s fluokompaktnim žaruljama	94
Tablica 5.9 Procijenjene vrijednosti potrebne energije za grijanje	96
Tablica 5.10 Procijenjene vrijednosti potrebne energije za radijatorsko grijanje objekta	96
Tablica 5.11 MJERA 4 – Ugradnja termostatskih ventila	97
Tablica 5.12 MJERA 5 – Izolacija vanjskog zida.....	98
Tablica 5.13 MJERA 6 – Izolacija krova	99
Tablica 5.14 MJERA 7 – Zamjena prozora	100
Tablica 5.15 Sumarni prikaz svih mjera.....	103
Tablica 6.1 Emisije CO ₂ prema tablici iz priloga 6A Pravilnika o energetskom certificiranju zgrada	104
Tablica 6.2 Ukupna prosječna godišnja emisija CO ₂	104
Tablica 6.3 Ukupna prosječna godišnja emisija CO ₂ po pojedinim potrošačima električne energije	104
Tablica 6.4 Uštede u emisiji CO ₂ zamjenom žarulja sa žarnim nitima s fluokompaktnim žaruljama	105
Tablica 6.5 Ukupna prosječna godišnja emisija CO ₂ po kategorijama potrošača prirodnog plina	105
Tablica 6.6 Uštede u emisiji CO ₂ ugradnjom termostatskih ventila	105

Tablica 6.7 Uštede u emisiji CO ₂ izolacijom vanjskog zida	105
Tablica 6.8 Uštede u emisiji CO ₂ izolacijom krova	106
Tablica 6.9 Uštede u emisiji CO ₂ zamjenom prozora	106
Tablica 6.10 Ukupna ušteda emisija CO ₂ po energentima	106

POPIS DIJAGRAMA

Dijagram 4.1 Usporedba potrošnje električne energije u nižoj tarifi s brojem korisnika za tri godine	73
Dijagram 4.2 Usporedba potrošnje električne energije za tri godine	73
Dijagram 4.3 Usporedba ostvarene i ugovorene snage za 2008. i 2009. godinu.....	74
Dijagram 4.4 Udio pojedinih potrošača u potrošnji električne energije	78
Dijagram 4.5 Udio potrošnje prirodnog plina.....	83
Dijagram 4.6 Udio potrošnje vode	89
Dijagram 4.7 Bilanca troškova energenata Policijske akademije	90

POPIS OZNAKA

A – površina [m^2]

A_k – površina grijanog dijela zgrade [m^2]

$A_{sol,k}$ – efektivna kolektorska površina k -tog građevnog elementa [m^2]

$A_{w,p}$ – ukupna ploština prozora [m^2]

a_H – bezdimenzijski numerički parametar koji uzima u obzir utjecaj toplinske inercije

$a_{H,red}$ – bezdimenzijski redukcijski faktor za nekontinuirano grijanje [-]

B – količina goriva [m^3g]

$b_{tr,x}$ – faktor prilagodbe

C_m – toplinski kapacitet zgrade ili proračunske zone [J/K]

c_p – specifični toplinski kapacitet [J/kgK]

F_F – udio ploštine prozorskog okvira u ukupnoj površini prozora

$F_{sh,ob,k}$ – faktor smanjenja zbog sjene od vanjskih prepreka direktnom sunčevu zračenju na površinu k -tog građevnog elementa

$f_{H,hr}$ – udio sati u tjednu tijekom kojih grijanje radi s normalnom vrijednošću unutarnje temperature [-]

g_{gl} – ukupna propusnost sunčeva zračenja kroz prozirne elemente kada pomično zasjenjenje nije uključeno

H_A – koeficijent transmisije izmjene topline prema susjednim zgradama [W/K]

H_D – koeficijent transmisije izmjene topline izravno prema vanjskom okolišu [W/K]

$H_{g,m}$ – koeficijent transmisije izmjene topline prema tlu [W/K]

$H_{tr,adj}$ – koeficijent transmisije izmjene topline [W/K]

H_U – koeficijent transmisije izmjene topline kroz negrijani prostor prema vanjskom okolišu [W/K]

$H_{ve,adj}$ – koeficijent ventilacijske izmjene topline [W/K]

$I_{sol,k}$ – prosječna gustoća toplinskog toka sunčeva zračenja na površinu k -tog građevnog elementa u promatranom proračunskom periodu (mjesecu) na određenu orijentaciju i nagib plohe [W/m^2]

l_k – duljina k -tog linearnog toplinskog mosta [m]

n_{mn} – minimalni broj izmjena zraka [h^{-1}]

P – izloženi opseg poda [m]

p – tlak [bar]

$Q_{H,gn}$ – ukupni toplinski dobici zgrade u periodu grijanja [J]

$Q_{H,nd}$ – ukupna izmijenjena toplina u periodu grijanja [J]

$Q_{H,nd,cont}$ – ukupna potrebna korisna energija za grijanje pri kontinuiranom grijanju [J]

Q_{int} – unutarnji toplinski dobici u proračunskom mjesecu [J]

Q_{PTV} – potrebna toplina za zagrijavanje PTV-a [J]

- Q_{sol} – toplinski dobitci od sunčeva zračenja u proračunskom mjesecu [J]
 Q_{tr} – izmijenjena toplina transmisijom [J]
 Q_{ve} – izmijenjena toplina ventilacijom [J]
 T – termodinamička temperatura [K]
 U – koeficijent prolaska topline [W/m^2K]
 U_{TM} – dodatak za toplinske mostove [W/m^2K]
 V_e – obujam grijanog dijela zgrade [m^3]
 γ_H – odnos toplinskih dobitaka i ukupne izmijenjene topline transmisijom i ventilacijom u režimu grijanja [-]
 $\eta_{H,gn}$ – faktor iskorištenja toplinskih dobitaka pri grijanju [-]
 η_k – stupanj djelovanja kotla [-]
 ρ – gustoća [kg/m^3]
 τ – vremenska konstanta zone zgrade [h]
 $\tau_{H,0}$ – referentna vremenska konstanta za grijanje [h]
 θ_e – srednja vanjska temperatura za proračunski period (mjesečna) [$^{\circ}C$]
 θ_{int} – unutarnja temperatura [$^{\circ}C$]
 $\Phi_{sol,mn,k}$ – prosječni toplinski učin sunčanog toplinskog izvora kroz k-ti građevni dio u grijani prostor [W]
 $\Phi_{sol,mn,u,l}$ – prosječni toplinski učin sunčanog toplinskog izvora kroz l-ti građevni dio u susjedni negrijani prostor [W]
 χ_j – koeficijent prolaska topline j-tog točkastog toplinskog mosta [W/K]
 ψ_k – dužinski koeficijent prolaska topline k-tog linearnog toplinskog mosta [W/(m K)]

1. UVOD

Cijene energenata i emisije stakleničkih plinova kako u cijelome svijetu tako i u Republici Hrvatskoj sve više rastu dok se rezerve smanjuju, stoga je neophodno smanjivati potrošnju energenata. Sektor stambenih i nestambenih zgrada u Hrvatskoj troši oko 40% ukupne finalne energije, uz stalan rast potrošnje i zbog toga predstavlja najveći potencijal energetske i ekološke uštede.

Energetski pregled zgrade je ključan za analizu efikasnosti potrošnje energije i vode. Pomoću njega mogu se kontrolirati troškovi i smanjiti potrošnja energenata. Sastavni dio energetske pregleda su preporuke za promjenu načina rada ili ponašanja te preporuke za primjenu zahvata i realizaciju investicija kojima se postiže poboljšanje energetske efikasnosti. Energetski pregled može biti opći i detaljan. Kod općeg energetske pregleda, podaci se prikupljaju i obrađuju kako bi se razumjeli načini korištenja energije i vode u zgradi te identificirale mjere poboljšanja energetske efikasnosti i time stvorila podloga za provedbu detaljnog energetske pregleda. Ukoliko rezultati općeg pregleda ukazuju na postojanje značajnog prostora za poboljšanje energetske efikasnosti, potrebno je provesti detaljni energetski pregled kako bi se mjerenjima na lokaciji potvrdili uočeni potencijali. [1-5]

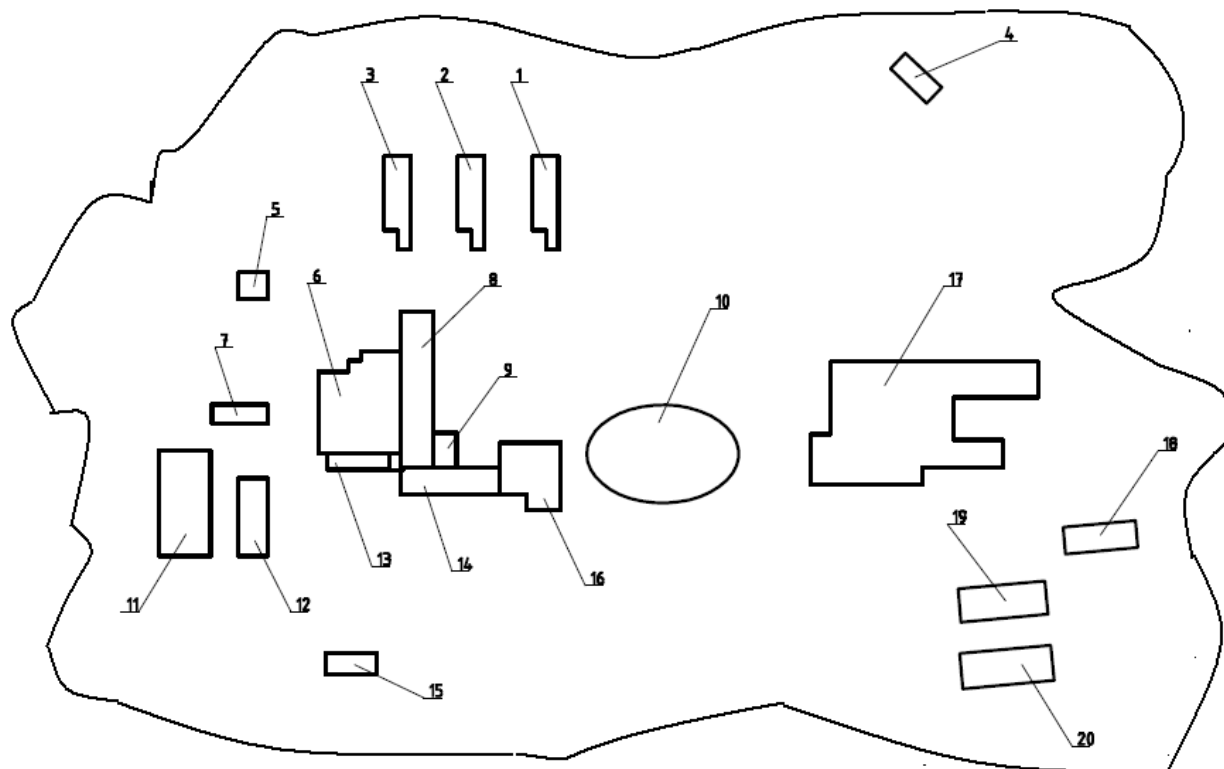
U sklopu diplomskog rada napravljen je opći energetski pregled za kompleks Policijske akademije s preporukama za detaljni. Radom je obuhvaćena:

- obrada ulaznih parametara o općim, energetskim i konstrukcijskim karakteristikama pojedinih objekata Policijske akademije dobivenih od strane UNDP-a,
- razgovor s ključnim osobama koje rade u Policijskoj akademiji te prikupljanje ostalih potrebnih informacija koje uključuju detaljnije prikupljanje općih podataka, energetskih i konstrukcijskih karakteristika. Snimanje i analiziranje kotlovnice i toplinskih podstanica koje se nalaze u kompleksu,
- Izračun potrebne topline za grijanje prema normi HRN EN ISO 13790 za 14 objekata Policijske akademije za koje su se mogli prikupiti svi potrebni podaci,
- Analiza računa za električnu energiju, prirodni plin i vodu te raspodjela potrošnje po pojedinim potrošačima,
- Obradene su mjere poboljšanja energetske učinkovitosti i napravljena je tehnokoekonomska analiza te su dane preporuke za detaljni energetski pregled,
- Izračunata je emisija CO₂ i njeno smanjenje ukoliko se primjene predložene mjere.

Zbog nepostojanja odgovarajuće projektne dokumentacije izvedenog stanja pokušali su se sistematizirati svi relevantni podaci te izvršiti analiza postojećeg stanja energetske postrojenja.

2. OPIS POSTOJEĆEG STANJA KOMPLEKSA POLICIJSKE AKADEMIJE

Policijska akademija je ustrojstvena jedinica Ministarstva unutarnjih poslova Republike Hrvatske, osnovana 70-ih godina prošlog stoljeća kao Obrazovni centar, specijalizirana ustanova u kojoj je organizirana i realizirana temeljna i specijalistička obuka policijskih kadeta, studenata, policijskih službenika i vježbenika. Smještena je na lokaciji Avenija Gojka Šuška bb te ju čini ukupno 20 objekata.



Slika 2.1 Pogled na Policijsku akademiju (1 - Paviljon 1, 2 - Paviljon 2, 3 - Paviljon 3, 4 – Porta 1, 5 – Crkva, 6 – Restoran i kuhinja, 7 – Praonica i kemijska čistionica, 8 – Paviljon 4, 9 – Kotlovnica, 10 – Dvorana u izgradnji, 11 – Paviljon 5, 12 – Skladište, 13 – Načelnništvo, 14 – Visoka policijska škola, 15 – Porta 2, 16 – Športska dvorana, 17 – Srednja policijska škola, 18 – Kantina 92, 19 – Dresura pasa gradska, 20 – Dresura pasa PA)

U prvoj fazi izgradnje Policijska akademija se sastojala od objekata Paviljon 4 (8), Paviljon 5 (11), Kuhinja i restoran (6), Visoka policijska škola (14) i Sportska dvorana (16). U drugoj fazi izgrađeni su objekti Paviljoni 1, 2 i 3 (1,2 i 3) i Srednja policijska škola (17). Također su u blizini akademije izgrađene četiri stambene zgrade za boravak zaposlenika od čega se tri zgrade i danas snabdijevaju toplinom od akademije i sve četiri vodom. Trenutačno se na Policijskoj akademiji gradi nova dvorana (10). U međuvremenu objekt Paviljon 5 (11) je postao vlasništvo

Carinske uprave i zadnje dvije etaže objekta Paviljona 4 (8) dane su joj na korištenje. Ukupna korisna površina objekata koji su u vlasništvu Policijske akademije je 32.708 m² (tablica 2.1).

Tablica 2.1 Objekti u vlasništvu Policijske akademije

Naziv objekta	Korisna površina m ²
Paviljon 1	4.732
Paviljon 2	4.732
Paviljon 3	4.732
Paviljon 4	4.255
Srednja policijska škola	5.177
Visoka policijska škola	3.020
Sportska dvorana	1.096
Restoran i kuhinja	2.205
Načelništvo	470
Crkva	216
Praonica rublja i kemijska čistionica	406
Skladište	312
Dresura pasa PA	500
Dresura pasa gradska	231
Kantina 92	109
Kotlovnica	284
Porta 1	53
Porta 2	178
Ukupno:	32.708



Slika 2.2 Objekti Paviljon 1, 2 i 3 (1, 2, 3)



Slika 2.3 Objekti Paviljon 4 (8) i Restoran i kuhinja (6)



Slika 2.4 Objekti Načelnništvo (13), Visoka policijska škola (14) i Sportska dvorana (16)



Slika 2.5 Objekt Srednja policijska škola (17)



Slika 2.6 Objekti Dresura pasa PA (20), Dresura pasa gradska (19) i Kantina 92 (18)



Slika 2.7 Objekti Crkva (5), Praonica i kemijska čistionica (7) i Skladište (12)



Slika 2.8 Objekti Porta 1 (4) i Porta 2 (15)

Policijska akademija ima ukupno 432 zaposlena i smještajni kapacitet za ukupno 1.723 korisnika.

2.1. Toplinske karakteristike vanjske ovojnice objekata Policijske akademije

Na temelju prikupljenih podataka od strane UNDP-a i uvida u projektnu dokumentaciju za 14 objekata Policijske akademije dobiveni su podaci o toplinskim karakteristikama vanjske ovojnice.

2.1.1. *Paviljon 4*

Objekt Paviljon 4 izgrađen je 1970. godine i zadnji put je rekonstruiran 2008. godine kada mu je obnovljena vanjska fasada i dodana toplinska izolacije od 10 cm mineralne vune. Prva tri kata objekta su u sklopu Policijske akademije, dok su zadnja dva kata dana na korištenje Carinskoj upravi. Ukupna korisna površina objekta je 4.540 m². Zgrada je dužom osi orijentirana u smjeru sjever-jug, s glavnim ulazom na istočnoj strani. Sa zapadne strane zgrada je povezana sa zgradom Kuhinja i restoran, s istočne strane sa zgradom Kotlovnica i s južne strane sa zgradom Visoka policijska škola. Podaci o sastavu (slojevima) vanjske ovojnice, promatrajući iznutra prema van dani su u tablici 2.2. Kao što se može vidjeti iz tablice, pod, krov i vanjska vrata ne zadovoljavaju postojeće tehničke propise.

Tablica 2.2 Toplinske karakteristike vanjske ovojnice objekta Paviljon 4

Vanjska ovojnica	Sastav	Debljina [cm]	U [W/m ² K]	Maksimalni dozvoljeni U [W/m ² K]
Vanjski zidovi	žbuka	2	0,31	0,45
	beton	20		
	kamena vuna	10		
	žbuka	2		
Pod prema tlu	keramičke ploče	1	2,67	0,50
	cementni estrih	3		
	hidroizolacija			
	betonska ploča	20		
Ravni krov	šljunak	10	0,96	0,30
	beton	20		
	hidroizolacija			
	kamena vuna	5		
	parna brana			
	ab ploča	20		
Vanjski prozori	metalni okvir s dvostrukim low-e staklom		1,6	1,80
Vanjska vrata	Jednostruko ostakljena s metalnim okvirom		3,4	1,80

2.1.2. Restoran i kuhinja

Objekt Restoran i kuhinja izgrađen je kad i Paviljon 4 te je dograđivan 1985. godine. Smještajni kapacitet restorana je za 2.044 osoba u kojem objeduju polaznici akademije i zaposlenici. Ukupna neto korisna površina objekta je 1.801 m². Zgrada je dužom osi orijentirana u smjeru sjever-jug, s glavnim ulazom na istočnoj strani koja je povezana s objektom Paviljon 4. S južne strane zgrade nalazi se objekt Načelnništvo. Podaci o sastavu (slojevima) vanjske ovojnice, promatrajući iznutra prema van dani su u tablici 2.3. Za vanjske zidove nije bilo moguće naći sastav zida, jer je bila dostupna samo projektna dokumentacija o nadogradnji i centralnom grijanju. Iz projektne dokumentacije za centralno grijanje je vidljivo jedino da postoje dva tipa vanjskog zida i dva tipa stropa prema negrijanom tavanu od kojih se samo za jedan zna sastav. Iz projekta o nadogradnji dobiveni su ostali podaci. Kao što se može vidjeti iz tablice, niti jedan element ne zadovoljava postojeće tehničke propise.

Tablica 2.3 Toplinske karakteristike vanjske ovojnice za objekt Kuhinja i restoran

Vanjska ovojnica	Sastav	Debljina [cm]	U [W/m ² K]	Maksimalni dozvoljeni U [W/m ² K]
Vanjski zid 1			1,45	0,75
Vanjski zid 2			2,2	
Pod prema tlu kuhinja	keramičke pločice	3	0,79	0,651
	gornja betonska podloga	7		
	okipor	3		
	hidroizolacija			
	donja betonska podloga	10		
Pod prema tlu restoran	šljunak	15	2,22	0,651
	teraco	3		
	gornja betonska podloga	7		
	hidroizolacija			
	donja betonska podloga	10		
Strop prema negrijanom tavanu 1	šljunak	15	0,534	0,40
	kulir beton	5		
	hidroizolacija			
	beton	10		
	mineralna vuna	6		
Strop prema negrijanom tavanu 2	beton	15	0,7	0,40
Vanjski prozori	metalni okvir, dvostruko ostakljenje		3,4	3
Vanjska vrata	metalna		4	3

2.1.3. **Načelnništvo**

Objekt Načelnništvo izgrađen je 1970. godine. Nalazi se uz zapadno pročelje objekta Visoka policijska škola s kojim dijeli ulaz. Ukupna korisna površina objekta je 470 m². Zgrada je dužom osi orijentirana u smjeru istok-zapad, s glavnim ulazom na zapadnoj strani. Podaci o sastavu (slojevima) vanjske ovojnice promatrajući iznutra prema van za objekt dani su u tablici 2.4. Kao što se može vidjeti iz tablice, niti jedan element ne zadovoljava postojeće tehničke propise.

Tablica 2.4 Toplinske karakteristike vanjske ovojnice za objekt Načelnništvo

Vanjska ovojnica	Sastav	Debljina [cm]	U [W/m ² K]	Maksimalni dozvoljeni U [W/m ² K]
Vanjski zidovi	žbuka	2	2,1	0,45
	blok opeka	12		
	fasadna opeka	12		
Pod prema tlu	parket	3	2,67	0,50
	cementni estrih	3		
	beton	20		
	šljunak	15		
Ravni krov	žbuka	2	0,9	0,30
	beton	5		
	okipor	3		
	hidroizolacija			
	beton	15		
Vanjski prozori	drveni okvir, dvostruko ostakljenje		3,6	1,80

2.1.4. **Visoka policijska škola**

Objekt Visoka policijska škola izgrađen je 1970. godine. Zadnji kat objekta je nadograđen 1988. godine. Na sjevernoj strani zgrada je povezana sa objektima Paviljon 4 i Načelnništvo, dok je na istočnoj strani povezana sa objektom Sportska dvorana. Ukupna korisna površina objekta je 3.020 m². Zgrada je dužom osi orijentirana u smjeru istok-zapad, s glavnim ulazom na južnoj strani. Dio podrumskog prostora energetski je vezan za objekt Sportska dvorana pa će se onda kao takav i promatrati. Podaci o sastavu (slojevima) vanjske ovojnice promatrajući iznutra prema van za objekt dani su u tablici 2.5. Kao što se može vidjeti iz tablice, niti jedan element ne zadovoljava postojeće tehničke propise.

Tablica 2.5 Toplinske karakteristike vanjske ovojnice za objekt Visoka policijska škola

Vanjska ovojnica	Sastav	Debljina [cm]	U [W/m ² K]	Maksimalni dozvoljeni U [W/m ² K]
Vanjski zidovi	žbuka	2	2,1	0,45
	blok opeka	12		
	fasadna opeka	12		
Pod prema tlu	parket	3	2,67	0,50
	cementni estrih	3		
	beton	20		
	šljunak	15		
Ravni krov	žbuka	2	1,33	0,30
	porobeton	15		
	ab glazura	3		
	impregnirana daska	2,4		
	tegola			
Vanjski prozori	aluminijски okvir, dvostruko staklo		3,4	1,80
Vanjska vrata	ostakljena s metalnim okvirom		3,4	1,80

2.1.5. **Sportska dvorana**

Objekt Sportska dvorana izgrađen je usporedno sa objektom Visoka policijska škola. U sklopu objekta 1985. godine nadograđena je manja sportska dvorana za borilačke sportove. Objekt Sportska dvorana se osim za potrebe polaznika akademije koristi i za rekreaciju zaposlenika te vanjskih gostiju. Ukupna korisna površina objekta je 1.096 m². Dio prostorija garderoba i sanitarija nalazi se u zgradi Visoke policijske škole, međutim te prostorije su preko sustava grijanja povezane s dvoranom pa će se onda gledati u sklopu nje. Podaci o sastavu (slojevima) vanjske ovojnice promatrajući iznutra prema van dani su u tablici 2.6. Kao što se može vidjeti iz tablice, niti jedan element ne zadovoljava postojeće tehničke propise.

Tablica 2.6 Toplinske karakteristike vanjske ovojnice za objekt Sportska dvorana

Vanjska ovojnica	Sastav	Debljina [cm]	U [W/m ² K]	Maksimalni dozvoljeni U [W/m ² K]
Vanjski zidovi	žbuka	2	2,1	0,75
	blok opeka	12		
	fasadna opeka	12		
Pod prema tlu	teraco	3	2,6	0,651
	cementni estrih	3		
	beton	20		
	šljunak	15		
Ravni krov	porobeton	25	0,65	0,40
	međuprostor	10		
	rešetka			
	aluminijски lim			
Vanjski prozori	drveni okvir, dvostruko staklo		3,4	3
Vanjska vrata	drvena		3,4	3

2.1.6. **Paviljoni 1,2 i 3**

Objekti Paviljon 1, 2 i 3 izgrađeni su jedan do drugoga u razdoblju od 1972. do 1974. godine. Identičnog su izgleda i konstrukcijskih karakteristika, ali različitog udjela namjena prostorija i broja korisnika, jer se dio objekta koristi za uredske prostore. Zbog povećanog smještajnog kapaciteta sva tri paviljona nadogradila su četvrti kat u razdoblju od 1989-1991. Zgrade Paviljona 1, 2 i 3 su samostojeće, na pet etaža, ukupne neto korisne površina 4732 m² po objektu. Zgrade su dužom osi orijentirane u smjeru sjever-jug, s glavnim ulazom na istočnoj strani. Podaci o sastavu (slojevima) vanjske ovojnice promatrajući iznutra prema van dani su u tablici 2.7. Kao što se može vidjeti iz tablice, niti jedan element ne zadovoljava postojeće tehničke propise.

Tablica 2.7 Toplinske karakteristike vanjske ovojnice objekata

Vanjska ovojnica	Sastav	Debljina [cm]	U [W/m ² K]	Maksimalni dozvoljeni U [W/m ² K]
Vanjski zidovi	žbuka	2	1,7	0,45
	porobeton	10		
	armirani beton	15		
	žbuka	2		
Pod prema tlu	teraco	2	0,932	0,50
	betonska podloga	7		
	okipor	2		
	armirani beton	6		
	šljunak	15		
Ravni krov	siporeks ploče	15	0,324	0,30
	mort	2		
	parna brana	0,15		
	okipor	8		
	oplata	2,2		
	tegola, šindra			
Vanjski prozori	drveni okvir, dvostruko staklo		3,4	1,80
Vanjska vrata	ostakljena metalna		3,5	1,80

2.1.1. **Srednja policijska škola**

Objekt Srednja policijska škola izgrađena je 1973. godine u drugoj fazi izgradnje Policijske akademije. Objekt je samostojeći ukupne korisne površine 5.177 m². Zgrada je dužom osi orijentirana u smjeru istok-zapad, s glavnim ulazom na zapadnoj strani. Podaci o sastavu (slojevima) vanjske ovojnice promatrajući iznutra prema van nisu bili dostupni. Iz projektne dokumentacije za centralo grijanje mogli su se jedino dobiti koeficijenti prolaska topline po pojedinom elementu vanjske ovojnice. Kao što se može vidjeti iz tablice 2.8, niti jedan element ne zadovoljava postojeće tehničke propise.

Tablica 2.8 Toplinske karakteristike vanjske ovojnice za objekt Srednja policijska škola

Vanjska ovojnica	U [W/m ² K]	Maksimalni dozvoljeni U [W/m ² K]
Vanjski zidovi	1,8	0,45
Pod prema tlu	0,95	0,50
Ravni krov iznad grijanog prostora	0,6	0,30
Vanjski prozor	3,4	1,80
Vanjska vrata	3,4	1,80

2.1.2. **Crkva**

Objekt Crkva je izgrađen 1994. godine na zapadnoj strani Policijske akademije. Zgrada je samostojeća ukupne korisne površine 215,9 m². Podaci o sastavu (slojevima) vanjske ovojnice promatrajući iznutra prema van dani su u tablici 2.9. Kao što se može vidjeti iz tablice 2.9, vanjska stolarija ne zadovoljava postojeće tehničke propise.

Tablica 2.9 Toplinske karakteristike vanjske ovojnice za objekt Crkva

Vanjska ovojnica	Sastav	Debljina [cm]	U [W/m ² K]	Maksimalni dozvoljeni U [W/m ² K]
Vanjski zidovi	žbuka	2	0,55	0,75
	armirani beton	10		
	mineralna vuna	5		
	fasadna opeka	20		
Pod prema tlu	kamen	2	0,5	0,651
	cementni mort	3		
	beton	5		
	krmeni pijesak	9		
	alumijska folija	0,2		
	polistiren	5		
	betonska podloga	8		
	hidroizolacija			
	betonska podloga	10		
šljunak	20			
Krov	gipskartonske ploče	1,2	0,33	0,40
	paneli	1,2		
	al. folija			
	mineralna vuna	6		
	ab ploča	16		
	parna brana			
	polistiren ploče	10		
	daščana oplata	2,4		
Vanjski prozori	metalni okvir, dvostruko staklo		3,5	3
Vanjska vrata	ostakljena metalna		3,5	3

2.1.3. **Praonica i kemijska čistionica**

Objekt Praonica i kemijska čistionica izgrađen je 1970. godine na zapadnoj strani Policijske akademije i obnovljen 1995. godine. Zgrada je samostojeća ukupne korisne površine 406 m². Podaci o sastavu (slojevima) vanjske ovojnice promatrajući iznutra prema van dani su u tablici 2.10. Kao što se može vidjeti iz tablice 2.10, svi elementi osim krova 2 zadovoljavaju postojeće tehničke propise.

Tablica 2.10 Toplinske karakteristike vanjske ovojnice za objekt Praonica i kemijska čistionica

Vanjska ovojnica	Sastav	Debljina [cm]	U [W/m ² K]	Maksimalni dozvoljeni U [W/m ² K]
Vanjski zid 1	produžena vapnena žbuka	2	0,75	0,75
	šuplja blok opeka	29		
	toplinska žbuka	6		
	završna žbuka	0,5		
Vanjski zid 2	keramičke pločice	1	0,75	
	cementna žbuka	2		
	šuplja blok opeka	29		
	toplinska žbuka	6		
	završna žbuka	0,5		
Vanjski zid 3	produžena vapnena žbuka	2	0,392	
	puna opeka	25		
	mineralna vuna	8		
	ventilirani sloj zraka	2		
	cementne ploče	1		
Vanjski zid 4	produžena vapnena žbuka	2	0,349	
	šuplja opeka	12		
	mineralna vuna	10		
	ventilirani sloj zraka	2		
	cementne ploče	1		
Pod prema tlu 1	keramičke pločice	1	0,564	0,651
	cementni mort	2		
	cementni estrih	5		
	okipor tvrdi	4		
	okipor tvrdi	2		
	cementna glazura	3		
	betonska podloga	7		
	višeslojna hidroizolacija	1		
Pod prema tlu 2	keramičke pločice	1	0,562	
	cementni mort	2		
	cementni estrih	5		

	okipor tvrdi	4		
	okipor tvrdi	2		
	cementna glazura	3		
	betonska podloga	10		
	višeslojna hidroizolacija	1		
Kosi krov 1	produžna vapnena žbuka	2	0,547	0,40
	ab ploča	12		
	perlit beton	6		
	bitumenska traka	1,56		
	mineralna vuna	5		
	hidroizolacija	0,8		
	ventilirani sloj zraka			
Kosi krov 2	produžna vapnena žbuka	2	0,37	
	ab ploča	16		
	mineralna vuna	10		
	ventilirani sloj zraka	2		
	aluminijски lim	0,6		
Vanjski prozori	aluminijски okvir, dvostruko izo staklo		2,9	3
Vanjska vrata	aluminijска		2,9	3

2.1.4. **Skladište**

Objekt Skladište je izgrađeno 1970. godine u kojem se osim prostorija za skladištenje nalazi muzička učionica i prostorija za simulaciju disko kluba. Zgrada je samostojeća ukupne korisne površine 312 m². Točan sastav vanjske ovojnice nije poznat, ali su iz projektne dokumentacije za centralno grijanje poznati koeficijenti prolaska topline (tablica 2.11) koji ne zadovoljavaju postojeće tehničke propise

Tablica 2.11 Toplinske karakteristike vanjske ovojnice za objekt Skladište

Građevinski element	U [W/m ² K]	Maksimalni dozvoljeni U [W/m ² K]
Vanjski zidovi	1,7	0,75
Pod prema tlu	2	0,651
Krov iznad grijanog prostora	0,8	0,4
Vanjski prozor	3,4	3
Vanjska vrata	5	3

2.1.5. **Porta 1**

Objekt Porta 1 izgrađen je 1989. godine na sjeveroistočnoj strani akademije. Ukupna korisna površina zgrade je 53 m². Podaci o sastavu (slojevima) vanjske ovojnice promatrajući iznutra prema van dani su u tablici 2.12. Kao što se može vidjeti iz tablice, niti jedan element vanjske ovojnice ne zadovoljava postojeće tehničke propise.

Tablica 2.12 Toplinske karakteristike vanjske ovojnice za objekt Porta 1

Vanjska ovojnica	Sastav	Debljina [cm]	U [W/m ² K]	Maksimalni dozvoljeni U [W/m ² K]
Vanjski zidovi	ab ploča	16	0,596	0,45
	okipor	4		
	ventilirajući sloj zraka	2		
	fasadna opeka	12		
Pod prema tlu	keramičke pločice	0,8	0,69	0,50
	pvc folija			
	okipor	4		
	hidroizolacija	1		
	betonska poloča	10		
	nasip batude	20		
Ravni krov	šljunak	4	0,48	0,30
	hidroizolacija	1,6		
	okipor	6		
	parna brana	0,6		
	beton	8		
	ab ploča	16		
Vanjski prozori	aluminijски okvir, dvostruko ostakljenje		3,4	1,8
Vanjska vrata	metalna		3,4	1,8

2.1.6. **Porta 2**

Objekt Porta 2 izgrađen je 1970. godine i nadograđen 1980. godine. Prvotno se koristio kao portirnica u kojoj je stanovao portir, međutim kasnije je prenamijenjena u prostorije za održavanje tečaja. Ukupna korisna površina zgrade je 178 m². Podaci o sastavu (slojevima) vanjske ovojnice promatrajući iznutra prema van dani su u tablici 2.13. Kao što se može vidjeti iz tablice, niti jedan element vanjske ovojnice ne zadovoljava postojeće tehničke propise.

Tablica 2.13 Toplinske karakteristike vanjske ovojnice za objekt Porta 2

Vanjska ovojnica	Sastav	Debljina [cm]	U [W/m ² K]	Maksimalni dozvoljeni U [W/m ² K]
Vanjski zidovi	žbuka	2	1,9	0,45
	opeka	25		
	žbuka	2		
Pod prema tlu	parket	2	2,15	0,50
	florbit	3		
	gornja betonska podloga	10		
	hidroizolacija			
	donja betonska podloga	15		
	nabijeni šljunak	20		
Ravni krov	ab ploča	15	0,406	0,30
	beton u padu	12		
	donji sloj opuštanja			
	parna brana			
	okipor tvrdi	6		
	gornji sloj opuštanja			
	hidroizolacija			
	uvaljani kulir	5		
Vanjski prozori	drveni okvir s dvostrukim staklima		3,4	1,8
Vanjska vrata	drvena		3,4	1,8

Za objekte Dresura pasa PA, Dresura pasa gradska, Kantina 92 i Kotlovnica nisu nađeni nikakvi podaci o sastavu vanjske ovojnice, dok je objekt Dvorana još u izgradnji.

2.2. Sustavi grijanja i pripreme potrošne tople vode

Energenti koji se koriste za grijanje na Policijskoj akademiji su prirodni plin i električna energija.

Objekti koji proizvode energiju za grijanje prirodnim plinom su:

- Kotlovnica
- Dresura pasa PA
- Dresura pasa gradska
- Kantina 92

Objekti Dresura pasa PA, Dresura pasa gradska i Kantina 92 proizvode toplinu za grijanje za vlastite potrebe. U objektu Kotlovnica proizvodi se toplina za grijanje za 12 objekata u vlasništvu Policijske akademije i za još 4 objekta kojima prodaju toplinu. Od objekata koji su u vlasništvu Policijske akademije 7 ih ima toplinsku podstanicu, dok ih se 5 grije direktno iz kotlovnice.

Električnom energijom griju se objekti:

- Crkva
- Porta 1

U tablici 2.14 prikazani su objekti u vlasništvu Policijske akademije i način na koji se griju.

Tablica 2.14 Način grijanja po objektima u vlasništvu Policijske akademije

Objekt	Način grijanja
Paviljon 1	Toplinska podstanica 1
Paviljon 2	Toplinska podstanica 2
Paviljon 3	Toplinska podstanica 3
Paviljon 4	Toplinska podstanica 4
Srednja policijska škola	Toplinska podstanica 5
Visoka policijska škola	Centralno na kotlovnicu
Sportska dvorana	Toplinska podstanica 6
Restoran i kuhinja	Centralno na kotlovnicu
Načelnništvo	Centralno na kotlovnicu
Crkva	Lokalno na električnu energiju
Praonica rublja i kemijska čistionica	Toplinska podstanica 7
Skladište	Centralno na kotlovnicu
Dresura pasa PA	Lokalno na prirodni plin
Dresura pasa gradska	Lokalno na prirodni plin
Kantina 92	Lokalno na prirodni plin
Porta 1	Lokalno na električnu energiju
Porta 2	Centralno na kotlovnicu

2.2.1. **Kotlovnica**

Kotlovnica, ukupne površine 250 m², smještena je na jugoistočnoj strani objekta Paviljon 4. U kotlovnici su za grijanje i pripremu potrošne tople vode instalirana tri vrelovodna kotla ukupnog ogrjevnog učinka 8,5 MW ložena prirodnim plinom. Uz vrelovodne kotlove u prostoru kotlovnice postavljen je i parni kotao za proizvodnju pare koja se koristi u objektu Kuhinja i restoran za 4 kuhinjska parna kotla. Od strane tehničke službe dobiven je na uvid "Projekt rekonstrukcije kotlovnice" iz 1995. godine, izrađen od strane projektnog ureda P.C.T. Konzalting. U tablici 2.15 dani su podaci o vrelovodnim kotlovima i plamenicima.

Tablica 2.15 Podaci o vrelovodnim kotlovima

Tip kotla	Instalirana snaga [MW]	Godina proizvodnje	Korisnost kotla	Tip plamenika	Učinak plamenika [MW]
TK 350	3,5	1991	0,8	Weishaupt G 11	0,9-4,75
TK 300	3	1995	0,8	Weishaupt G 11	0,9-4,75
TK 180	2	1980	0,8	Weishaupt G 9	0,6-3,6

Kotlovi proizvode ogrjevni medij temperaturnog režima 110/70°C.



Slika 2.9 Vrelovodni kotlovi u kotlovnici

Kotlovi se spajaju na razdjelnik iz kojeg se vrši distribucija u 11 krugova grijanja i 2 kruga za PTV. Od 11 krugova grijanje 9 je namijenjeno za objekte Policijske akademije, a preostala 2 su za objekte Paviljon 5 i Stambene zgrade.



Slika 2.10 Razdjelnik

Toplinsko rastezanje vode i održavanje tlaka u sustavu vrši se pomoću 4 ekspanzijske posude punjene dušikom proizvođača Toplota Zagreb. Svaka posuda je volumena 3 m³.



Slika 2.11 Ekspanzijske posude

Regulacija sustava grijanja vrši preko troputnog miješajućeg ventila povezanog s vanjskim osjetnikom temperature na povratnom vodu za objekte koji se direktno griju iz kotlovnice. Toplinske podstanice imaju svoju regulaciju.

Priprema potrošne tople vode vrši se u dva akumulacijska spremnika Viessman. Jedan se koristi za potrebe kuhinje volumena 3000 litara, dok drugi od 2000 litara za tuširanje u svlačionicama sportske dvorane. Pripremljena voda odlazi u razdjelnik, a iz njega u potrošače. Spremnici su spojeni na razdjelnik vrele vode 110/70°C preko dvostrukih pumpi čiji rad je reguliran preko termostata.



Slika 2.12 Akumulacijski spremnici

Za potrebe objekta Kuhinja i restoran postavljen je niskotlačni parni kotao Thermocrat Toplota Zagreb iz 1973.godine koji proizvede paru do 0,5 bara i temperature 110°C, kapaciteta 1080 kg/h suhozasićene vodene pare i stupnja djelovanja 0,8. Kotao ima automatsku regulaciju tako da se dovod plina regulira preko presostata. Plamenik je plinski od proizvođača Weishaupt tip G 9 za učinke od 300-1750 kW. Iz razgovora s tehničkim osobljem saznalo se da se kotao prvotno

koristio za grijanje objekta Sportska dvorana i Kuhinje i restorana te za pranje rublja. Danas se on isključivo koristi za kuhinjske parne kotlove kapaciteta 280 kg/h pare. S obzirom na godinu proizvodnje i smanjenih potreba kapaciteta pare predlaže se zamjena postojećeg kotla.



Slika 2.13 Parni kotao Termocrat

Kondenzat se vraća preko dvije pumpe u kondenzatnu posudu dimenzija 1250x1000x800 mm smještenu u podrumu kotlovnice. Opremljena je regulatorom nivoa koji automatski otvara dovod omekšane vode čim padne razina vode ispod dozvoljene granice. U slučaju da se izlije izvjesna količina kondenzata, automatski se pumpa u šaht koji se nalazi do spremnika. Spremnik je u vrlo lošem stanju i predlaže se njegova zamjena.



Slika 2.14 Kondenzatna posuda

2.2.2. **Toplinska podstanica 1**

Toplinska podstanica 1 nalazi se u prizemlju objekta Paviljon 1. U podstanicu dolazi ogrjevni medij preko vrelovoda iz centralne kotlovnice temperaturnog režima 110/70°C i na ulazu se odvaja posebno za krug grijanja i posebno za pripremu PTV-a. Ogrjevni medij kruga grijanja se u podstanici odvaja na radijatorsko grijanje i za grijač zraka u ventilacijskoj komori smještenoj na krovu.

Sustav toplovodnog radijatorskog grijanja projektiran je za temperature polaza/povrata 90/70°C. Regulacija se vrši pomoću četveroputnog miješajućeg ventila u ovisnosti o vanjskoj temperaturi zraka. Radijatori su člankasti ukupne instalirane snage 480 kW.



Slika 2.15 Distribucija radijatorskog kruga grijanja

Za potrebe grijanja kupaonica koristi se topli zrak. Ubacivanje zraka vrši se preko tlačne ventilatorske jedinice koja se sastoji od tlačnog ventilatora, toplovodnog grijača snage 120 kW i zračnih filtera. Svježi zrak uzima se iz vanjskog prostora preko zaštitne rešetke i kanala od pocinčanog lima koji se centralno priprema u ventilacijskoj komori. Topla voda iz podstanice distribuira se preko cirkulacijske pumpe IMP GH 503 do grijača vode. Cirkulaciju vode u samom grijaču vrši sekundarna pumpa IMP GH 404. Topli zrak vodi se kanalom od pocinčanog lima unutar obzidanog vertikalnog kanala do razvoda u svakoj etaži. Razvod u svakoj etaži rađen je iz kanala od pocinčanog lima postavljenog pod stropom svake etaže. Ubacivanje zraka vrši se preko aluminijskih rešetki s regulacijskim lamelama.



Slika 2.16 Tlačna ventilatorska jedinica

Priprema PTV vrši se preko akumulacijskog spremnika Viessmann od 2000 l. Primarni medij spremnika je topla voda iz kotlovnice koja zagrijava vodu u spremniku. Regulacija se vrši pomoću četveroputnog miješajućeg ventila i osjetnika temperature na ulazno vodu primarnog medija te osjetnika u spremniku. Recirkulacija tople se odvija pomoću pumpe Grundfos UPS 32-30 F.



Slika 2.17 Akumulacijski bojler i recirkulacijska pumpa

Toplinske podstanice 2 i 3 identične su toplinskoj stanici 1 pa se iz toga razloga neće posebno opisivati.

2.2.3. *Toplinska podstanica 4*

Toplinska podstanica 4 smještena je u Paviljonu 4 i napravljena je prije 3 godine od strane Carinske uprave. Iz nje se griju zadnja tri kata zgrade od kojeg su 4 i 5 kat u vlasništvu Carinske uprave, dok je 3 kat u vlasništvu Policijske akademije. Prva dva kata zgrade se direktno griju iz kotlovnice.

U podstanicu dolazi ogrjevni medij preko toplovoda iz centralne kotlovnice temperaturnog režima 90/70°C i ulazi u razdjelnik. Iz razdjelnika jedan dio ogrjevnog medija odlazi u spremnike tople vode, dok drugi dio u krug grijanja. Primarni medij kruga grijanja temperature 90/70°C ulazi u pločasti izmjenjivač i zagrijava vodu na 70°C. Zagrijana voda na pločastom izmjenjivaču učina

450 kW vodi se do razdjelnika na kojem se distribuira voda ventiloknvektorima na zadnje tri etaže zgrade.



Slika 2.18 Pločasti izmjenjivač i razdjelni krug grijanja

Priprema potrošne tople vode vrši se u tri akumulacijska spremnika Viessman. Jedan se koristi za potrebe Policijske akademije volumena 1000 litara, dok druga dva svaki od 750 litara za potrebe Carinske uprave. Recirkulacija se odvija pomoću pumpe IMP PV 32-2/0.



Slika 2.19 Spremnici PTV-a

2.2.4. **Toplinska podstanica 5**

Toplinska podstanica 5 smještena je u podrumu objekta Srednja policijska škola. Snabdijeva se ogrjevnim medijem iz centralne kotlovnice vodom 110/70°C za potrebe radijatorskog grijanja 90/70°C. Regulacija se vrši preko troputnog miješajućeg ventila koji je povezan s vanjskim osjetnikom temperature. Ogrjevni medij se distribuira pomoću cirkulacijske pumpe GHN 802 A-R. Ogrjevna tijela čine člankasti radijatori instalirane snage 493 kW.



Slika 2.20 Toplinska podstanica 5

Priprema potrošne tople vode je na pojedinačnim električnim protočnim bojlerima ukupne instalirane snage 12 kW.

2.2.5. **Toplinska podstanica 6**

Toplinska podstanica 6 smještena je na katu spremišta objekta Sportska dvorana. Snabdijeva se ogrjevnim medijem iz centralne kotlovnice vodom 90/70°C za potrebe grijanja. Priprema potrošne tople vode se odvija u kotlovnici.



Slika 2.21 Toplinska podstanica 6

Ogrjevni mediji za grijanje su voda i zrak. Topla voda iz podstanice koristi se za zagrijavanje radijatora u hodnicima i sanitarijama, u kaloriferima za zagrijavanje zraka koji su smješteni u garderobama i malim dvoranama te za grijač u ventilacijskoj komori koja zagrijava veliku dvoranu. Pristup ventilacijskoj komori nije omogućen, jer je na nepristupačnom mjestu tako da nije poznata snaga grijača, ali se pretpostavlja da je negdje oko 115 kW. Poznata je snaga odsisnog i tlačnog ventilatora od 8 kW, koji su smješteni u prostoriji ispod komore.

Iz projekta grijanja i ventilacije izrađenog od strane Interinženjering za malu dvoranu, sanitarije i garderobu dobiven je podatak o ukupnoj instaliranoj snazi člankastih radijatora i kalorifera od 95 kW. Korisnici objekta se žale na preveliko strujanje zraka zbog kalorifera pa se iz tog razloga planiraju zamijeniti pločastim radijatorima.

2.2.6. *Toplinska podstanica 7*

Toplinska podstanica 7 smještena je na sjeveroistočnoj strani objekta Praonica i kemijska čistionica. Ogrjevni medij temperature 90°C dolazi iz centralne kotlovnice i ulazi u razdjelnik te se dalje distribuira djelom na radijatorski krug grijanja i dijelom za pripremu potrošne tople vode. Topla voda se ubacuje u radijatorski krug grijanja preko Grundfos pumpe UPS 40-120/F.



Slika 2.22 Razdjelnik toplinske podstanice 7 i spremnik tople vode

Dio tople vode iz razdjelnika ulazi u spremnik tople vode kapaciteta 1000 litara. Topla voda koristi se za perilice rublja.

U toplinskoj podstanici 7 smješten je visokotlačni parni kotao proizvođača Đuro Đaković koji proizvede paru do 10 bara i temperature 185°C, kapaciteta 600 kg/h i stupnja djelovanja 0,9. Para se koristi u perilicama rublja. Kondenzat se vraća u spremnik smješten iznad kotla.



Slika 2.23 Parni kotao i spremnik kondenzata

2.2.7. Ogrjevna tijela

Većina ogrjevnih tijela na Policijskoj akademiji su člankasti radijatori temperaturnog režima 90/70°C. Regulacija člankasti radijatora je ručna. Osim člankasti radijatora, u teretani objekta Sportska dvorana nalaze se pločasti radijatori s termostatskim ventilima.



Slika 2.24 Ogrjevna tijela

Osim radijatora u Policijskoj akademiji se koriste ventilokonvektori, kaloriferi i u objektu Crkva je instalirano električno podno grijanje. Instalirane snage ogrjevnih tijela po objektima Policijske akademije prikazane su u tablici 2.16.

Tablica 2.16 Instalirane snage ogrjevnih tijela Policijske akademije

Objekt	Ukupna instalirana snaga ogrjevnih tijela [kW]
Paviljon 1	974
Paviljon 2	974
Paviljon 3	984
Paviljon 4	866
Srednja policijska škola	591
Visoka policijska škola	342
Sportska dvorana	224,35
Restoran i kuhinja	378,2
Načelnništvo	64,98
Crkva	35,28
Praonica rublja i kemijska čistionica	60,316
Skladište	85,25
Dresura pasa PA	52,68
Dresura pasa gradska	22
Kantina 92	13,9
Porta 2	51,4
Ukupno:	5.719,356

Ukupna instalirana snaga ogrjevnih tijela je 5.719,356 kW

2.3. Sustavi hlađenja

Sustav hlađenja na Policijskoj akademiji sastoji se od pojedinačnih split uređaja smještenih na 6 objekata, rashladnika vode na objektu Paviljon 5 i VRF sustava u objektu Srednja policijska škola.

2.3.1. Split uređaji

U 6 objekata Policijske akademije su ugrađeni split uređaji za hlađenje neinverterskog tipa. Instalirane snage prikazane su u tablici 2.17. Energetski razred split uređaja uglavnom je C ili D.

Tablica 2.17 Instalirane snage split uređaja za hlađenje

Objekt	Broj jedinica	Rashladni učinak [kW]	Ukupna električna snaga [kW]
Paviljon 3	8	34,9	12
Srednja policijska škola	36	119,1	77,82
Visoka policijska škola	16	76,8	29,04
Restoran i kuhinja	4	14	3,6
Načelništvo	6	30	11,1
Praonica rublja i kemijska čistionica	2	10	4
Ukupno:	72	284,8	137,56



Slika 2.25 Vanjske jedinice na objektu Srednja policijska škola

2.3.2. **Rashladnik vode na objektu Paviljon 4**

Na krovu objekta Paviljona 4 smješten je rashladnik vode York tip YLS 1204 LN kapaciteta 335 kW. Radna tvar je R 407C. Rashladnik je povezan s toplinskom podstanicom 4 u kojoj se nalazi akumulacijski spremnik od 1500 litara. Rashladna voda temperaturnog režima 7/12°C iz razdjelnika preko pumpe IMP ECL 1001-4 odlazi na ventilokonvektore smještene na zadnja tri kata zgrade.



Slika 2.26 Rashladnik vode na objektu Paviljon 4

2.3.3. VRF sustav hlađenja objekta Srednja policijska škola

U objektu Srednja policijska škola nalazi se VRF sustav hlađenja proizvođača Mitsubishi instalirane snage 112 kW. Dvije vanjske jedinice nalaze se na krovu objekta, koje su spojene na unutarnju jedinicu. Radna tvar je R 410A.



Slika 2.27 Vanjska i unutarnja jedinica VRF sustava.

Hlađenjem se pokriva ukupno 9 prostorija zgrade. Svaka prostorija opremljena je termostatom.



Slika 2.28 Termostat prostorije

2.4. Sustavi ventilacije

U objektima Policijske akademije ventilacija je prirodna i mehanička. Mehanička ventilacija je lokalna i centralna. U objektima Srednja policijska škola, Visoka policijska škola i Sportska dvorana nalaze se kupaonski odsisni ventilatori ukupne snage 1,41 kW. U objektu Praonica i kemijska čistionica nalazi se odsisni ventilator ukupne snage 3 kW.

2.4.1. Sustav ventilacije objekta Paviljon 1

Sustav ventilacije objekta Paviljona 1, koji je identičan kao i u objektima Paviljon 2 i Paviljon 3, obuhvaća sanitarne čvorove na svakom katu zgrade. Zrak za ventilaciju se priprema centralno preko klima komora smještenih u posebnoj prostoriji u potkrovlju. Sistem za ventilaciju sanitarnih čvorova sastoji se od tlačne i odsisne komore. Ubacivanje zraka vrši se preko tlačne ventilatorske jedinice kapaciteta 8.800 m³/h koja se sastoji od tlačnog ventilatora snage 1,5 kW i filtersko grijače jedinice. Svježi zrak uzima se iz vanjskog prostora preko zaštitne rešetke i kanala od pocinčanog lima te se u zimskom periodu vrši grijanje prostorija sanitarija. Odsis zraka iz sanitarnih čvorova svake etaže vrši se preko aluminijskih rešetki i kanala od pocinčanog lima postavljenog pod stropom svake etaže te kanalom unutar vertikalnog obzidanog kanala do odsisne komore koja se sastoji od odsisnog ventilatora. Tako odsisani otpadni zrak baca se van u atmosferu preko kanala od pocinčanog lima i zaštitne rešetke. Pošto je sustav ventilacije kapaciteta većeg od 2500 m³/h bez sustava povrata topline, ne zadovoljava postojeći *Tehnički propis o sustavima ventilacije, djelomične klimatizacije i klimatizacije zgrada*.



Slika 2.29 Tlačni kanal u objektu Paviljon 1

2.4.2. **Sustav ventilacije objekta Kuhinja i restoran**

Ventilacijske komore za potrebe ventilacije restorana i kuhinje smještene su u potkrovlju. Jedna ventilacijska komora namijenjena je za potrebe kuhinje, a druga za potrebe restorana. U obje ventilacijske komore ugrađeni su filteri za zrak, grijači zraka predviđeni za rad sa toplom vodom 90/70°C te centrifugalni tlačni ventilatori.

Ventilacijske komore rade samo sa svježim vanjskim zrakom, bez miješanja sa povratnim zrakom iz prostorije. Ventilatori ventilacijskih komora su kapaciteta 5500 m³/h, pogonjeni dvobrzinskim elektromotorima, što omogućuje rad komora s punom količinom zraka i polovicom količine zraka (kad restoran, odnosno kuhinja nisu u punom pogonu ili zimi pri nižim vanjskim temperaturama radi uštede na pogonskim troškovima i količini tople vode za zagrijavanje zraka). Onečišćeni zrak izbacuje se iz prostorija u atmosferu pomoću centrifugalnih odsisnih ventilatora smještenih na krovu iznad ventiliranih prostorija. Na ventilacijskim komorama ugrađena je automatska regulacija temperature ubacivanog zraka u prostorije. Ovaj sustav također ne zadovoljava postojeći *Tehnički propis o sustavima ventilacije, djelomične klimatizacije i klimatizacije zgrada*.



Slika 2.30 Ventilacijski kanali u potkrovlju objekta Kuhinja i restoran

3. PRORAČUN POTREBNE ENERGIJE ZA GRIJANJE PREMA NORMI HRN EN ISO 13790

3.1. Klimatski podaci

Osnovni klimatski podaci koji utječu na potrošnju energije su temperatura i vlažnost okolišnog zraka, brzina i smjer vjetrova, intenzitet i trajanje Sunčeva zračenja. Klimatski podaci mogu biti stvarni i referentni. Referentni klimatski podaci jesu skup odabranih klimatskih parametara koji su karakteristični za neko geografsko područje, dok su stvarni klimatski podaci dobiveni statističkom obradom prema meteorološkoj postaji najbližoj lokaciji zgrade.¹ Za potrebe proračuna potrebne topline za grijanje prema HRN EN ISO 13790 korišteni su stvarni klimatski podaci za meteorološku stanicu Zagreb-Grič (Tablica 3.1).

Tablica 3.1 Stvarni klimatski podaci za meteorološku postaju Zagreb-Grič

Mjesec	Vanjska temperature (°C)	Period trajanja (Ms)	Isol (kWh/m ²)- jug	Isol (kWh/m ²)- istok	Isol (kWh/m ²)- zapad	Isol (kWh/m ²)- sjever
Siječanj	0,5	2,678	40,3	21,9	21,9	13,6
Veljača	3,1	2,419	52,7	33,1	33,1	19,4
Ožujak	7,3	2,678	82,7	64,4	64,4	34,4
Travanj	11,8	2,592	83,1	88,6	88,6	45,3
Svibanj	16,3	2,678	85,6	107,2	107,2	57,2
Lipanj	19,3	2,592	82,2	111,9	111,9	59,5
Srpanj	21,3	2,678	90	120,9	120,9	59,5
Kolovoz	20,6	2,678	92,8	104,5	104,5	51,7
Rujan	17	2,592	98,6	83,4	83,4	37,5
Listopad	11,9	2,678	84,7	53,3	53,3	26,4
Studeni	6,4	2,592	46,4	25,6	25,6	15,3
Prosinac	2	2,678	29,5	16,1	16,1	10,9

¹ Pravilnik o energetskom certificiranju zgrada (NN 36/10)

3.2. Općenito o proračunu HRN EN ISO 13790

Norma HRN EN ISO 13790 opisuje postupak proračuna godišnje potrošnje energije za grijanje i hlađenje stambenih i nestambenih zgrada ili dijelova zgrada. Ona obuhvaća:

- proračun izmjene topline transmisijom i ventilacijom unutar dijela zgrade koji se grije ili hladi na konstantnu temperaturu,
- proračun utjecaja unutarnjih dobitaka topline kao i dobitaka topline od sunčeva zračenja na toplinsku bilancu,
- proračun godišnje potrebne (korisne) energije za grijanje i hlađenje,
- proračun potrebne energije za pogon uređaja za grijanje i hlađenje (konačna energija).

Zgrada može imati više zona s različitim postavkama temperatura te može biti grijana i hlađena s prekidima.

Vremenski interval za proračun može biti mjesečni, satni ili prema periodima grijanja i/ili hlađenja. U Republici Hrvatskoj se provodi proračun na bazi mjesečnih podataka.

Koraci proračuna:

- definiranje unutarnjih parametara (meteorološki podaci, unutarnja projektna temperatura, broj izmjena zraka, podaci o dimenzijama i fizikalnim svojstvima zgrade, podaci o sustavima u zgradi),
- zoniranje zgrade ukoliko se dijelovi zgrade razlikuju prema namjeni, vrsti i režimu uporabe termotehničkog sustava ili su vrijednosti unutarnje projektne temperature veće od 4 K. Ukoliko se ne zonira, definirati granice zidova između grijanog i negrijanog prostora,
- definiranje dinamičkih parametara te izvora toplinskih gubitaka i dobitaka,
- definiranje vremenskog koraka proračuna (satni, mjesečni ili dinamički),
- izračun potrebne energije za grijanje.

3.2.1. Godišnja potrebna toplinska energija za grijanje

Prema *Pravilniku o energetskom certificiranju zgrada* (NN 36/10) godišnja potrebna toplinska energija za grijanje jest računski određena količina topline koju sustavom grijanja treba tijekom jedne godine dovesti u zgradu za održavanje unutarnje projektne temperature u zgradi tijekom razdoblja grijanja. Potrebna toplinska energija za grijanje za kontinuirano grijanje računa se prema izrazu:

$$Q_{H,nd} = Q_{H,nd,cont} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} \cdot Q_{H,gn} \quad [J] \quad (3-1)$$

gdje je:

$Q_{H,nd}$ - ukupna izmijenjena topline u periodu grijanja [J]

$Q_{H,nd,cont}$ - ukupna potrebna korisna energija za grijanje zone pri kontinuiranom grijanju [J]

$Q_{H,gn}$ - ukupni toplinski dobitci zgrade u periodu grijanja [J]

$\eta_{H,gn}$ - faktor iskorištenja toplinskih dobitaka pri grijanju

Potrošnja energije za grijanje pri nekontinuiranom grijanju računa se prema izrazu:

$$Q_{H,nd} = Q_{H,nd,interm} = a_{H,red} \cdot Q_{H,nd,cont} \quad [J] \quad (3-2)$$

gdje je:

$a_{H,red}$ - bezdimenzijski redukcijski faktor za nekontinuirano grijanje

Bezdimenzijski faktor koji uzima u obzir utjecaj nekontinuiranog grijanja izračunava se prema:

$$a_{H,red} = 1 - 3 \cdot \left(\frac{\tau_{H,0}}{\tau} \right) \cdot \gamma_H \cdot (1 - f_{H,hr}) \quad (3-3)$$

gdje je:

$f_{H,hr}$ - udio sati u tjednu tijekom kojih grijanje radi s normalnom vrijednošću unutarnje temperature (npr. ako grijanje u poslovnoj zgradi radi samo pet dana u tjednu po 10 sati onda vrijedi $((5 \cdot 10) / (7 \cdot 24)) = 0,3$)

τ - vremenska konstanta zone zgrade [h]

$\tau_{H,0}$ - referentna vremenska konstanta za grijanje [h], za mjesečni proračun iznosi $\tau_{H,0} = 15$ h

γ_H - odnos toplinskih dobitaka i ukupne izmijenjene topline transmisijom i ventilacijom u režimu grijanja :

$$\gamma_H = \frac{Q_{H,gn}}{Q_{H,ht}} \quad (3-4)$$

Faktor iskorištenja toplinskih dobitaka za grijanje $\eta_{H,gn}$ je bezdimenzijski faktor koji definira koliki se udio ukupnih toplinskih dobitaka iskorištava za grijanje. Računa se posebno za svaku proračunsku zonu i za svaki mjesec. Funkcija je omjera toplinskih dobitaka i ukupne izmijenjene topline u režimu grijanja te toplinske inercije zgrade (koja se opisuje parametrom a_H).

Definiran je sljedećim izrazima:

$$\eta_{H,gn} = \frac{1 - \gamma_H^{a_H}}{1 - \gamma_H^{a_H+1}} \quad \text{za } \gamma_H > 0 \text{ i } \gamma_H \neq 1 \quad (3-5)$$

$$\eta_{H,gn} = \frac{a_H}{a_H + 1} \quad \text{za } \gamma_H = 1 \quad (3-6)$$

$$\eta_{H,gn} = \frac{1}{\gamma_H} \quad \text{za } \gamma_H < 0 \quad (3-7)$$

gdje je:

a_H - bezdimenzijski numerički parametar koji uzima u obzir utjecaj toplinske inercije

γ_H - odnos toplinskih dobitaka i ukupne izmijenjene topline transmisijom i ventilacijom u režimu grijanja

Bezdimenzijski numerički parametar koji uzima u obzir utjecaj toplinske inercije funkcija je vremenske konstante zgrade prema izrazu:

$$a_H = a_{H,0} + \frac{\tau}{\tau_{H,0}} \quad (3-8)$$

gdje je za mjesečni proračun $a_{H,0} = 1$ i $\tau_{H,0} = 15$ h.

Vremenska konstanta zgrade iznosi:

$$\tau = \frac{C_m / 3600}{H_{tr,adj} + H_{ve,adj}} \quad [\text{h}] \quad (3-9)$$

gdje je:

$H_{tr,adj}$ - koeficijent transmisijske izmjene topline [W/K]

$H_{ve,adj}$ - koeficijent ventilacijske izmijenjene topline [W/K]

C_m - toplinski kapacitet zgrade ili proračunske zone [J/K] pojednostavljeno se može usvojiti kao:

$$C_m = 470 \text{ kJ}/(\text{m}^2\text{K}) \cdot A_f \quad \text{za teške zone zgrade}$$

$$C_m = 180 \text{ kJ}/(\text{m}^2\text{K}) \cdot A_f \quad \text{za lagane zone zgrade}$$

$$C_m = 330 \text{ kJ}/(\text{m}^2\text{K}) \cdot A_f \quad \text{za srednje teške zone zgrade}$$

gdje je A_f površina kondicioniranog dijela proračunske zone zgrade proračunata s vanjskim dimenzijama (m^2).

3.2.1.1. *Toplinski gubici*

Ukupni toplinski gubici po mjesecu računaju se prema izrazu:

$$Q_{H,ht} = Q_{tr} + Q_{ve} \quad [\text{J}] \quad (3-10)$$

gdje su:

Q_{tr} - izmijenjena toplina transmisijom [J]

Q_{ve} - izmijenjena toplina ventilacijom [J]

Izmijenjena toplina transmisijom prema vanjskom okolišu računa se za svaki mjesec i to prema izrazu:

$$Q_{tr} = H_{tr,adj} \cdot (\theta_{int,H} - \theta_e) \cdot t \quad [\text{J}] \quad (3-11)$$

gdje je:

$H_{tr,adj}$ - koeficijent transmisijske izmjene topline sveden na razliku temperatura vanjskog i unutarnjeg zraka [W/K]

$\theta_{int,H}$ - unutarnja temperatura [°C]

θ_e - srednja vanjska temperatura za proračunski period (mjesечna) [°C]

t - proračunski vremenski period [s]

Koeficijent transmisijske izmjene topline sveden na razliku temperatura vanjskog i unutarnjeg zraka prema normi HRN EN ISO 13789 određuje se prema sljedećem izrazu:

$$H_{tr,adj} = H_D + H_{g,m} + H_U + H_A \quad [\text{W/K}] \quad (3-12)$$

gdje je:

H_D - koeficijent transmisijske izmjene topline izravno prema vanjskom okolišu [W/K]

$H_{g,m}$ - koeficijent transmisijske izmjene topline prema tlu [W/K]

H_U - koeficijent transmisijske izmjene topline kroz negrijani prostor prema vanjskom okolišu [W/K]

H_A - koeficijent transmisijske izmjene topline prema susjednim zgradama [W/K]

Općeniti izraz za pojedini koeficijent transmisijskog gubitka sastoji se od tri dijela i može se napisati u obliku:

$$H_x = b_{tr,x} \left[\sum_i A_i U_i + \sum_k l_k \psi_k + \sum_j \chi_j \right] \quad [\text{W/K}] \quad (3-13)$$

gdje je:

A_i - površina i -tog građevinskog elementa ovojnice zgrade [m²]

U_i - koeficijent prolaza topline i -tog građevinskog elementa [W/(m²K)]

l_k - duljina k -tog linearnog toplinskog mosta [m]

ψ_k - dužinski koeficijent prolaska topline k -tog linearnog toplinskog mosta [W/(m K)]

χ_j - koeficijent prolaska topline j -tog točkastog toplinskog mosta [W/K]

$b_{tr,x}$ - faktor prilagodbe, $b_{tr,x} \neq 1$ ako je temperatura s druge strane građevinskog elementa različita od vanjske temperature zraka (npr. kada je s druge strane kondicionirani ili nekondicionirani prostor te u slučajevima poda na tlu). Njime se svi koeficijenti transmisijskih gubitaka svode na istu razliku temperatura i to između temperature vanjskog i unutarnjeg zraka.

Izmijenjana toplina ventilacijom prema vanjskom okolišu računa se također za svaki mjesec i to prema izrazu:

$$Q_{ve} = H_{ve,adj} \cdot (\theta_{int,H} - \theta_e) \cdot t \quad [\text{J}] \quad (3-14)$$

gdje je:

$H_{ve,adj}$ - koeficijent ventilacijske izmjene topline sveden na razliku temperatura vanjskog i unutarnjeg zraka [W/K]

$\theta_{int,H}$ - unutarnja temperatura [°C]

θ_e - srednja vanjska temperatura za proračunski period (mjesečna) [°C]

t - proračunski vremenski period [s]

Koeficijent ventilacijske izmjene topline određuje se prema sljedećem izrazu:

$$H_{ve} = \rho \cdot c_p \cdot \sum_k (b_{ve,k} \cdot q_{ve,k,mn}) \quad [\text{W/K}] \quad (3-15)$$

gdje je:

ρ - gustoća zraka [kg/m³]

c_p - specifični toplinski kapacitet zraka pri konstantnom tlaku [J/kgK] za praktične proračune uzima se $\rho \cdot c_p = 1200$ [J/(m³K)]

$b_{ve,k}$ - faktor prilagodbe za svaki pojedini (k-ti) element koji pridonosi ventilacijskim gubicima. $b_{ve,k} \neq 1$ ako je temperatura ulaznog zraka različita od vanjske temperature zraka (slučaj kod predgrijavanja, predhlađenja zraka ili rekuperacije topline)

$q_{ve,k,mn}$ - vremenski prosječni protok zraka u proračunskom periodu za svaki pojedini (k-ti) element koji pridonosi ventilacijskim gubicima [m³/s]

3.2.1.2. Toplinski dobici

Toplinski dobici za promatrani vremenski period (mjesec) izračunavaju se prema izrazu:

$$Q_{H,gn} = Q_{int} + Q_{sol} \quad [\text{J}] \quad (3-16)$$

gdje je:

Q_{int} - unutarnji toplinski dobici u proračunskom mjesecu [J]

Q_{sol} - toplinski dobici od sunčeva zračenja u proračunskom mjesecu [J]

Toplinski dobici od sunčeva zračenja za promatrani vremenski period (mjesec) računaju se prema izrazu:

$$Q_{sol} = \left(\sum_k \Phi_{sol,mn,k} \right) \cdot t + \left(\sum_l (1 - b_{tr,l}) \Phi_{sol,mn,u,l} \right) \cdot t \quad [\text{J}]$$

(3-17)

gdje je:

$\Phi_{sol,mn,k}$ - prosječni toplinski učin sunčanog toplinskog izvora kroz k-ti građevni dio u grijani prostor [W]

$\Phi_{sol,mn,u,l}$ - prosječni toplinski učin sunčanog toplinskog izvora kroz l-ti građevni dio u susjedni negrijani prostor [W]

$b_{tr,l}$ - faktor prilagodbe za susjedni negrijani prostor s l-tim sunčanim toplinskim izvorom

t - proračunski vremenski period [h]

Općeniti izraz za prosječni toplinski tok od sunčanog toplinskog izvora kroz k-ti građevni dio glasi:

$$\Phi_{sol,k} = F_{sh,ob,k} A_{sol,k} I_{sol,k} \quad [\text{W}]$$

(3-18)

gdje je:

$F_{sh,ob,k}$ - faktor smanjenja zbog sjene od vanjskih prepreka direktnom sunčevu zračenju na površinu k-tog građevnog elementa

$A_{sol,k}$ - efektivna kolektorska površina k-tog građevnog elementa [m²]

$I_{sol,k}$ - prosječna gustoća toplinskog toka sunčeva zračenja na površinu k-tog građevnog elementa u promatranom proračunskom periodu (mjesecu) na određenu orijentaciju i nagib plohe [W/m²]

Efektivna kolektorska površina prozirnog građevnog elementa A_{sol} izračunava se prema sljedećem izrazu:

$$A_{sol} = F_{sh,gl} \cdot g_{gl} \cdot (1 - F_F) A_{w,p} \quad [\text{m}^2] \quad (3-19)$$

gdje je:

$F_{sh,gl}$ - faktor smanjenja zbog sjene od pomičnog zasjenjenja (tablica 3.2)

g_{gl} - ukupna propusnost sunčeva zračenja kroz prozirne elemente kada pomično zasjenjenje nije uključeno računa se prema izrazu $g_{gl} = 0,9 \cdot g_{gl,n}$ (tablica 3.3)

F_F - udio ploštine prozorskog okvira u ukupnoj površini prozora ($F_F=0,3$)

$A_{w,p}$ - ukupna ploština prozora [m²]

Prema *Tehničkom propisu o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama* solarni dobici gledaju samo kroz prozirne površine.

Tablica 3.2 Faktor umanjenja naprave za zaštitu od sunčeva zračenja, $F_{sh,gl}$

Redni broj	Naprava za zaštitu od sunčeva zračenja	$F_{sh,gl}$ (-)
1.	Bez naprave za zaštitu od sunčeva zračenja	1
2.	Naprava s unutrašnje strane ili između stakala	
2.1	– bijele ili reflektirajuće površine i malene transparentnosti	0,75
2.2	– svijetle boje ili malene transparentnosti	0,80
2.3	– tamne boje ili povišene transparentnosti	0,90
3	Naprava s vanjske strane	
3.1	– žaluzine, lamele koje se mogu okretati, otraga provjetravano	0,25
3.2	– žaluzine, rolete, kapci (škure, grilje)	0,30
4.	Strehe, lođe	0,50
5.	Markize, gore i bočno provjetravane	0,40

Tablica 3.3 Vrijednosti stupnja propuštanja ukupne energije kroz ostakljenje, za slučaj okomitog upada sunčeva zračenja, g_{gl}

Redni broj	Tip ostakljenja	g_{gl} (-)
1.	Jednostruko staklo (bezbojno, ravno float staklo)	0,87
2.	Dvostruko izolirajuće staklo (s jednim međuslojem zraka)	0,80
3.	Trostruko izolirajuće staklo (s dva međusloja zraka)	0,70
4.	Dvostruko izolirajuće staklo s jednim staklom niske emisije (Low-E obloga)	0,60
5.	Trostruko izolirajuće staklo s dva stakla niske emisije (dvije Low-E obloge)	0,50
6.	Dvostruko izolirajuće staklo sa staklom za zaštitu od sunčeva zračenja	0,50
7.	Staklena opeka	0,60

Unutarnji toplinski dobici obuhvaćaju unutarnje toplinske izvore ili ponore. Čine ih svi toplinski tokovi u kondicioniranom prostoru (proračunskoj zoni) koji potječu iz unutarnjih izvora osim onih

toplinskih tokova kojima je izričita funkcija grijanje ili hlađenje prostora te priprema potrošne tople vode.

Unutarnji toplinski dobici proračunske zone za promatrani mjesec izračunavaju se prema izrazu:

$$Q_{int} = \left(\sum_k \Phi_{int,mm,k} \right) \cdot t + \left(\sum_l (1 - b_{tr,l}) \Phi_{int,mm,u,l} \right) \cdot t \quad [J] \quad (3-20)$$

gdje je:

$\phi_{int,mm,k}$ - prosječni toplinski tok k-tog unutarnjeg izvora topline u grijanom prostoru: ljudi, uređaji, rasvjeta, rekuperirana toplota iz termotehničkih uređaja i sl. [W]

$\phi_{int,mm,u,l}$ - prosječni toplinski tok i-tog unutarnjeg izvora topline u susjednom nekondicioniranom prostoru [W]

$b_{tr,l}$ - faktor prilagodbe za susjedni negrijani prostor s l-tim unutarnjim toplinskim izvorom

t - proračunski vremenski period [s].

3.3. Proračun potrebne topline za grijanje za objekte Policijske akademije

Proračun potrebne topline za grijanje proveden je za 14 objekata za koje su se mogli prikupiti svi potrebni podaci.

3.3.1. *Paviljon 1*

Projektne podaci o objektu dani su u tablici 3.4.

Tablica 3.4 Projektne podaci za objekt Paviljon 1

Unutarnja projektne temperatura θ_{int} [°C]	21
Minimalni broj izmjena zraka n_{mn} [h ⁻¹]	0,5
Dodatak za toplinske mostove U_{TM} [W/m ² K]	0,1
Izloženi opseg poda P [m]	221
Parametar B	10
Unutarnji toplinski dobici [W]	15.142
Toplinski kapacitet zgrade C_m [kJ/K]	2.483.300
Vremenska konstanta zgrade τ [h]	57
Parametar a_h	4,8
Udio sati grijanja zgrade $f_{H,hr}$	1

Geometrijski podaci o objektu dani su u tablici 3.5.

Tablica 3.5 Geometrijske karakteristike zgrade za objekt Paviljon 1

Opis	J.m.	Ukupno
Površina grijanog dijela zgrade (A_k)	m ²	4.732
Obujam grijanog dijela zgrade (V_e)	m ³	16.190
Oplošje grijanog prostora zgrade (A)	m ²	6.445
faktor oblika $f_0=A/V_e$	m ⁻¹	0,39
Ukupna ploština pročelja (A_{uk})	m ²	4.164
Ukupna ploština prozora (A_{wuk})	m ²	732
Učešće prozora u ploštini pročelja		18%

Karakteristike prozora dane su u tablici 3.6.

Tablica 3.6 Karakteristike prozora objekta Paviljon 1

Tip prozora	Orijentacija	$A_{w,p}$ [m ²]	$F_{sh,gl}$	g_{gl}	1- F_F	A_{sol} [m ²]
Prozor 1	S	55,20	1	0,783	0,7	30,91
Prozor 2	J	58,19	1	0,783	0,7	32,59
Prozor 3	I	255,23	1	0,783	0,7	142,93
Prozor 4	Z	364,03	1	0,783	0,7	203,85

Koeficijenti transmisijskih gubitaka kroz pojedine elemente vanjske ovojnice dani su u tablici 3.7.

Tablica 3.7 Koeficijenti transmisijskih gubitaka kroz vanjsku ovojnicu objekta Paviljon 1

Vanjska ovojnica	Površina [m ²]	U [W/m ² K]	H _{tr} [W/K]
Vanjski zid	3.432	1,8	6.177,6
Pod prema tlu	1.139	0,4	455,6
Krov	1.142	0,43	484,21
Prozor	732	3,5	2.562
Vanjska vrata	17,61	3,6	63,39
Ukupno			9.742,8

Ukupni koeficijent transmisijskih gubitaka je 9.742,8 W/K.

Koeficijent ventilacijskih gubitaka u objektu Paviljon 1 je veći uslijed minimalne izmjene zrake i iznosi 2.752,38, W/K.

Iz tablice 3.8 može se vidjeti da je ukupna potrebna godišnja toplina za grijanje 755.752 kWh odnosno 159,67 kWh/m².

Tablica 3.8 Potrebna toplina za grijanje za objekt Paviljon 1

Mjesec	Q _{h,tr} [kWh]	Q _{ve} [kWh]	Q _{h,ht} [kWh]	Q _{h,sol} [kWh]	Q _{h,int} [kWh]	Q _{h,gn} [kWh]	Y _h	η _{H,gn}	a _{H,red}	Q _{h,nd} [kWh]
Siječanj	148.575	41.973	190.548	9.130	11.264	20394	0,11	1,00	1	170.154
Veljača	117.185	33.105	150.290	13.502	10.175	23677	0,16	1,00	1	126.616
Ožujak	99.292	28.050	127.342	25.536	11.264	36801	0,29	0,99	1	90.619
Travanj	64.536	18.232	82.768	34.093	10.903	44995	0,54	0,97	1	38.992
Svibanj	34.064	9.623	43.687	40.846	11.264	52110	1,19	0,74	1	4.884
Lipanj	11.925	3.369	15.294	42.402	10.903	53304	3,49	0,28	1	31
Srpanj	-2.174	-614	-2.789	45.705	11.264	56970	-20,43	-0,05	1	0
Kolovoz	2.899	819	3.718	39.992	11.264	51257	13,79	0,07	1	0
Rujan	28.059	7.927	35.986	32.586	10.903	43489	1,21	0,73	1	3.878
Listopad	65.953	18.632	84.585	21.591	11.264	32855	0,39	0,99	1	51.970
Studeni	102.416	28.933	131.349	10.632	10.903	21534	0,16	1,00	1	109.819
Prosinac	137.704	38.902	176.606	6.735	11.264	17999	0,10	1,00	1	158.606
Ukupno:										755.752

Pošto su Paviljoni 1,2 i 3 identični, ove vrijednosti vrijede za Paviljon 2 i Paviljon 3 što znači da je ukupna potrebna toplina za grijanje za sva tri objekta 2.267.256 kWh.

3.3.2. **Paviljon 4**

Projektne podaci o objektu dani su u tablici 3.9.

Tablica 3.9 Projektne podaci za objekt Paviljon 4

Unutarnja projektne temperatura θ_{int} [°C]	21
Minimalni broj izmjena zraka n_{mn} [h ⁻¹]	0,5
Dodatak za toplinske mostove U_{TM} [W/m ² K]	0,1
Izloženi opseg poda P [m]	172
Parametar B	14
Unutarnji toplinski dobiti [W]	14.528
Toplinski kapacitet zgrade C_m [kJ/K]	2.498.520
Vremenska konstanta zgrade τ [h]	105
Parametar a_h	8
Udio sati grijanja zgrade $f_{H,hr}$	1

Geometrijske karakteristike zgrade dane su u tablici 3.10.

Tablica 3.10 Geometrijske karakteristike objekta Paviljon 4

Opis	J.m.	Ukupno
Površina grijanog dijela zgrade (A_k)	m ²	4.540
Obujam grijanog dijela zgrade (V_e)	m ³	15.945
Oplošje grijanog prostora zgrade (A)	m ²	4.736
faktor oblika $f_0=A/V_e$	m ⁻¹	0,29
Ukupna ploština pročelja (A_{uk})	m ²	2.408
Ukupna ploština prozora (A_{wuk})	m ²	731
Učešće prozora u ploštini pročelja		30%

Karakteristike prozora dane su u tablici 3.11.

Tablica 3.11 Karakteristike prozora za objekt Paviljon 4

Tip prozora	Orijentacija	$A_{w,p}$ [m ²]	$F_{sh,gl}$	g_{gl}	1- F_F	A_{sol} [m ²]
Prozor 1	J	7,56	0,3	0,54	0,7	0,86
Prozor 2	I	45,5	0,3	0,54	0,7	5,16
Prozor 3	Z	624	0,3	0,54	0,7	70,76

Koeficijenti transmisijskih gubitaka kroz pojedine elemente vanjske ovojnice dani su u tablici 3.12.

Tablica 3.12 Koeficijenti transmisijskih gubitaka kroz vanjsku ovojnicu objekta Paviljon 4

Vanjska ovojnica	Površina [m ²]	U [W/m ² K]	H _{tr} [W/K]
Vanjski zid	1.693	0,41	649,13
Pod prema tlu	1.164	0,47	547,08
Krov	1.164	1,06	1.233,84
Prozor	730	1,7	1241
Vanjska vrata	37	3,5	129,5
Ukupno			3.845,55

Ukupni koeficijent transmisijskih gubitaka je 3.845,55 W/K.

Koeficijent ventilacijskih gubitaka u objektu Paviljon 4 je veći uslijed minimalne izmjene zrake i iznosi 2.710, 65 W/K.

Iz tablice 3.13 može se vidjeti da je ukupna potrebna godišnja toplina za grijanje 405.711 kWh odnosno 89,36 kWh/m².

Tablica 3.13 Potrebna toplina za grijanje objekta Paviljon 4

Mjesec	Q _{h,tr} [kWh]	Q _{ve} [kWh]	Q _{h,ht} [kWh]	Q _{h,sol} [kWh]	Q _{h,int} [kWh]	Q _{h,gn} [kWh]	Y _h	η _{H,gn}	a _{H,red}	Q _{h,nd} [kWh]
Siječanj	58.644	41.337	99.980	1.697	10.807	12.504	0,13	1,00	1	87.476
Veljača	46.254	32.603	78.857	2.558	9.762	12.320	0,16	1,00	1	66.537
Ožujak	39.191	27.625	66.816	4.960	10.807	15.767	0,24	1,00	1	51.049
Travanj	25.473	17.955	43.428	6.798	10.460	17.258	0,40	1,00	1	26.176
Svibanj	13.445	9.477	22.922	8.212	10.807	19.019	0,83	0,954	1	4.785
Lipanj	4.707	3.318	8.025	8.566	10.460	19.026	2,37	0,422	1	4
Srpanj	-858	-605	-1.463	9.256	10.807	20.063	-13,71	-0,073	1	0
Kolovoz	1.144	807	1.951	8.013	10.807	18.821	9,65	0,104	1	0
Rujan	11.075	7.807	18.882	6.416	10.460	16.877	0,89	0,933	1	3.142
Listopad	26.032	18.349	44.381	4.119	10.807	14.926	0,34	1,00	1	29.457
Studeni	40.424	28.494	68.919	1.983	10.460	12.444	0,18	1,00	1	56.475
Prosinac	54.353	38.312	92.665	1.248	10.807	12.055	0,13	1,00	1	80.610
Ukupno:										405.711

3.3.3. **Kuhinja i restoran**

Projektne podaci o objektu dani su u tablici 3.14.

Tablica 3.14 Projektne podaci za objekt Kuhinja i restoran

Unutarnja projektne temperatura θ_{int} [°C]	18
Minimalni broj izmjena zraka n_{mn} [h ⁻¹]	0,8
Dodatak za toplinske mostove U_{TM} [W/m ² K]	0,1
Izloženi opseg poda P_1 [m]	86
Parametar B_1	13
Izloženi opseg poda P_2 [m]	173
Parametar B_2	17
Unutarnji toplinski dobitci [W]	9.006
Toplinski kapacitet zgrade C_m [kJ/K]	665.715
Vremenska konstanta zgrade τ [h]	34
Parametar a_h	3,24
Udio sati grijanja zgrade $f_{H,hr}$	0,67

Geometrijske karakteristike zgrade dane su u tablici 3.15.

Tablica 3.15 Geometrijske karakteristike za objekt Kuhinja i restoran

Opis	J.m.	Ukupno
Površina grijanog dijela zgrade (A_k)	m ²	1.801
Obujam grijanog dijela zgrade (V_e)	m ³	7.870
Oplošje grijanog prostora zgrade (A)	m ²	4.245
faktor oblika $f_0=A/V_e$	m ⁻¹	0,55
Ukupna ploština pročelja (A_{uk})	m ²	458
Ukupna ploština prozora (A_{wuk})	m ²	141
Učešće prozora u ploštini pročelja		31%

Karakteristike prozora dane su u tablici 3.16.

Tablica 3.16 Karakteristike prozora objekta Kuhinja i restoran

Tip prozora	Orijentacija	$A_{w,p}$ [m ²]	$F_{sh,gl}$	g_{gl}	1- F_F	A_{sol} [m ²]
Prozor 1	S	83,19	1	0,72	0,7	41,93
Prozor 2	J	1,56	1	0,72	0,7	0,79
Prozor 3	I	18,4	1	0,72	0,7	9,27
Prozor 4	Z	37,3	1	0,72	0,7	18,80

Koeficijenti transmisijskih gubitaka kroz pojedine elemente vanjske ovojnice dani su u tablici 3.17.

Tablica 3.17 Koeficijenti transmisijskih gubitaka kroz vanjsku ovojnicu objekta Kuhinja i restoran

Vanjska ovojnica	Površina [m ²]	U [W/m ² K]	H _{tr} [W/K]
Vanjski zid 1	141,61	1,55	219,49
Vanjski zid 2	153,80	2,3	356,03
Pod prema tlu 1	557	0,33	183,81
Pod prema tlu 2	1.460	0,42	613,2
Krov 1	534	0,634	338,55
Krov 2	1.232	0,8	985,6
Prozor	140,45	3,5	491,57
Vanjska vrata	25	4,1	102,5
Ukupno			3.290,78

Ukupni koeficijent transmisijskih gubitaka je 3.290,78 W/K.

Koeficijent ventilacijskih gubitaka je veći uslijed minimalne izmjene zrake i iznosi 2.140,64 W/K.

Iz tablice 3.18 može se vidjeti da je ukupna potrebna godišnja toplina za grijanje 245.294 kWh odnosno 136,54 kWh/m².

Tablica 3.18 Potrebna toplina za grijanje objekta Kuhinja i restoran

Mjesec	Q _{h,tr} [kWh]	Q _{ve} [kWh]	Q _{h,ht} [kWh]	Q _{h,sol} [kWh]	Q _{h,int} [kWh]	Q _{h,gn} [kWh]	Y _h	η _{H,gn}	a _{H,red}	Q _{h,nd} [kWh]
Siječanj	42.840	27.867	70.706	1.217	6.699	7.916	0,11	0,99	0,95	59.698
Veljača	32.947	21.432	54.379	1.784	6.051	7.836	0,14	0,99	0,94	43.600
Ožujak	26.193	17.039	43.232	3.315	6.699	10.015	0,23	0,99	0,90	29.885
Travanj	14.690	9.556	24.246	4.452	6.484	10.936	0,45	0,95	0,80	11.033
Svibanj	4.162	2.707	6.869	5.475	6.699	12.174	1,77	0,52	0,22	111
Lipanj	-3.080	-2.004	-5.084	5.701	6.484	12.185	-2,40	-0,41	2,06	0
Srpanj	-8.078	-5.255	-13.333	5.959	6.699	12.659	-0,95	-1,05	1,42	0
Kolovoz	-6.365	-4.140	-10.505	5.174	6.699	11.874	-1,13	-0,88	1,50	0
Rujan	2.369	1.541	3.911	3.991	6.484	10.475	2,68	0,36	-0,18	-18
Listopad	14.933	9.714	24.646	2.670	6.699	9.369	0,38	0,97	0,83	12.926
Studeni	27.485	17.879	45.363	1.397	6.484	7.881	0,17	0,99	0,92	34.633
Prosinac	39.168	25.478	64.646	932	6.699	7.632	0,12	0,99	0,95	54.055
Ukupno:										245.294

3.3.4. **Načelništvo**

Projektne podaci o objektu dani su u tablici 3.19.

Tablica 3.19 Projektne podaci za objekt Načelništvo

Unutarnja projektne temperatura θ_{int} [°C]	20
Minimalni broj izmjena zraka n_{mn} [h ⁻¹]	0,5
Dodatak za toplinske mostove U_{TM} [W/m ² K]	0,1
Izloženi opseg poda P [m]	70
Parametar B	6
Unutarnji toplinski dobici [W]	1.645
Toplinski kapacitet zgrade C_m [kJ/K]	170.610
Vremenska konstanta zgrade τ [h]	29,35
Parametar a_h	2,95
Udio sati grijanja zgrade $f_{H,hr}$	0,36

Geometrijske karakteristike zgrade dane su u tablici 3.20.

Tablica 3.20 Geometrijske karakteristike za objekt Načelništvo

Opis	J.m.	Ukupno
Površina grijanog dijela zgrade (A_k)	m ²	470
Obujam grijanog dijela zgrade (V_e)	m ³	1.551
Oplošje grijanog prostora zgrade (A)	m ²	848
faktor oblika $f_0=A/V_e$	m ⁻¹	0,54
Ukupna ploština pročelja (A_{uk})	m ²	356
Ukupna ploština prozora (A_{wuk})	m ²	42
Učešće prozora u ploštini pročelja		11%

Karakteristike prozora dane su u tablici 3.21.

Tablica 3.21 Karakteristike prozora objekta Načelništvo

Tip prozora	Orijentacija	$A_{w,p}$ [m ²]	$F_{sh,gl}$	g_{gl}	1- F_F	A_{sol} [m ²]
Prozor 1	J	42	1	0,72	0,7	21,7

Koeficijenti transmisijskih gubitaka kroz pojedine elemente vanjske ovojnice dani su u tablici 3.22.

Tablica 3.22 Koeficijenti transmisijskih gubitaka kroz vanjsku ovojnicu objekta Načelništvo

Vanjska ovojnica	Površina [m ²]	U [W/m ² K]	H _{tr} [W/K]
Vanjski zid	356	2,2	783,2
Pod prema tlu	225	0,78	175,5
Krov	225	1,09	245,25
Prozor	42	3,5	147
Ukupno			1.350,95

Ukupni koeficijent transmisijskih gubitaka je 1.350,95 W/K.

Koeficijent ventilacijskih gubitaka u objektu je veći uslijed minimalne izmjene zrake i iznosi 263,67 W/K.

Iz tablice 3.23 može se vidjeti da je ukupna potrebna godišnja toplina za grijanje 83.487 kWh odnosno 177,63 kWh/m².

Tablica 3.23 Potrebna toplina za grijanje objekta Načelništvo

Mjesec	Q _{h,tr} [kWh]	Q _{ve} [kWh]	Q _{h,ht} [kWh]	Q _{h,sol} [kWh]	Q _{h,int} [kWh]	Q _{h,gn} [kWh]	γ _h	η _{H,gn}	a _{H,red}	Q _{h,nd} [kWh]
Siječanj	19.597	3.825	23.421	853	1.224	2.077	0,09	1,00	0,91	19.481
Veljača	15.341	2.994	18.335	1.116	1.105	2.221	0,12	1,00	0,88	14.194
Ožujak	12.763	2.491	15.254	1.751	1.224	2.974	0,19	0,99	0,81	9.935
Travanj	7.976	1.557	9.533	1.759	1.184	2.943	0,31	0,98	0,70	4.628
Svibanj	3.718	726	4.444	1.812	1.224	3.036	0,68	0,87	0,33	591
Lipanj	681	133	814	1.740	1.184	2.924	3,59	0,27	-2,54	-34
Srpanj	-1.306	-255	-1.561	1.905	1.224	3.129	-2,00	-0,50	2,97	0
Kolovoz	-603	-118	-721	1.964	1.224	3.188	-4,42	-0,23	5,36	0
Rujan	2.918	570	3.488	2.087	1.184	3.272	0,94	0,77	0,08	73
Listopad	8.140	1.589	9.729	1.793	1.224	3.017	0,31	0,98	0,69	4.707
Studeni	13.229	2.582	15.810	982	1.184	2.167	0,14	1,00	0,86	11.806
Prosinac	18.089	3.531	21.620	624	1.224	1.848	0,09	1,00	0,92	18.107
Ukupno:										83.487

3.3.5. **Visoka policijska škola**

Projektne podaci o objektu dani su u tablici 3.24.

Tablica 3.24 Projektne podaci za objekt Visoka policijska škola

Unutarnja projektne temperatura θ_{int} [°C]	20
Minimalni broj izmjena zraka n_{mn} [h ⁻¹]	0,5
Dodatak za toplinske mostove U_{TM} [W/m ² K]	0,1
Izloženi opseg poda P [m]	158
Parametar B	11
Unutarnji toplinski dobiti [W]	8.456
Toplinski kapacitet zgrade C_m [kJ/K]	1.582.490
Vremenska konstanta zgrade τ [h]	42,1
Parametar a_h	3,8
Udio sati grijanja zgrade $f_{H,hr}$	0,36

Geometrijske karakteristike zgrade dane su u tablici 3.25.

Tablica 3.25 Geometrijske karakteristike za objekt Visoka policijska škola

Opis	J.m.	Ukupno
Površina grijanog dijela zgrade (A_k)	m ²	3.020
Obujam grijanog dijela zgrade (V_e)	m ³	12.144
Oplošje grijanog prostora zgrade (A)	m ²	4.326
faktor oblika $f_0=A/V_e$	m ⁻¹	0,35
Ukupna ploština pročelja (A_{uk})	m ²	2.370
Ukupna ploština prozora (A_{wuk})	m ²	877
Učešće prozora u ploštini pročelja		37%

Karakteristike prozora dane su u tablici 3.26.

Tablica 3.26 Karakteristike prozora objekta Visoka policijska škola

Tip prozora	Orijentacija	$A_{w,p}$ [m ²]	$F_{sh,gl}$	g_{gl}	1- F_F	A_{sol} [m ²]
Prozor 1	S	403	1	0,72	0,7	203,11
Prozor 2	J	474	1	0,72	0,7	238,9

Koeficijenti transmisijskih gubitaka kroz pojedine elemente vanjske ovojnice dani su u tablici 3.27.

Tablica 3.27 Koeficijenti transmisijskih gubitaka kroz vanjsku ovojnicu objekta Visoka policijska škola

Vanjska ovojnica	Površina [m ²]	U [W/m ² K]	H _{tr} [W/K]
Vanjski zid	1.475	2,2	3.245
Pod prema tlu	904	0,54	488,16
Krov	1.048	1,43	1.498,63
Prozor	877	3,50	3.069,5
Vanjska vrata	22	3,5	77
Ukupno			8.378,3

Ukupni koeficijent transmisijskih gubitaka je 8.378,3 W/K.

Koeficijent ventilacijskih gubitaka u objektu je veći uslijed minimalne izmjene zrake i iznosi 2.065 W/K.

Iz tablice 3.28 može se vidjeti da je ukupna potrebna godišnja toplina za grijanje 480.332 kWh odnosno 159,09 kWh/m².

Tablica 3.28 Potrebna toplina za grijanje objekta Visoka policijska škola

Mjesec	Q _{h,tr} [kWh]	Q _{ve} [kWh]	Q _{h,ht} [kWh]	Q _{h,sol} [kWh]	Q _{h,int} [kWh]	Q _{h,gn} [kWh]	Y _h	η _{H,gn}	a _{H,red}	Q _{h,nd} [kWh]
Siječanj	121.534	29.947	151.481	12.390	6.290	18.680	0,12	1,00	0,92	121.552
Veljača	95.143	23.444	118.587	16.530	5.682	22.212	0,19	1,00	0,87	83.996
Ožujak	79.153	19.504	98.657	26.744	6.290	33.034	0,33	0,99	0,77	50.787
Travanj	49.465	12.189	61.654	29.053	6.088	35.142	0,57	0,95	0,61	17.287
Svibanj	23.060	5.682	28.743	32.068	6.290	38.358	1,33	0,67	0,08	265
Lipanj	4.223	1.040	5.263	31.722	6.088	37.811	7,18	0,14	-3,94	-10
Srpanj	-8.102	-1.996	-10.099	33.586	6.290	39.876	-3,95	-0,25	3,71	0
Kolovoz	-3.740	-921	-4.661	32.670	6.290	38.961	-8,36	-0,12	6,74	0
Rujan	18.097	4.459	22.556	31.172	6.088	37.260	1,65	0,57	-0,14	-196
Listopad	50.483	12.440	62.923	25.597	6.290	31.887	0,51	0,96	0,65	21.029
Studeni	82.040	20.215	102.256	14.192	6.088	20.281	0,20	1,00	0,86	70.831
Prosinac	112.185	27.643	139.829	9.261	6.290	15.552	0,11	1,00	0,92	114.781
Ukupno:										480.332

3.3.6. **Sportska dvorana**

Projektzni podaci o objektu dani su u tablici 3.29.

Tablica 3.29 Projektzni podaci za objekt Sportska dvorana

Unutarnja projektna temperatura θ_{int} [°C]	18
Minimalni broj izmjena zraka n_{mn} [h ⁻¹]	0,8
Dodatak za toplinske mostove U_{TM} [W/m ² K]	0,1
Izloženi opseg poda P_1 [m]	151
Parametar B_1	14
Izloženi opseg poda P_2 [m]	47
Parametar B_2	9
Unutarnji toplinski dobici [W]	5.480
Toplinski kapacitet zgrade C_m [kJ/K]	389.400
Vremenska konstanta zgrade τ [h]	15
Parametar a_h	1,95
Udio sati grijanja zgrade $f_{H,hr}$	0,5

Geometrijske karakteristike zgrade dane su u tablici 3.30.

Tablica 3.30 Geometrijske karakteristike za objekt Sportska dvorana

Opis	J.m.	Ukupno
Površina grijanog dijela zgrade (A_k)	m ²	1.096
Obujam grijanog dijela zgrade (V_e)	m ³	5.797
Oplošje grijanog prostora zgrade (A)	m ²	3.914
faktor oblika $f_0=A/V_e$	m ⁻¹	0,67
Ukupna ploština pročelja (A_{uk})	m ²	1.594
Ukupna ploština prozora (A_{wuk})	m ²	470,51
Učešće prozora u ploštini pročelja		29%

Karakteristike prozora dane su u tablici 3.31.

Tablica 3.31 Karakteristike prozora objekta Sportska dvorana

Tip prozora	Orijentacija	$A_{w,p}$ [m ²]	$F_{sh,gl}$	g_{gl}	1- F_F	A_{sol} [m ²]
Prozor 1	S	151,12	1	0,72	0,7	76,16
Prozor 2	J	137,89	1	0,72	0,7	69,50
Prozor 3	I	103,6	1	0,72	0,7	52,21
Prozor 4	Z	77,9	1	0,72	0,7	39,26

Koeficijenti transmisijских gubitaka kroz pojedine elemente vanjske ovojnice dani su u tablici 3.32.

Tablica 3.32 Koeficijenti transmisijских gubitaka kroz vanjsku ovojnicu objekta Sportska dvorana

Vanjska ovojnica	Površina [m ²]	U [W/m ² K]	H _{tr} [W/K]
Vanjski zid	1.108	2,2	2.437,60
Pod prema tlu	1.275	0,49	624,75
Krov	1.046	0,75	784,50
Prozor	471	3,5	1.648,50
Vanjska vrata	15,29	3,5	53,52
Ukupno			5.548,87

Ukupni koeficijent transmisijских gubitaka je 5.548,87 W/K.

Koeficijent ventilacijskih gubitaka u objektu je veći uslijed minimalne izmjene zrake i iznosi 1971 W/K.

Iz tablice 3.33 može se vidjeti da je ukupna potrebna godišnja toplina za grijanje 252.340 kWh odnosno 230,24 kWh/m².

Tablica 3.33 Potrebna toplina za grijanje objekta Sportska dvorana

Mjesec	Q _{h,tr} [kWh]	Q _{ve} [kWh]	Q _{h,ht} [kWh]	Q _{h,sol} [kWh]	Q _{h,int} [kWh]	Q _{h,gn} [kWh]	Y _h	η _{H,gn}	a _{H,red}	Q _{h,nd} [kWh]
Siječanj	72.235	25.658	97.894	5.840	4.077	9.916	0,10	0,99	0,84	74.122
Veljača	55.555	19.733	75.288	8.168	3.682	11.850	0,16	0,97	0,75	48.022
Ožujak	44.167	15.688	59.855	14.258	4.077	18.335	0,31	0,93	0,52	22.298
Travanj	24.770	8.798	33.569	17.330	3.946	21.276	0,63	0,79	0,01	143
Svibanj	7.017	2.493	9.510	20.112	4.077	24.188	2,54	0,35	-2,98	-2.947
Lipanj	-5.194	-1.845	-7.039	20.481	3.946	24.426	-3,47	-0,28	6,43	0
Srpanj	-13.622	-4.838	-18.460	21.846	4.077	25.922	-1,40	-0,71	3,20	0
Kolovoz	-10.732	-3.812	-14.544	19.946	4.077	24.023	-1,65	-0,60	3,58	0
Rujan	3.995	1.419	5.414	17.338	3.946	21.283	3,93	0,24	-5,15	-1.448
Listopad	25.179	8.944	34.123	12.773	4.077	16.849	0,49	0,85	0,23	4.488
Studeni	46.344	16.462	62.806	6.732	3.946	10.677	0,17	0,97	0,73	38.469
Prosinac	66.044	23.459	89.503	4.353	4.077	8.430	0,09	0,99	0,85	69.193
Ukupno:										252.340

3.3.7. **Srednja policijska škola**

Projektne podaci o objektu dani su u tablici 3.34.

Tablica 3.34 Projektne podaci za objekt Srednja policijska škola

Unutarnja projektna temperatura θ_{int} [°C]	20
Minimalni broj izmjena zraka n_{mn} [h ⁻¹]	0,5
Dodatak za toplinske mostove U_{TM} [W/m ² K]	0,1
Izloženi opseg poda P [m]	1.010
Parametar B	5
Unutarnji toplinski dobiti [W]	14.496
Toplinski kapacitet zgrade C_m [kJ/K]	3.146.650
Vremenska konstanta zgrade τ [h]	53,65
Parametar a_h	4,5
Udio sati grijanja zgrade $f_{H,hr}$	0,5

Geometrijske karakteristike objekta dane su u tablici 3.35.

Tablica 3.35 Geometrijske karakteristike za objekt Srednja policijska škola

Opis	J.m.	Ukupno
Površina grijanog dijela zgrade (A_k)	m ²	5.177
Obujam grijanog dijela zgrade (V_e)	m ³	18.109
Oplošje grijanog prostora zgrade (A)	m ²	10.228
faktor oblika $f_0=A/V_e$	m ⁻¹	0,56
Ukupna ploština pročelja (A_{uk})	m ²	4.668
Ukupna ploština prozora (A_{wuk})	m ²	833,6
Učešće prozora u ploštini pročelja		17%

Karakteristike prozora dane su u tablici 3.36.

Tablica 3.36 Karakteristike prozora objekta Srednja policijska škola

Tip prozora	Orijentacija	$A_{w,p}$ [m ²]	$F_{sh,gl}$	g_{gl}	1- F_F	A_{sol} [m ²]
Prozor 1	S	471,2	1	0,783	0,7	258,26
Prozor 2	J	207,3	1	0,783	0,7	113,62
Prozor 3	I	85,6	1	0,783	0,7	46,92
Prozor 4	Z	69,5	1	0,783	0,7	38,09

Koeficijenti transmisijskih gubitaka kroz pojedine elemente vanjske ovojnice dani su u tablici 3.37.

Tablica 3.37 Koeficijenti transmisivskih gubitaka kroz vanjsku ovojnici objekta Srednja policijska škola

Vanjska ovojnica	Površina [m ²]	U [W/m ² K]	H _{tr} [W/K]
Vanjski zid	3.829,5	1,8	6.893,1
Pod prema tlu	2.548	0,5	1.274
Krov	3.011	0,7	2.107,7
Prozor	833,6	3,50	2.917,6
Vanjska vrata	5,7	3,5	19,95
Ukupno			13.212,35

Ukupni koeficijent transmisivskih gubitaka je 13.212,35 W/K.

Koeficijent ventilacijskih gubitaka u objektu je veći uslijed minimalne izmjene zrake i iznosi 3078 W/K.

Iz tablice 3.38 može se vidjeti da je ukupna potrebna godišnja toplina za grijanje 903.927 kWh odnosno 174,6 kWh/m².

Tablica 3.38 Potrebna toplina za grijanje objekta Srednja policijska škola

Mjesec	Q _{h,tr} [kWh]	Q _{ve} [kWh]	Q _{h,ht} [kWh]	Q _{h,sol} [kWh]	Q _{h,int} [kWh]	Q _{h,gn} [kWh]	Y _h	η _{H,gn}	a _{H,red}	Q _{h,nd} [kWh]
Siječanj	191.656	44.657	236.313	9.953	10.783	20.736	0,09	1,00	0,96	207.644
Veljača	150.038	34.959	184.997	13.812	9.740	23.552	0,13	1,00	0,95	152.827
Ožujak	124.822	29.084	153.906	23.755	10.783	34.539	0,22	1,00	0,91	108.160
Travanj	78.006	18.176	96.181	28.673	10.437	39.110	0,41	0,99	0,83	47.655
Svibanj	36.366	8.473	44.839	33.612	10.783	44.395	0,99	0,82	0,58	4.809
Lipanj	6.659	1.552	8.211	34.219	10.437	44.656	5,44	0,18	-1,28	-4
Srpanj	-12.777	-2.977	-15.754	35.870	10.783	46.654	-2,96	-0,34	2,24	0
Kolovoz	-5.897	-1.374	-7.271	32.780	10.783	43.563	-5,99	-0,17	3,51	0
Rujan	28.539	6.650	35.188	27.978	10.437	38.415	1,09	0,78	0,54	2.772
Listopad	79.611	18.550	98.161	20.973	10.783	31.756	0,32	1,00	0,86	57.502
Studeni	129.375	30.145	159.520	11.400	10.437	21.837	0,14	1,00	0,94	129.782
Prosinac	176.913	41.222	218.135	7.536	10.783	18.319	0,08	1,00	0,96	192.779
Ukupno:										903.927

3.3.8. **Crkva**

Projektne podaci o objektu dani su u tablici 3.39.

Tablica 3.39 Projektne podaci za objekt Crkva

Unutarnja projektne temperatura θ_{int} [°C]	18
Minimalni broj izmjena zraka n_{mn} [h ⁻¹]	0,5
Dodatak za toplinske mostove U_{TM} [W/m ² K]	0,1
Izloženi opseg poda P [m]	76
Parametar B	7
Unutarnji toplinski dobici [W]	648
Toplinski kapacitet zgrade C_m [kJ/K]	50.529,6
Vremenska konstanta zgrade τ [h]	20,2
Parametar a_h	2,29
Udio sati grijanja zgrade $f_{H,hr}$	0,13

Geometrijske karakteristike zgrade dane su u tablici 3.40.

Tablica 3.40 Geometrijske karakteristike za objekt Crkva

Opis	J.m.	Ukupno
Površina grijanog dijela zgrade (A_k)	m ²	215,9
Obujam grijanog dijela zgrade (V_e)	m ³	1.160,8
Oplošje grijanog prostora zgrade (A)	m ²	822,05
faktor oblika $f_0=A/V_e$	m ⁻¹	0,7
Ukupna ploština pročelja (A_{uk})	m ²	310,71
Ukupna ploština prozora (A_{wuk})	m ²	29,33
Učešće prozora u ploštini pročelja		9%

Karakteristike prozora dane su u tablici 3.41.

Tablica 3.41 Karakteristike prozora objekta Crkva

Tip prozora	Orijentacija	$A_{w,p}$ [m ²]	$F_{sh,gl}$	g_{gl}	1- F_F	A_{sol} [m ²]
Prozor 1	S	13,36	1	0,72	0,7	6,73
Prozor 2	I	4,59	1	0,72	0,7	2,31
Prozor 3	Z	11,38	1	0,72	0,7	5,74

Koeficijenti transmisijskih gubitaka kroz pojedine elemente vanjske ovojnice dani su u tablici 3.42.

Tablica 3.42 Koeficijenti transmisivskih gubitaka kroz vanjsku ovojnicu objekta Crkva

Vanjska ovojnica	Površina [m ²]	U [W/m ² K]	H _{tr} [W/K]
Vanjski zid	283,9	0,65	184,53
Pod prema tlu	280	0,35	98
Krov	280	0,43	168
Prozor	29,33	3,5	120,4
Vanjska vrata	7,2	3,5	25,2
Ukupno			530,79

Ukupni koeficijent transmisivskih gubitaka je 530,79 W/K.

Koeficijent ventilacijskih gubitaka u objektu je veći uslijed minimalne izmjene zrake i iznosi 197,34 W/K.

Iz tablice 3.43 može se vidjeti da je ukupna potrebna godišnja toplina za grijanje 25.876 kWh odnosno 119,85 kWh/m².

Tablica 3.43 Potrebna toplina za grijanje objekta Crkva

Mjesec	Q _{h,tr} [kWh]	Q _{ve} [kWh]	Q _{h,ht} [kWh]	Q _{h,sol} [kWh]	Q _{h,int} [kWh]	Q _{h,gn} [kWh]	γ _n	η _{H,gn}	a _{H,red}	Q _{h,nd} [kWh]
Siječanj	6.910	2.569	9.479	268	482	750	0,08	1,00	0,84	7.320
Veljača	5.314	1.976	7.290	397	435	832	0,11	0,99	0,77	4.956
Ožujak	4.225	1.571	5.796	750	482	1.232	0,21	0,98	0,57	2.598
Travanj	2.369	881	3.250	1.018	466	1.484	0,46	0,90	0,07	128
Svibanj	671	250	921	1.248	482	1.730	1,88	0,46	-2,84	-331
Lipanj	-497	-185	-682	1.301	466	1.768	-2,59	-0,39	6,30	0
Srpanj	-1.303	-484	-1.787	1.374	482	1.856	-1,04	-0,96	3,12	0
Kolovoz	-1.027	-382	-1.408	1.189	482	1.671	-1,19	-0,84	3,42	0
Rujan	382	142	524	924	466	1.390	2,65	0,35	-4,42	-162
Listopad	2.409	895	3.304	607	482	1.089	0,33	0,95	0,33	744
Studeni	4.433	1.648	6.081	309	466	775	0,13	0,99	0,74	3.928
Prosinac	6.318	2.349	8.666	203	482	685	0,08	1,00	0,84	6.695
Ukupno:										25.876

3.3.9. **Skladište**

Projektne podaci o objektu dani su u tablici 3.44.

Tablica 3.44 Projektne podaci za objekt Skladište

Unutarnja projektne temperatura θ_{int} [°C]	18
Minimalni broj izmjena zraka n_{mn} [h ⁻¹]	0,5
Dodatak za toplinske mostove U_{TM} [W/m ² K]	0,1
Izloženi opseg poda P [m]	105
Parametar B	6
Unutarnji toplinski dobici [W]	1.562
Toplinski kapacitet zgrade C_m [kJ/K]	110.538
Vremenska konstanta zgrade τ [h]	18,12
Parametar a_h	2,2
Udio sati grijanja zgrade $f_{H,hr}$	0,24

Geometrijske karakteristike dane su u tablici 3.45.

Tablica 3.45 Geometrijske karakteristike za objekt Skladište

Opis	J.m.	Ukupno
Površina grijanog dijela zgrade (A_k)	m ²	312,31
Obujam grijanog dijela zgrade (V_e)	m ³	1.127
Oplošje grijanog prostora zgrade (A)	m ²	1.097
faktor oblika $f_0=A/V_e$	m ⁻¹	0,9
Ukupna ploština pročelja (A_{uk})	m ²	108,7
Ukupna ploština prozora (A_{wuk})	m ²	18,82
Učešće prozora u ploštini pročelja		17%

Karakteristike prozora dane su u tablici 3.46.

Tablica 3.46 Karakteristike prozora objekta Skladište

Tip prozora	Orijentacija	$A_{w,p}$ [m ²]	$F_{sh,gl}$	g_{gl}	1- F_F	A_{sol} [m ²]
Prozor 1	I	19,5	1	0,72	0,7	9,83
Prozor 2	Z	19,5	1	0,72	0,7	9,83

Koeficijenti transmisijskih gubitaka kroz pojedine elemente vanjske ovojnice dani su u tablici 3.47.

Tablica 3.47 Koeficijenti transmisijskih gubitaka kroz vanjsku ovojnicu objekta Skladište

Vanjska ovojnica	Površina [m ²]	U [W/m ² K]	H _{tr} [W/K]
Vanjski zid	73	1,8	131,4
Pod prema tlu	324,3	0,78	252,95
Krov	324,3	0,9	291,87
Prozor	39	3,50	136,5
Vanjska vrata	135,3	5,1	690,03
Ukupno			1.502,75

Ukupni koeficijent transmisijskih gubitaka je 1.502,75 W/K.

Koeficijent ventilacijskih gubitaka u objektu je veći uslijed minimalne izmjene zrake i iznosi 191,58 W/K.

Iz tablice 3.48 može se vidjeti da je ukupna potrebna godišnja toplina za grijanje 66.097 kWh odnosno 211,64 kWh/m².

Tablica 3.48 Potrebna toplina za grijanje objekta Skladište

Mjesec	Q _{h,tr} [kWh]	Q _{ve} [kWh]	Q _{h,ht} [kWh]	Q _{h,sol} [kWh]	Q _{h,int} [kWh]	Q _{h,gn} [kWh]	Y _h	η _{H,gn}	a _{H,red}	Q _{h,nd} [kWh]
Siječanj	19.563	2.494	22.057	430	1.162	1.592	0,07	1,00	0,86	17.675
Veljača	15.046	1.918	16.964	651	1.049	1.700	0,10	0,99	0,81	12.379
Ožujak	11.961	1.525	13.486	1.266	1.162	2.427	0,18	0,98	0,66	7.324
Travanj	6.708	855	7.564	1.742	1.124	2.866	0,38	0,92	0,28	1.393
Svibanj	1.900	242	2.143	2.107	1.162	3.269	1,53	0,54	-1,89	-738
Lipanj	-1.407	-179	-1.586	2.200	1.124	3.324	-2,10	-0,48	4,96	0
Srpanj	-3.689	-470	-4.159	2.376	1.162	3.538	-0,85	-1,18	2,61	0
Kolovoz	-2.906	-371	-3.277	2.054	1.162	3.216	-0,98	-1,02	2,86	0
Rujan	1.082	138	1.220	1.639	1.124	2.764	2,27	0,40	-3,28	-396
Listopad	6.819	869	7.688	1.048	1.162	2.209	0,29	0,95	0,46	2.548
Studeni	12.551	1.600	14.151	503	1.124	1.628	0,12	0,99	0,78	9.809
Prosinac	17.886	2.280	20.166	316	1.162	1.478	0,07	1,00	0,86	16.102
Ukupno:										66.097

3.3.10. **Porta 1**

Projektne podaci o objektu dani su u tablici 3.49.

Tablica 3.49 Projektne podaci za objekt Porta 1

Unutarnja projektne temperatura θ_{int} [°C]	20
Minimalni broj izmjena zraka n_{mn} [h ⁻¹]	0,5
Dodatak za toplinske mostove U_{TM} [W/m ² K]	0,1
Izloženi opseg poda P [m]	39
Parametar B	3
Unutarnji toplinski dobici [W]	265
Toplinski kapacitet zgrade C_m [kJ/K]	12.112,2
Vremenska konstanta zgrade τ [h]	11,1
Parametar a_h	1,73
Udio sati grijanja zgrade $f_{H,hr}$	1

Geometrijske karakteristike dane su u tablici 3.50.

Tablica 3.50 Geometrijske karakteristike za objekt Porta 1

Opis	J.m.	Ukupno
Površina grijanog dijela zgrade (A_k)	m ²	53
Obujam grijanog dijela zgrade (V_e)	m ³	207,94
Oplošje grijanog prostora zgrade (A)	m ²	258,7
faktor oblika $f_0=A/V_e$	m ⁻¹	1,24
Ukupna ploština pročelja (A_{uk})	m ²	128,7
Ukupna ploština prozora (A_{wuk})	m ²	27,18
Učešće prozora u ploštini pročelja		21%

Karakteristike prozora dane su u tablici 3.51.

Tablica 3.51 Karakteristike prozora objekta Porta 1

Tip prozora	Orijentacija	$A_{w,p}$ [m ²]	$F_{sh,gl}$	g_{gl}	1- F_F	A_{sol} [m ²]
Prozor 1	S	13,38	1	0,72	0,7	6,74
Prozor 2	J	6	1	0,72	0,7	3,02
Prozor 3	Z	7,76	1	0,72	0,7	3,91

Koeficijenti transmisijskih gubitaka kroz pojedine elemente vanjske ovojnice dani su u tablici 3.52.

Tablica 3.52 Koeficijenti transmisivnih gubitaka kroz vanjsku ovojnicu objekta Porta 1

Vanjska ovojnica	Površina [m ²]	U [W/m ² K]	H _{tr} [W/K]
Vanjski zid	80,43	0,696	55,97
Pod prema tlu	65	0,48	31,2
Krov	65	0,58	37,7
Prozor	27,14	3,5	94,99
Vanjska vrata	13,75	3,5	48,12
Ukupno			267,99

Ukupni koeficijent transmisivnih gubitaka je 267,99 W/K.

Koeficijent ventilacijskih gubitaka u objektu je veći uslijed minimalne izmjene zrake i iznosi 35,35 W/K.

Iz tablice 3.53 može se vidjeti da je ukupna potrebna godišnja toplina za grijanje 17.079 kWh odnosno 322,44 kWh/m².

Tablica 3.53 Potrebna toplina za grijanje objekta Porta 1

Mjesec	Q _{h,tr} [kWh]	Q _{ve} [kWh]	Q _{h,ht} [kWh]	Q _{h,sol} [kWh]	Q _{h,int} [kWh]	Q _{h,gn} [kWh]	Y _h	η _{H,gn}	a _{H,red}	Q _{h,nd} [kWh]
Siječanj	3.887	513	4.400	325	197	523	0,12	0,98	1,00	3.889
Veljača	3.043	401	3.445	456	178	634	0,18	0,96	1,00	2.838
Ožujak	2.532	334	2.866	798	197	995	0,35	0,89	1,00	1.980
Travanj	1.582	209	1.791	982	191	1.173	0,66	0,76	1,00	900
Svibanj	738	97	835	1.157	197	1.354	1,62	0,48	1,00	188
Lipanj	135	18	153	1.183	191	1.373	8,98	0,11	1,00	3
Srpanj	-259	-34	-293	1.247	197	1.444	-4,92	-0,20	1,00	0
Kolovoz	-120	-16	-135	1.129	197	1.326	-9,79	-0,10	1,00	0
Rujan	579	76	655	954	191	1.145	1,75	0,45	1,00	136
Listopad	1.615	213	1.828	699	197	896	0,49	0,83	1,00	1.086
Studeni	2.624	346	2.970	374	191	564	0,19	0,95	1,00	2.432
Prosinac	3.588	473	4.062	245	197	443	0,11	0,98	1,00	3.628
Ukupno:										17.079

3.3.11. **Porta 2**

Projektne podaci o objektu dani su u tablici 3.54.

Tablica 3.54 Projektne podaci za objekt Porta 2

Unutarnja projektne temperatura θ_{int} [°C]	20
Minimalni broj izmjena zraka n_{mn} [h ⁻¹]	0,5
Dodatak za toplinske mostove U_{TM} [W/m ² K]	0,1
Izloženi opseg poda P [m]	64
Parametar B	7
Unutarnji toplinski dobici [W]	622
Toplinski kapacitet zgrade C_m [kJ/K]	37.591,2
Vremenska konstanta zgrade τ [h]	11,2
Parametar a_h	1,79
Udio sati grijanja zgrade $f_{H,hr}$	0,36

Geometrijske karakteristike zgrade dane su u tablicama 3.55.

Tablica 3.55 Geometrijske karakteristike za objekt Porta 2

Opis	J.m.	Ukupno
Neto korisna površina	m ²	177,65
Bruto korisna površina	m ²	208,84
Obujam grijanog dijela zgrade (V_e)	m ²	584,68
Oplošje grijanog prostora zgrade (A)	m ²	620,56
faktor oblika $f_0=A/V_e$	m ⁻¹	1,06
Ukupna ploština pročelja (A_{uk})	m ²	179,76
Ukupna ploština prozora (A_{wuk})	m ²	92,54
Učešće prozora u ploštini pročelja		51%

Karakteristike prozora dane su u tablici 3.56.

Tablica 3.56 Karakteristike prozora objekta Porta 2

Tip prozora	Orijentacija	$A_{w,p}$ [m ²]	$F_{sh,gl}$	g_{gl}	1- F_F	A_{sol} [m ²]
Prozor 1	S	10,36	1	0,72	0,7	5,22
Prozor 2	I	28,28	1	0,72	0,7	14,25
Prozor 3	Z	21,91	1	0,72	0,7	11,04

Koeficijenti transmisijskih gubitaka kroz pojedine elemente vanjske ovojnice dani su u tablici 3.57.

Tablica 3.57 Koeficijenti transmisijskih gubitaka kroz vanjsku ovojnica objekta Porta 2

Vanjska ovojnica	Površina [m ²]	U [W/m ² K]	H _{tr} [W/K]
Vanjski zid	85,46	2	170,92
Pod prema tlu	220,4	0,72	158,688
Krov	220,4	0,506	111,52
Prozor	92,54	3,50	323,89
Vanjska vrata	3,88	3,5	13,58
Ukupno			778,6

Ukupni koeficijent transmisijskih gubitaka je 778,6 W/K.

Koeficijent ventilacijskih gubitaka u objektu je veći uslijed minimalne izmjene zrake i iznosi 99,4 W/K.

Iz tablice 3.58 može se vidjeti da je ukupna potrebna godišnja toplina za grijanje 27.283 kWh odnosno 153,58 kWh/m².

Tablica 3.58 Potrebna toplina za grijanje objekta Porta 2

Mjesec	Q _{h,tr} [kWh]	Q _{ve} [kWh]	Q _{h,ht} [kWh]	Q _{h,sol} [kWh J]	Q _{h,int} [kWh J]	Q _{h,gn} [kWh]	γ _h	η _{H,gn}	a _{H,red}	Q _{h,nd} [kWh]
Siječanj	11.294	1.442	12.736	625	463	1.088	0,09	0,99	0,79	9.239
Veljača	8.842	1.129	9.970	939	418	1.356	0,14	0,98	0,67	5.786
Ožujak	7.356	939	8.295	1.809	463	2.271	0,27	0,93	0,33	2.067
Travanj	4.597	587	5.184	2.478	448	2.925	0,56	0,80	-0,37	-1.055
Svibanj	2.143	274	2.417	3.010	463	3.473	1,44	0,52	-2,50	-1.504
Lipanj	392	50	443	3.141	448	3.589	8,11	0,12	-18,73	-171
Srpanj	-753	-96	-849	3.369	463	3.831	-4,51	-0,22	11,98	0
Kolovoz	-348	-44	-392	2.913	463	3.376	-8,61	-0,12	21,95	0
Rujan	1.682	215	1.896	2.305	448	2.753	1,45	0,52	-2,53	-1.184
Listopad	4.691	599	5.290	1.486	463	1.949	0,37	0,89	0,10	370
Studeni	7.624	973	8.597	727	448	1.175	0,14	0,98	0,67	4.974
Prosinac	10.425	1.331	11.756	464	463	927	0,08	0,99	0,81	8.760
Ukupno:										27.283

3.3.12. **Praonica i kemijska čistionica**

Projektne podaci o objektu dani su u tablici 3.59.

Tablica 3.59 Projektne podaci za objekt Praonica i kemijska čistionica

Unutarnja projektne temperatura θ_{int} [°C]	18
Minimalni broj izmjena zraka n_{mn} [h ⁻¹]	0,8
Dodatak za toplinske mostove U_{TM} [W/m ² K]	0,1
Izloženi opseg poda P_1 [m]	33
Parametar B_1	8
Izloženi opseg poda P_2 [m]	95
Parametar B_2	6
Unutarnji toplinski dobici [W]	2.844
Toplinski kapacitet zgrade C_m [kJ/K]	152.691
Vremenska konstanta zgrade τ [h]	30,7
Parametar a_h	3,04
Udio sati grijanja zgrade $f_{H,hr}$	0,24

Geometrijske karakteristike dane su u tablici 3.60.

Tablica 3.60 Geometrijske karakteristike za objekt Praonica i kemijska čistionica

Opis	J.m.	Ukupno
Površina grijanog dijela zgrade (A_k)	m ²	406,25
Obujam grijanog dijela zgrade (V_e)	m ³	1.985
Oplošje grijanog prostora zgrade (A)	m ²	1310
faktor oblika $f_0=A/V_e$	m ⁻¹	0,66
Ukupna ploština pročelja (A_{uk})	m ²	416
Ukupna ploština prozora (A_{wuk})	m ²	90,69
Učešće prozora u ploštini pročelja		22%

Karakteristike prozora dane su u tablici 3.61.

Tablica 3.61 Karakteristike prozora objekta Praonica i kemijska čistionica

Tip prozora	Orijentacija	$A_{w,p}$ [m ²]	$F_{sh,gl}$	g_{gl}	1- F_F	A_{sol} [m ²]
Prozor 1	S	32,24	1	0,72	0,7	16,25
Prozor 2	J	26,6	1	0,72	0,7	13,41
Prozor 3	I	15,3	1	0,72	0,7	7,71
Prozor 4	Z	3,484	1	0,72	0,7	1,76

Koeficijenti transmisijskih gubitaka kroz pojedine elemente vanjske ovojnice dani su u tablici 3.62.

Tablica 3.62 Koeficijenti transmisijskih gubitaka kroz vanjsku ovojnicu objekta Praonica i kemijska čistionica

Vanjska ovojnica	Površina [m ²]	U [W/m ² K]	H _{tr} [W/K]
Vanjski zid 1	103,4	0,861	89,02
Vanjski zid 2	42,4	0,862	36,54
Vanjski zid 3	35,2	0,492	17,31
Vanjski zid 4	41,95	0,449	18,83
Pod prema tlu 1	131,8	0,36	47,44
Pod prema tlu 2	279,8	0,39	109,12
Krov 1	318,05	0,647	205,77
Krov 2	141,12	0,47	66,32
Prozor	77,724	3,00	233,17
Vanjska vrata	6	3	18
Ukupno			841,58

Ukupni koeficijent transmisijskih gubitaka je 841,58 W/K. Koeficijent ventilacijskih gubitaka u objektu je veći uslijed minimalne izmjene zrake i iznosi 539,2 W/K.

Iz tablice 3.63 može se vidjeti da je ukupna potrebna godišnja toplina za grijanje 44.170 kWh odnosno 108,73 kWh/m².

Tablica 3.63 Potrebna toplina za grijanje objekta Praonica i kemijska čistionica

Mjesec	Q _{h,tr} [kWh]	Q _{ve} [kWh]	Q _{h,ht} [kWh]	Q _{h,sol} [kWh]	Q _{h,int} [kWh]	Q _{h,gn} [kWh]	Y _h	η _{H,gn}	a _{H,red}	Q _{h,nd} [kWh]
Siječanj	10.956	7.029	17.984	969	2.115	3.084	0,17	0,99	1,00	14.912
Veljača	8.426	5.406	13.832	1.335	1.911	3.246	0,23	0,99	0,74	7.834
Ožujak	6.699	4.298	10.996	2.277	2.115	4.393	0,40	0,96	0,55	3.749
Travanj	3.757	2.410	6.167	2.689	2.048	4.736	0,77	0,84	0,14	310
Svibanj	1.064	683	1.747	3.092	2.115	5.207	2,98	0,32	-2,33	-98
Lipanj	-788	-505	-1.293	3.128	2.048	5.176	-4,00	-0,25	5,47	0
Srpanj	-2.066	-1.325	-3.391	3.318	2.115	5.433	-1,60	-0,62	2,79	0
Kolovoz	-1.628	-1.044	-2.672	3.074	2.115	5.189	-1,94	-0,51	3,17	0
Rujan	606	389	995	2.721	2.048	4.768	4,79	0,20	-4,35	-29
Listopad	3.819	2.450	6.269	2.069	2.115	4.185	0,67	0,87	0,25	659
Studeni	7.029	4.509	11.538	1.113	2.048	3.161	0,27	0,98	0,69	5.846
Prosinac	10.017	6.426	16.443	725	2.115	2.840	0,17	0,99	0,81	10.987
Ukupno:										44.170

3.4. Rekapitulacija objekata

Potrebna toplina za grijanje za 14 objekata Policijske akademije dana je u tablici 3.64. iznosi 4.818.931 kWh.

Tablica 3.64 Potrebna toplina za grijanje po objektima Policijske akademije

Naziv objekta	$Q_{H,nd}$ [kWh]	A_k [m ²]	$Q_{H,nd}$ [kWh/(m ² a)]
Paviljon 1	755.572	4.732	159,67
Paviljon 2	755.572	4.732	159,67
Paviljon 3	755.572	4.732	159,67
Paviljon 4	405.711	4.540	89,36
Srednja policijska škola	903.927	5.177	174,6
Visoka policijska škola	480.322	3.020	159,04
Sportska dvorana	252.340	1.096	230,23
Restoran i kuhinja	245.924	1.801	111,53
Načelnništvo	83.487	470	177,63
Crkva	25.876	215,9	119,79
Praonica rublja i kemijska čistionica	44.170	406	108,79
Skladište	66.097	312,31	211,84
Porta 1	17.079	53	322,23
Porta 2	27.283	177,65	153,27
Ukupno	4.818.931		

3.5. Energetski razred objekta

Prema *Pravilniku o energetskom certificiranju zgrada* (NN 36/10) energetski razred zgrade je indikator energetskih svojstava zgrade; a izražen je preko godišnje potrebne toplinske energije za grijanje za referentne klimatske podatke svedene na jedinicu ploštine korisne ploštine zgrade (Tablica 3.65).

Tablica 3.65 Energetski razredi zgrada

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

Proračunom prema referentnim klimatskim podacima, dobiveni rezultati svrstavaju zgrade u energetske razrede od D do G osim Paviljona 4 što znači da je velika većina zgrada energetski rastrošna.

Tablica 3.66 Energetski razredi zgrada Policijske akademije

Naziv objekta	$Q_{H,nd,ref}$ [kWh]	A_k [m ²]	$Q_{H,nd,ref}$ [kWh/(m ² a)]	Energetski razred
Paviljon 1	757.934	4.732	160,17	E
Paviljon 2	757.934	4.732	160,17	E
Paviljon 3	757.934	4.732	160,17	E
Paviljon 4	409.735	4.540	90,25	C
Srednja policijska škola	907.079	5.177	175,21	E
Visoka policijska škola	476.443	3.020	157,76	E
Sportska dvorana	247.376	1.096	225,71	F
Restoran i kuhinja	246.699	1.801	111,88	D
Načelnništvo	83.607	470	177,89	F
Crkva	25.538	215,9	118,23	D
Praonica rublja i kemijska čistionica	43.798	406	107,88	D
Skladište	65.559	312,31	210,12	F
Porta 1	17.136	53	323,32	G
Porta 2	26.525	177,65	149,02	D
Ukupno	4.823.296			

4. ANALIZA POTROŠNJE ENERGIJE I VODE

4.1. Analiza potrošnje električne energije

4.1.1. Analiza računa

Na temelju prikupljenih računa za 2007., 2008. i 2009. godinu napravljena je analiza potrošnje električne energije. Policijska akademija je na tarifnom modelu Srednji napon bijeli 10 kV. Struktura cijene električne energije za period od 2007. do 2009. prikazana je u tablici 4.1.

Tablica 4.1 Struktura cijena za tarifni model srednji napon bijeli

Tarifni element	2007.	2008.		2009.	
	I - XII	I - VI	VIII - XII	I - IX	IX-XII ²
Radna energija VT [kn/kWh]	0,38	0,38	0,45	0,45	0,51
Radna energija NT [kn/kWh]	0,18	0,18	0,23	0,23	0,26
Angažirana snaga [kn/kW]	63,6	63,6	58,39	58,39	64,83
Prekomjerno preuzeta jalova energija [kn/kVArh]	0,14	0,14	0,15	0,15	0,15
Naknada za mjernu i opskrbnu uslugu [kn/mj]	106	106	106	106	106
Naknada za obnovljive izvore [kn/kWh]	0,0089	0,0089	0,0089	0,0089	0,0089

Od 9. mjeseca 2009. Policijska akademija plaća energiju uravnoteženja. Prema izmjenama i dopunama *Zakona o tržištu električne energije* svi kupci kategorije poduzetništvo postali su obvezni izabrati opskrbljivača ili u suprotnom plaćati električnu energiju prema cijeni energije uravnoteženja koja je za oko 20% veća.

Zbog boljeg razumijevanja obračuna električne energije u tablici 4.2 navedena su dnevna tarifna razdoblja za pojedine tarifne stavke.

Tablica 4.2 Dnevna tarifna razdoblja za pojedine tarifne stavke

Tarifna stavka	Zimsko računanje vremena	Ljetno računanje vremena
VT	07 do 21 sat	08 do 22 sata
NT	21 do 07 sati	22 do 08 sati

U 2007. godini ukupna potrošnja električne energije iznosila je 1.269.341 kWh (tablica 4.3), s najvećim potrošnjom u prosincu koja je iznosila 131.563 kWh. Najveća angažirana snaga ostvarena je u svibnju i iznosila je 519 kW. Ukupna preuzeta jalova energija iznosila je 67001 kVArh. Troškovi za električnu energiju u 2007. godini su iznosili 752.414,94 kuna.

² Cijene tarifnih elemenata za energiju uravnoteženja

Tablica 4.3 Troškovi električne energije za 2007. godinu

Mjesec	VT [kWh]	NT [kWh]	Ukupno VT+NT [kWh]	Angažirana snaga [kW]	Prekomjerno preuzeta jalova energija [kVArh]	Sveukupan iznos računa [kn]
1	70.927	35.428	106.355	298	9.118	65.470,84
2	66.146	31.726	97.872	298	5.828	61.879,47
3	73.670	37.207	110.877	298	6.439	66.675,59
4	65.093	36.107	101.200	298	6.254	51.455,24
5	71.598	38.350	109.948	519	5.616	66.823,41
6	61.871	34.271	96.142	383	5.982	54.071,49
7	57.480	34.282	91.762	252	4.831	46.222,07
8	50.224	31.133	81.357	339	3.456	46.661,58
9	55.698	30.388	86.086	334	0	48.055,98
10	85.981	40.236	126.217	355	6.912	78.922,13
11	89.632	40.330	129.962	357	7.397	80.914,06
12	89.378	42.185	131.563	414	5.168	85.263,08
Ukupno:	837.698	431.643	1.269.341		67.001	75.2414,94

U 2008. godini ukupna potrošnja električne energije iznosila je 1.510.838 kWh (tablica 4.4 Tablica 4.4) što je za 15% veća potrošnja u odnosu na 2007. godinu, s najvećim potrošnjom u prosincu koja je iznosila 161.235 kWh. Najveća angažirana snaga ostvarena je u prosincu i iznosila je 673 kW. Ukupna preuzeta jalova energija iznosila je 64.130 kVArh . Troškovi za električnu energiju u 2008. godini su iznosili 1.005.489,21 kuna.

Tablica 4.4 Troškovi električne energije za 2008. godinu

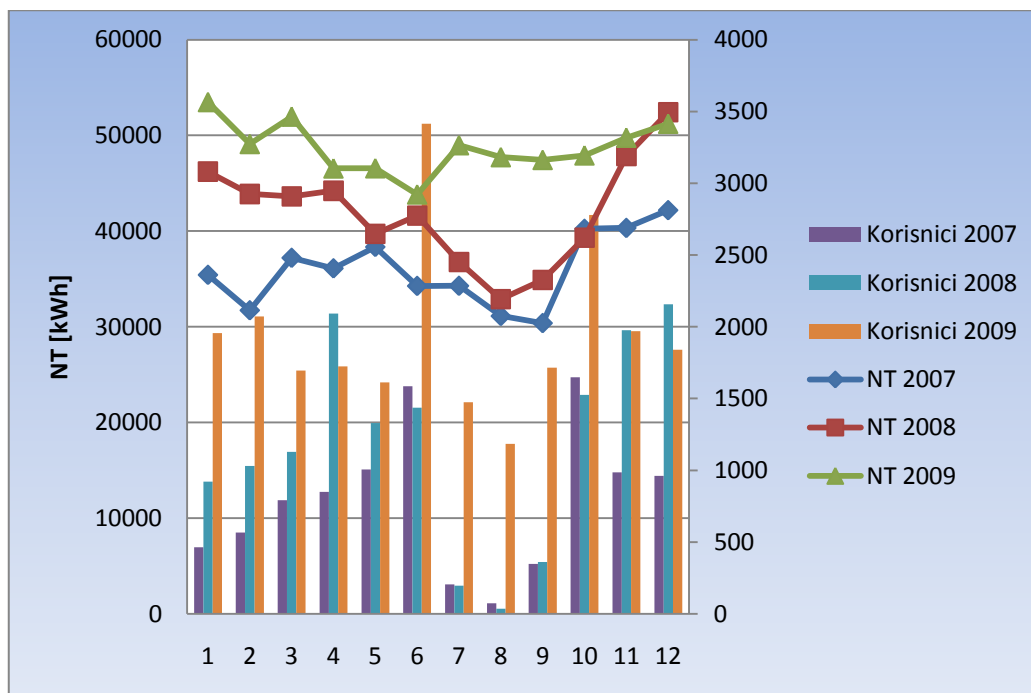
Mjesec	VT [kWh]	NT [kWh]	Ukupno VT+NT [kWh]	Angažirana snaga [kW]	Prekomjerno preuzeta jalova energija [kn/kVArh]	Sveukupan iznos računa [kn]
1	102.565	46.212	148.777	506	9.776	100.373,33
2	90.289	43.879	134.168	427	11.093	88.106,40
3	87.073	43.614	130.687	470	9.603	89.601,42
4	85.616	44.210	129.826	385	7.275	67.884,64
5	77.075	39.700	116.775	340	5.108	60.517,70
6	83.398	41.606	125.004	534	5.903	73.850,04
7	64.374	36.770	101.144	345	3.842	72.165,96
8	54.982	32.887	87.869	255	4.155	59.422,10
9	69.895	34.888	104.783	313	0	71.725,79
10	76.570	39.302	115.872	318	0	77.105,51
11	106.849	47.849	154.698	350	0	119.117,31
12	108.812	52.423	161.235	673	7.375	125.619,01
Ukupno:	1.007.498	503.340	1.510.838		64.130	1.005.489,21

U 2009. godini ukupna potrošnja električne energije iznosila je 1.735.652 kWh (tablica 4.5) što je za 13% veća potrošnja u odnosu na 2008. godinu, s najvećim potrošnjom u siječnju koja je iznosila 161.334 kWh. Najveća angažirana snaga ostvarena je u siječnju i iznosila je 610 kW. Ukupna preuzeta jalova energija iznosila je 22.777 kVARh . Troškovi za električnu energiju u 2008. godini su iznosili 1.243.497,11 kuna.

Tablica 4.5 Troškovi električne energije za 2009. godinu

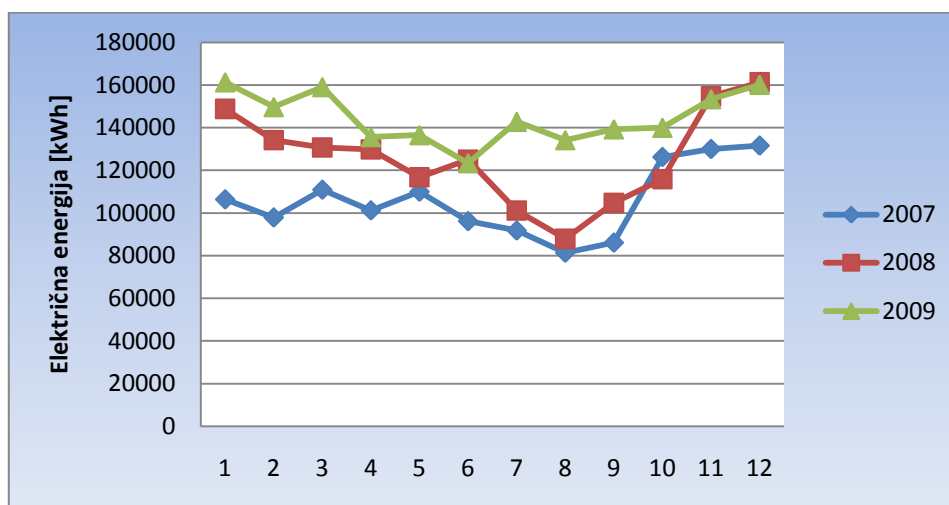
Mjesec	VT [kWh]	NT [kWh]	Ukupno VT+NT [kWh]	Angažirana snaga [kW]	Prekomjerno preuzeta jalova energija [kn/kVARh]	Sveukupan iznos računa [kn]
1	107.856	53.478	161.334	610	4.100	120.304,09
2	100.628	49.105	149.733	545	4.522	110.429,79
3	107.120	51.961	159.081	487	1.936	110.291,88
4	89.107	46.554	135.661	470	0	97.065,95
5	89.988	46.571	136.559	382	0	91.295,39
6	79.576	43.841	123.417	389	0	85.169,12
7	93.812	48.978	142.790	310	1.118	89.213,44
8	86.476	47.731	134.207	338	0	87.242,17
9	91.860	47.443	139.303	416	823	107.775,44
10	92.102	47.915	140.017	360	1.687	103.779,92
11	103.638	49.762	153.400	438	3.611	118.328,40
12	108.934	51.216	160.150	440	4.980	122.601,52
Ukupno:	1.151.097	584.555	1.735.652		22.777	1.243.497,11

Prosječna mjesečna potrošnja električne energije iznosi 125.440 kWh, što na godišnjoj razini iznosi 1.505.277 kWh. Od toga iznosa 66% ili 998.764 kWh godišnje otpada na višu tarifu i 34% ili 506.513 kWh godišnje na nižu tarifu. Razlog tolike potrošnje u nižoj tarifi je boravak korisnika na objektima. To se može vidjeti iz dijagrama 4.1 gdje s povećanjem broja korisnika kroz godine raste i potrošnja električne energije u nižoj tarifi. Prosječni godišnji troškovi za električnu energiju iznose 1.110.138,18 kn/god.



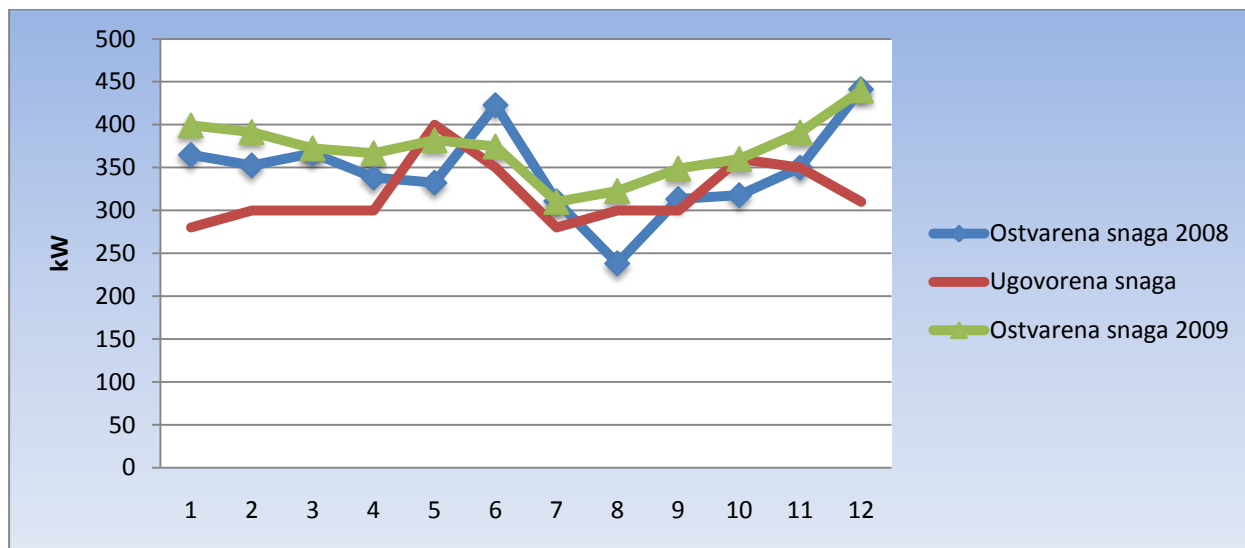
Dijagram 4.1 Usporedba potrošnje električne energije u nižoj tarifi s brojem korisnika za tri godine

U dijagramu 4.2 prikazana je ukupna potrošnja električne energije po mjesecima za razdoblje od 2007. do 2009. godine. Potrošnja električne energije kroz godinu je neujednačena s najvećom potrošnjom u zimskim mjesecima kada radi sustav grijanja te su veće potrebe za rasvjetom. Ako usporedimo potrošnju električne energije u promatranom razdoblju, može se uočiti da je potrošnja energije rasla. To nužno ne mora značiti nešto loše pogotovo ako se to odnosi na puno bolje iskorištenje potencijalnih kapaciteta Akademije. Iz dijagrama 4.2 također se može uočiti da je značajno porasla potrošnja u ljetnim mjesecima. Razlog tome je ugradnja novih klima uređaja.



Dijagram 4.2 Usporedba potrošnje električne energije za tri godine

Prilikom usporedbe angažirane snage uočeno je da Policijska akademija ima premalu ugovorenu snagu. To se može vidjeti u dijagramu 4.3 gdje je uspoređena ostvarena snaga za 2008. i 2009. godinu sa ugovorenom snagom koja je u tom periodu bila ista. Posebno se to ističe u 2009. godini gdje je skoro u svakom mjesecu pređena ugovorena snaga.



Dijagram 4.3 Usporedba ostvarene i ugovorene snage za 2008. i 2009. godinu

Policijska akademija je za period od 2007. do 2009. godine za prekomjerno angažiranu snagu dodatno platila 246.123,18 kuna i od toga samo u 2009. godini 122.170,725 kuna. Također je od 9. mjeseca 2009 do 2. mjeseca 2010. plaćala energiju uravnoteženja i time još dodatno platila oko 79.000 kuna više za električnu energiju.

Od 3 mjeseca 2010. prešli su na tarifni model niski napon crveni poduzetništvo.

4.1.2. **Modeliranje potrošnje električne energije**

Potrošači električne energije na Policijskoj akademiji, svrstavaju se u 8 kategorija:

- grijanje i PTV,
- ventilacija,
- hlađenje,
- rasvjeta ,
- uredska oprema,
- kuhinjska oprema,
- oprema za praonice,
- ostali potrošači.

Ako se uzme u obzir prosječna godišnja potrošnja električne energije od 1.505.277 kWh, instalirana snaga po pojedinim potrošačima (vršno opterećenje nije bilo moguće dobiti zbog nedostatka opreme) i procijenjeni sati rada prema broju korisnika, namjeni objekta i dnevnim satima okupiranosti, procijenjene su vrijednosti potrošnje električne energije po pojedinim potrošačima.

Sustav grijanja i pripreme potrošne tople vode uključuje potrošače kao što su pumpe, električni bojleri, električne grijalice i ventilokonvektori ukupne instalirane snage 162,03 kW. U tablici 4.6 prikazani su prosječni sati rada i potrošnja po pojedinim potrošačima. Sustav grijanja i PTV-a godišnje prosječno potroši 193.707 kWh.

Tablica 4.6 Potrošači električne energije za sustav grijanja i PTV-a

Potrošači	Ukupna instalirana snaga [kW]	Prosječni godišnji sati rada [h]	Potrošnja [kWh]
Pumpe	53,68	1000-4000	133.230
Električne grijalice	55,05	100-1000	15.882
Ventilokonvektori	17,3	1500	26.595
Električni bojleri	36	500	18.000
Ukupno:	162,03		193.707

Za potrošače sustava ventilacije uzeti su motori ventilatora za centralnu pripremu zraka, i odsisni ventilatori koji se koriste u kupaonici i u praonici rublja ukupne instalirane snage 55,41 kW. U tablici 4.7 se može vidjeti da je ukupna potrošnja sustava ventilacije 174.675 kWh.

Tablica 4.7 Potrošači električne energije za sustav ventilacije

Potrošači	Ukupna instalirana snaga [kW]	Prosječni godišnji sati rada [h]	Potrošnja [kWh]
Ventilatori centralne pripreme zraka	50,71	1000-4000	147.570
Odsisni ventilatori kupaonica	1,41	500	705
Odsisni ventilator praonice	3,3	8000	26.400
Ukupno:	55,41		174.675

Potrošače sustava hlađenja čine split uređaji, rashladni agregati i VRF sustav ukupne instalirane snage 275,56 kW. U tablici 4.8 se može vidjeti da je ukupna potrošnja sustava hlađenja 110.624 kWh.

Tablica 4.8 Potrošači električne energije za sustav hlađenja

Potrošači	Ukupna instalirana snaga [kW]	Prosječni godišnji sati rada [h]	Potrošnja [kWh]
Split uređaji	137,56	400	55.024
Rashladnik vode	107	400	42.800
VRF sustav	32	400	6.400
Ukupno:	275,56		110.624

Potrošače sustava rasvjete čine žarulje sa žarnim nitima, fluorescentne cijevi i fluokompaktne žarulje ukupne instalirane snage 412,29 kW. U tablici 4.9 se može vidjeti da je ukupna potrošnja sustava rasvjete 437.413 kWh.

Tablica 4.9 Potrošači električne energije za sustav rasvjete

Potrošači	Ukupna instalirana snaga [kW]	Prosječni godišnji sati rada [h]	Potrošnja [kWh]
Žarulje sa žarnom niti	126,67	300-1500	173.646
Fluorescentne cijevi	201,94	300-2000	217.445
Fluokompaktne žarulje	83,59	200-1500	46.321
Ukupno:	412,29		437.413

Potrošače uredske opreme čine računala, kopirke i ostala uredska oprema kao što su skeneri, rezači papira itd. ukupne instalirane snage 215,47 kW. U tablici 4.10 se može vidjeti da je ukupna potrošnja uredske opreme 198.955 kWh.

Tablica 4.10 Potrošači električne energije uredske opreme

Potrošači	Ukupna instalirana snaga [kW]	Prosječni godišnji sati rada [h]	Potrošnja [kWh]
Računala	189,32	200-1000	189.075
Kopirke	24,35	400	9.740
Ostalo	1,8	100	180
Ukupno:	215,47		198.955

Potrošače kuhinjske opreme čine hladnjak, škrinja, rashladna komora, perilica suđa i ostali manji potrošači kao kuhalo vode, mikser itd. ukupne instalirane snage 368,6 kW. U tablici 4.11 se može vidjeti da je ukupna potrošnja kuhinjske opreme 180.477 kWh.

Tablica 4.11 Potrošači električne energije kuhinjske opreme

Potrošači	Ukupna instalirana snaga [kW]	Prosječni godišnji sati rada [h]	Potrošnja [kWh]
Hladnjaci	8,94	150-500	2.244
Škrinje	5,1	500	2.550
Rashladna komora	8,5	1000	8.500
Pećnice	158,5	600-700	109.650
Perilice suđa	17,5	300	5.250
Friteze	80	300	24.000
Ostala kuhinjska oprema	90,06	50-1000	28.283
Ukupno:	368,6		180.477

Potrošače opreme praonice čine pegle, perilice rublja i sušilice ukupne instalirane snage 227,32 kW. Za parne perilice rublja uzeta je prosječna potrošnja od 1 kWh/ciklusu, za električnu perilicu je uzeto 5 kWh/ciklusu i za sušilice je uzeto 5 kWh/ciklusu. U tablici 4.12 se može vidjeti da je ukupna potrošnja opreme praonice 184.560 kWh.

Tablica 4.12 Potrošači električne energije opreme praonice

Potrošači	Ukupna instalirana snaga [kW]	Prosječni godišnji sati rada [h]	Potrošnja [kWh]
Perilice rublja	31,02		129.600
Sušilice	30		21.600
Pegle	166,8	200	33.360
Ukupno:	227,32		184.560

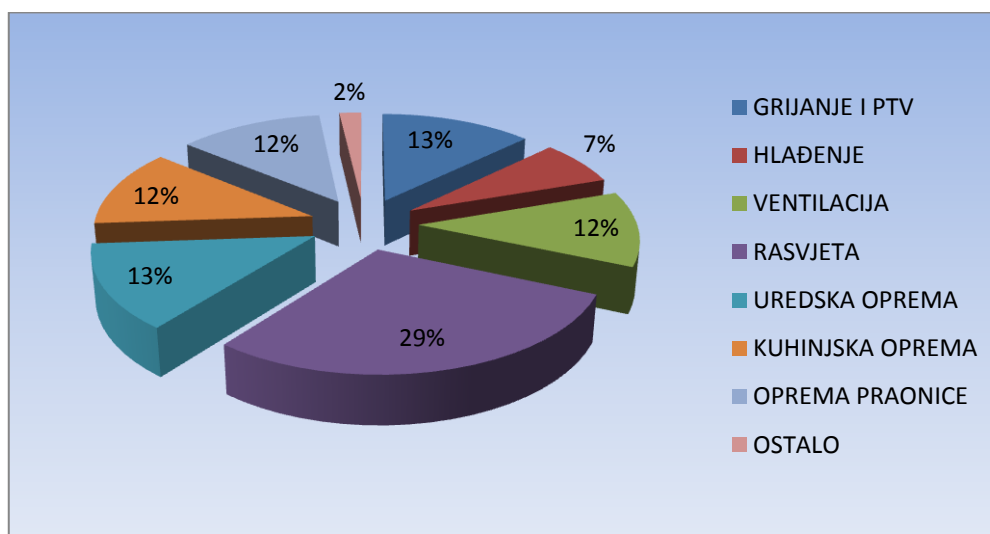
Ostale potrošače električne energije čine grafoskopi, projektori, aparati za kavu i vodu, punjači za mobitel, televizori itd. ukupne potrošnje 24.782 kWh.

U tablici 4.13 prikazana je sumarna prosječna godišnja potrošnja po pojedinim potrošačima.

Tablica 4.13 Procijenjena prosječna potrošnja električne energije po pojedinim potrošačima

	Prosječna potrošnja električne energije [kWh]
Grijanje i PTV	193.707
Hlađenje	110.624
Ventilacija	174.675
Rasvjeta	437.413
Uredska oprema	198.955
Kuhinjska oprema	180.477
Oprema praonice	184.560
Ostalo	24.827
Ukupno	1.505.277

U dijagramu 4.4 prikazani je udio pojedinih potrošača u potrošnji električne energije.



Dijagram 4.4 Udio pojedinih potrošača u potrošnji električne energije

Kao što se može vidjeti iz dijagrama 4.4 najveći potrošač električne energije na Policijskoj akademiji je rasvjeta s udjelom od 29%. Nakon toga slijede sustav grijanja i PTV te uredska oprema s 13%, kuhinjska oprema, sustav ventilacije i oprema praonice 12%, hlađenje 7% i na ostale potrošače otpada 2%.

4.2. Analiza potrošnje prirodnog plina

4.2.1. Analiza računa

Analiza računa za plin napravljena je na temelju dobivenih računa u razdoblju od 2007. do 2009. godine. Distributer plina je Gradska plinara Zagreb i struktura cijena plina za tarifni model gospodarstvo prikazana je u tablici 4.14.

Tablica 4.14 Struktura cijena plina za Gradsku plinaru Zagreb

Tarifni element	2007.	2008.		2009.	
	I - XII	I - VI	VIII- XII	I - VIII	IX-XII**
Potrošnja plina [kn/Sm ³]*	1,5923	1,5923	1,75	2,04	2,006
Naknada za infrastrukturu [kn/Sm ³]	0,1935	0,1935	-		

* Prema Odluci o visini tarifnih stavki u tarifnom sustavu za opskrbu prirodnim plinom (NN 103/09) oznaka standardni metar kubni (Sm³) koristi se za obujam plina od 1m³ pri standardnom stanju u kojemu je apsolutni tlak plina 101325 Pa i temperatura plina 288,15 K.

**Od 9. mjeseca 2009. uz osnovnu cijenu plina naplaćuje se dodatak za ogrjevnu vrijednost plina.

Ukupna potrošnja prirodnog plina za 2007., 2008. i 2009. godinu prikazana je u tablici 4.15.

Tablica 4.15 Ukupna potrošnja prirodnog plina u 2007., 2008. i 2009. godini

Mjesec	2007		2008		2009	
	m ³	kn	m ³	kn	m ³	kn
1	140.302	299.699,92	186.899	399.237,29	223.273	555.681,84
2	119.253	254.737,07	176.169	376.312,73	171.386	426.572,29
3	122.408	261.476,46	147.963	316.064,64	150.351	374.193,56
4	68.377	146.060,35	108.628	232.040,96	73.342	182.533,57
5	24.554	52.450,31	46.440	99.200,99	44.750	111.373,80
6	24.285	51.875,77	26.893	57.446,54	24.902	61.976,10
7	18.861	40.289,51	15.075	32.202,03	26.813	66.732,19
8	17.823	38.072,24	10.545	22.513,93	26.238	65.301,14
9	20.904	44.651,45	37.706	80.502,66	27.324	69.024,72
10	114.810	245.246,36	99.201	211.792,37	103.132	258.095,85
11	147.622	315.336,30	138.296	295.261,93	135.191	338.052,85
12	184.697	394.532,38	188.463	402.368,50	178.647	447.907,01
Ukupno:	1.003.896	2.144.428,10	1.182.277	2.524.944,60	1.185.349	2.957.444,90

Kao što se može vidjeti iz tablice 4.15, potrošnja plina je rasla kroz godine. Prosječna godišnja potrošnja prirodnog plina je 1.127.245 m³ odnosno 4.069.354 kuna (ako se uzme sadašnja cijena 3,624. kn/Sm³).

4.2.2. Modeliranje potrošnje prirodnog plina

Prosječna potrošnja prirodnog plina na Policijskoj akademiji je 1.127.245 m³. Prirodni plin se koristi za:

- grijanje,
- pripremu potrošne tople vode,
- kuhanje,
- proizvodnju pare u praonici.

Policijska akademija dobiva račune za 7 brojila prirodnog plina. Iz razgovora s djelatnicima akademije poznata su mjerna mjesta brojila. Dva brojila se nalaze na objektu Dresuru pasa PA, dok su ostali raspoređeni na objektima kao što je prikazano u tablici 4.16.

Tablica 4.16 Raspodjela brojila po objektima Policijske akademije

Broj brojila	12772800	25385683	25385650 i 25007377	65108	25387196	10501744
Mjerno mjesto	Kuhinja	Kantina 92	Dresura pasa PA	Praonica	Dresura pasa gradska	Redukcijska stanica (kotlovnica)

Prosječna potrošnja prirodnog plina po mjernim mjestima prikazan je u tablici 4.17.

Tablica 4.17 Prosječna potrošnja prirodnog plina po mjernim mjestima

Mjerno mjesto	Prosječna potrošnja plina [m ³]	Namjena
Kuhinja	3.032	kuhanje
Kantina 92	3.871	grijanje
Dresura pasa PA 1	14.999	grijanje i PTV
Dresura pasa PA 2	2.260	kuhanje
Praonica	27.594	proizvodnja pare za perilice
Dresura pasa gradska	5.728	grijanje
Kotlovnica	1.069.761	grijanje, PTV i proizvodnja pare za kuhanje

Kao što se može vidjeti iz tablice 4.17 pojedina mjerna mjesta koriste prirodni plin za više namjena. Da bi se dobio udio potrošnje plina po pojedinim potrošačima i s time toplinska energija, potrebno je bilo prosječnu potrošnju plina razdvojiti za mjerna mjesta dresura pasa PA 1 i kotlovnica

Za mjerno mjesto na objektu Dresura pasa PA uzeta je prosječna potrošnja plina u ljetnim mjesecima kada se plin koristi za zagrijavanje potrošne tople vode i ona iznosi 363 m³/mjesecu što na godišnjoj razini iznosi 4.358 m³ što znači da je ukupna prosječna godišnja potrošnja za grijanje 10.641 m³.

Za kotlovnicu je to malo kompliciranije odrediti jer se prirodni plin koristi za grijanje, PTV i proizvodnju pare za kuhanje. U poglavlju analiza potrošnje vode prikazano je da objekti koji dobivaju toplu vodu iz kotlovnice ukupno potroše 36.669 m³ vode godišnje. Korištenjem sljedeće jednadžbe:

$$Q_{PTV} = V_{PTV} \cdot 1.163 \cdot (T_{TV} - T_{HV}) \quad [\text{kWh}] \quad (4-1)$$

gdje je za temperaturu T_{TV} uzeto 60°C, a za T_{HV} 14°C, dobiva se potrebna toplina za zagrijavanje PTV-a koja iznosi 1.961.718 kWh/god. Da bi se dobila količina utrošenog prirodnog plina koristi se jednadžba:

$$B = \frac{Q_{PTV}}{\eta_K \cdot H_d} \quad [\text{m}^3] \quad (4-2)$$

gdje je

Q_{PTV} – potrebna toplina za zagrijavanje PTV-a [kWh]

B – količina goriva [m³]

η_K – stupanj djelovanja kotla (0,8)

H_d – donja ogrjevna moć plina (H_d=33.338,35 kJ/m³ ili 9,2 kWh/m³)

Godišnje se prosječno potroši za zagrijavanje PTV-a 170.584 m³ plina odnosno 14.215 m³ mjesečno. S obzirom da se u ljetnim mjesecima prirodni plin u kotlovnici koristi za zagrijavanje PTV-a i proizvodnju pare za kuhanje, uzeta je prosječna potrošnja plina od 18.634 m³ i dobiveno da se za proizvodnju pare za kuhanje potroši 4.419 m³ mjesečno odnosno 53.022 m³ godišnje prirodnog plina. Ukupna potrošnja plina za grijanje iznosi 846.154 m³.

Bilanca potrošnje prirodnog plina prikazana je u tablici 4.18. Ukupna isporučena toplinska energija iznosi 10.370.645 kWh/god i ona ne predstavlja isporučenu toplinu potrošačima jer se u obzir još treba uzeti stupanj djelovanja kotla i gubici u razvodu.

Tablica 4.18 Bilanca potrošnje prirodnog plina

	Potrošnja [m ³ /god]	Potrošnja [kWh/god]
Grijanje	866.394	7.970.825
PTV	174.942	1.609.466
Kuhanje	58.314	536.489
Praonica	27.594	253.865
Ukupno:	1.127.245	10.370.645

Policijska akademija dio svoje proizvedene topline u kotlovnici isporučuje susjednim stambenim zgradama i objektu Paviljon 5 koji je u vlasništvu Carinske uprave. Iz tog razloga potrebno je odrediti koliko se točno prirodnog plina utroši na grijanje objekata Policijske akademije. Pošto je

ukupna prosječna potrošnja prirodnog plina u kotlovnici za grijanje 846.154 m³. Potrebna toplina za grijanje izračunata je prema izrazu:

$$Q_{gr} = \eta_K \cdot H_d \cdot B \text{ [m}^3\text{]} \quad (4-3)$$

gdje je

Q_{gr} – potrebna toplina za grijanje [kWh]

B – količina goriva [m³]

η_K – stupanj djelovanja kotla (0,8)

H_d – donja ogrjevna moć plina ($H_d=33.338,35$ kJ/m³ ili 9,2 kWh/m³)

i ona iznosi 6.227.693 kWh. Pošto nisu poznati svi podaci o objektima, za jedini indikator potrošnje toplinske energije po objektima može se uzeti kvadratura iako to nije najbolja solucija. Ukupna površina grijanih objekata iznosi 35.347,77 m² pa će se za specifičnu potrošnju energije za grijanje uzeti 176 kWh/m².

U tablici 4.19 prikazani su objekti koji se griju na kotlovnici i njihova specifična potrošnja energije za grijanje.

Tablica 4.19 Specifična potrošnja energije za grijanje po objektima

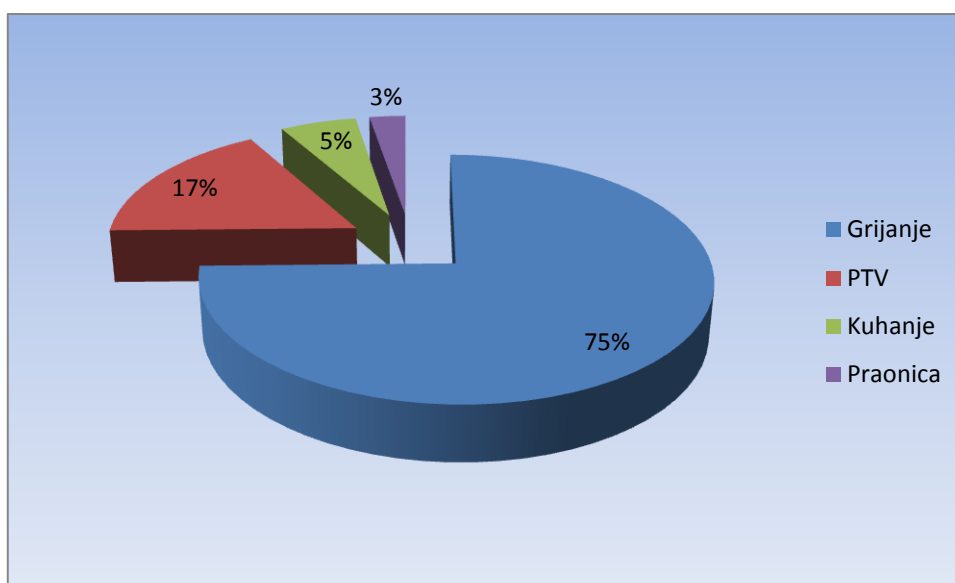
Naziv objekta	Grijana površina [m ²]	Potrošnja energije za grijanje [kWh]
Paviljon 1	4.732,00	833.794,56
Paviljon 2	4.732,00	833.794,56
Paviljon 3	4.732,00	833.794,56
Paviljon 4	4.255,00	749.745,53
Srednja policijska škola	5.177,00	912.205,08
Visoka policijska škola	3.020,00	532.134,32
Sportska dvorana	1.096,00	193.118,94
Restoran i kuhinja	2.205,00	388.528,53
Načelnništvo	470,00	82.815,61
Praonica rublja i kemijska čistionica	406,00	71.538,59
Skladište	312,00	54.975,47
Porta 2	178,00	31.364,21
Paviljon 5	1.384,00	243.865,53
Stambena zgrada 1	632,80	111.501,52
Stambena zgrada 2	856,31	150.884,75
Stambena zgrada 3	1.155,66	203.631,24
Ukupno:	35.343,77	6.227.693,00

Ukupna prosječna potrošnja objekata koji nisu u vlasništvu Policijske akademije je 709.883,04 kWh. Ukupna prosječna potrošnja energije za grijanje objekata Policijske akademije je

5.517.809,96 kWh odnosno 749.702,44 m³ (uz korisnosti kotla 0,8). Iz tablice 4.20 može se vidjeti da je ukupna potrošnja prirodnog plina za Policijsku akademiju 1.030.792 m³/god što je uz sadašnju cijenu plina od 3,624. kn/Sm³ 3.735.590,21 kn/god.

Tablica 4.20 Bilanca potrošnje prirodnog plina Policijske akademije

	Potrošnja [m ³ /god]	Potrošnja [kWh/god]
Grijanje	769.942	7.083.466,40
PTV	174.942	1.609.466,40
Kuhanje	58.314	536.488,80
Praonica	27.594	253.864,80
Ukupno:	1.030.792	9.483.286,40



Dijagram 4.5 Udio potrošnje prirodnog plina

Iz dijagrama 4.5 može se vidjeti da se 75% prirodnog plina troši na grijanje, 17% na PTV, 5% na kuhanje i 3% na proizvodnju pare u praonici.

4.3. Analiza potrošnje vode

4.3.1. Analiza računa

Analiza računa za vodu provedena je na temelju dobivenih računa u razdoblju od 2007 do 2009. Policijska akademija ima dva mjerila za vodu. Na jednom mjerilu plaća punu cijenu za gospodarstvo, dok na drugom mjerilu plaća 80% prema tarifnom modelu kućanstvu i 20% prema gospodarstvu. Distributer vode je Zagrebački holding i struktura cijena vode za tarifni model gospodarstvo i kućanstvo prikazana je u tablici 4.21.

Tablica 4.21 Jedinična cijena vode za Zagrebački holding

Jedinična cijena vode [kn/m ³]	2007.	2008.		2009.	
	I - XII	I - IV	V - XII	I - VII	VIII-XII
Kućanstvo	9,7291	11,8533	11,2233	11,2233	11,2233
Gospodarstvo	24,7173	28,0599	28,0599	28,0599	28,6899

Potrošnja vode u razdoblju od 2007. do 2009. godine prikazana je u tablici 4.22.

Tablica 4.22 Potrošnja vode u razdoblju od 2007. do 2009. godine

Mjesec	2007		2008		2009	
	m ³	kn	m ³	kn	m ³	kn
1	5.761	104.770,01	7.111	138.474,33	11.133	232.450,83
2	5.838	106.133,67	7.572	110.480,31	11.529	240.754,74
3	6.855	125.863,43	6.918	100.938,03	10.309	215.309,82
4	7.040	126.349,77	8.862	129.302,23	10.123	207.450,69
5	7.483	136.925,42	7.315	107.175,8	10.383	216.753,19
6	8.037	145.942,47	7.389	107.810,22	8.865	185.000,37
7	7.748	141.089,37	5.132	74.879,15	4.905	102.398,23
8	5.229	94.953,79	3.284	47.915,65	14.983	311.137,64
9	4.896	88.929,17	3.828	55.852,96	8.620	179.958,02
10	6.063	110.130,27	5.276	103.204,86	7.519	156.958,2
11	7.390	134.530,77	8.356	174.355,23	7.926	165.427,67
12	6.976	130.081,85	9.069	189.297,5	8.776	183.203,94
Ukupno:	79.316	1.445.700	80.112	1.339.686,3	115071	2.396.803,3

Iz tablice 4.22 možemo uočiti nagli skok u potrošnji vode u kolovozu 2009. godine. Razlog tome je puknuće cijevi koje je sanirano.

Policijska akademija opskrbljuje vodom 4 stambene zgrade koje se nalaze van kompleksa. Cijena po kojoj plaćaju je za tarifni model kućanstvo prema cjeniku Zagrebačkog holdinga. Njihova potrošnja prikazana je u tablici 4.23.

Tablica 4.23 Potrošnja vode u razdoblju od 2007. do 2009. godine za stambene objekte

Mjesec	2007		2008		2009	
	m ³	kn	m ³	kn	m ³	kn
1	713	6.936,85	651	7.710,57	558	6.256,99
2	698	6.795,78	685	8.123,07	580	6.509,51
3	561	5.462,89	643	7.621,67	610	6.846,21
4	734	7.149,92	616	7.295,71	587	6.582,47
5	673	6.552,55	646	7.244,64	594	6.666,64
6	609	5.925,02	559	6.273,82	593	6.655,42
7	643	6.252,89	673	7.553,28	610	6.846,21
8	534	5.196,31	552	6.189,65	574	6.442,17
9	676	6.572,01	642	7.205,36	575	6.453,40
10	644	6.265,54	620	6.958,45	680	7.632,97
11	674	6.557,41	595	6.677,86	590	6.616,14
12	671	6.523,36	622	6.975,28	622	6.980,89
Ukupno:	7829	76.190,53	7502	85.829,36	7172	80.489,02

Udio potrošnje vode u stambenim objektima je 6% u odnosu na potrošnju kompleksa Policijske akademije. Ako se to uzme u obzir i stvarna potrošnja vode u vrijeme puknuća cijevi, prosječna godišnja potrošnja vode iznosi 83.999 m³ odnosno 1.541.552 kn/god.

4.3.2. **Modeliranje potrošnje vode**

Potrošnja vode u Policijskoj akademiji može se rasporediti na pet glavnih potrošača:

- potrošnja u slavinama i tuševima,
- potrošnja u pisoarima i vodokotlićima,
- potrošnja za pranje rublja,
- potrošnja u kuhinji,
- neželjeni gubici.

Za određivanje potrošnje vode u slavinama i tuševima uzet je podatak o mjesečnim noćenjima na Policijskoj akademiji i procijenjeno je da se po noćenju potroši 100 litara vode. Ukupna godišnja prosječna potrošnja vode u slavinama i tuševima iznosi 43.413 m³. Da bi se moglo odrediti koliko je od ukupne prosječne potrošnje topla voda, a koliko hladna uzeti su sljedeći parametri:

Temperatura hladne vode – prosječno: $\vartheta_{HV}=14^{\circ}\text{C}$

Temperatura tople vode: $\vartheta_{sTV}=60^{\circ}\text{C}$

Temperatura vode na izljevnim mjestima -: $\vartheta_M=40^{\circ}\text{C}$

Prema Zakonu o održanju energije slijedi jednadžba:

$$m_M \cdot c_w \cdot \vartheta_{SM} = m_{HV} \cdot c_w \cdot \vartheta_{HV} + m_{TV} \cdot c_w \cdot \vartheta_{TV} \quad (4-4)$$

Tablica 4.24 Potrošnja vode na slavinama i tuševima

Mjesec	Broj noćenja	Potrošnja vode [m ³]
1	42.717	4.272
2	34.273	3.427
3	39.168	3.917
4	37.452	3.745
5	38.058	3.806
6	26.007	2.601
7	34.647	3.465
8	34.111	3.411
9	35.964	3.596
10	25.311	2.531
11	41.449	4.145
12	44.968	4.497
Ukupno:		43.413

Od ukupne godišnje potrošnje vode na slavinama i tuševima na toplu vodu se potroši 24.583 m³, dok na hladnu 18.875 m³.

Za određivanje potrošnje vode u pisoarima i vodokotlićima uzet je podatak o mjesečnim noćenjima na Policijskoj akademiji i procijenjeno je da se po noćenju potroši 27 litara vode. Ukupna godišnja prosječna potrošnja vode iznosi 11.721 m³ (tablica 4.25).

Tablica 4.25 Potrošnja vode u pisoarima i vodokotlićima

Mjesec	Broj noćenja	Potrošnja vode [m ³]
1	42.717	1.153
2	34.273	925
3	39.168	1.058
4	37.452	1.011
5	38.058	1.028
6	26.007	702
7	34.647	935
8	34.111	921
9	35.964	971
10	25.311	683
11	41.449	1.119
12	44.968	1.214
Ukupno:		11.721

Za određivanje potrošnje vode za pranje rublja uzeti su sljedeći podaci:

Kapacitet perilica: 181 kg/ciklusu

Broj ciklusa: 6

Potrošnja vode 12 L/kg rublja

Broj radnih dana praonice: 240

Ukupna prosječna godišnja potrošnja vode za pranje rublja iznosi 5.213 m³. Za pranje rublje koristi se i topla voda iz spremnika PTV-a i hladna. Ako se pretpostavi da se perilica jednom puni toplom vodom za pranje i dva puta hladnom vodom za ispiranja rublja, prosječna godišnja potrošnja tople vode iznosi 1.738 m³. Prosječna godišnja potrošnja hladne vode iznosi 3.475 m³.

Potrošnja vode u kuhinji uključuje potrošnju vode za kuhanje i za pranje suđe. Na temelju dobivenih podataka o broju mjesečnih obroka kroz godinu spremljenih na Policijskoj akademiji i

procjeni da se po obroku potroši 250 litara vode, izračunata je prosječna godišnja potrošnja vode koja iznosi 23.063 m³ (tablica 4.26).

Tablica 4.26 Potrošnja vode u kuhinji

Mjesec	Broj obroka	Potrošnja vode [m ³]
1	42717	1856
2	34273	1853
3	39168	2212
4	37452	2040
5	38058	2035
6	26007	1446
7	34647	2050
8	34111	1843
9	35964	2084
10	25311	1517
11	41449	1894
12	44968	2233
Ukupno:		23063

Da bi se odredio udio prosječne potrošnje tople i hladne vode uzeti su sljedeći podaci:

Temperatura hladne vode – prosječno: $\vartheta_{HV}=14^{\circ}\text{C}$

Temperatura tople vode spremnika: $\vartheta_{TV}=70^{\circ}\text{C}$

Temperatura vode na izljevnim mjestima -: $\vartheta_M=40^{\circ}\text{C}$

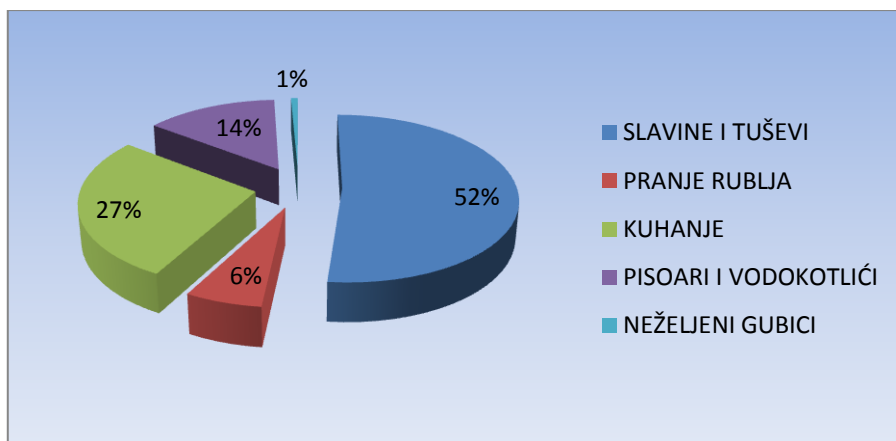
Godišnje se prosječno u kuhinji potroši 10.708 m³ tople vode i 12.355 m³ hladne vode.

Neželjeni gubici vode nastaju uslijed curenja neispravne armature i pretpostavlja se da oni godišnje iznose 589 m³. Ukupna bilanca godišnje potrošnje vode prikazana je u tablici 4.27.

Tablica 4.27 Bilanca potrošnje vode

	Potrošnja vode [m ³]
potrošnja vode u slavinama i tuševima	43.413
potrošnja vode u pisoarima i vodokotlićima	11.721
potrošnja vode za pranje rublja	5.213
potrošnja vode u kuhinji	23.063
neželjeni gubici	589
Ukupno	83.999

U dijagramu 4.6 prikazan je udio potrošnje vode po pojedinim potrošačima. Iz dijagrama se može vidjeti da najviše vode troši na slavinama i tuševima.



Dijagram 4.6 Udio potrošnje vode

Ukupna potrošnja tople vode iznosi 37.572 m³, dok hladne 46.426 m³.

Dio tople vode dobiva se iz električnih protočnih bojlera, dok dio prirodnim plinom i to na objektima Kotlovnica i Dresura pasa PA. Iz analize potrošnje električne energije dobiveno je da se godišnje potroši 18.000 kWh električne energije za zagrijavanje PTV-a. Ako se uzmu u obzir korisnost bojlera od 0,9 ukupna godišnja dobivena topla voda iznosi 303 m³. Raspodjela potrošnje tople vode prema mjestima pripreme prikazana je u tablici 4.28.

Tablica 4.28 Raspodjela potrošnje tople vode prema mjestima pripreme

Mjesta pripreme potrošne tople vode	Topla voda [m ³]
Protočni električni bojleri	303
Akumulacijski plinski bojler na objektu Dresura pasa PA	600
Plinski kotao u objektu Kotlovnica	36.669
Ukupno	37.572

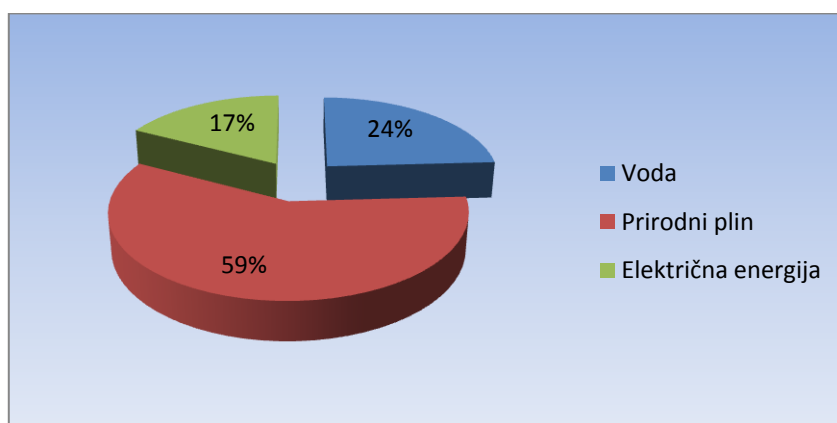
4.4. Bilanca troškova energenata

Bilancom troškova ističe se značaj pojedinih energenata u ukupnoj potrošnji. Na temelju dobivenih računa za energente u periodu od 2007. do 2009. izračunati su prosječni troškovi energenata. Kod izračuna prosječnih troškova vode, uzelo se u obzir puknuće cijevi vode u 2009.godini i udio vode koja odlazi stanarima stambenih zgrada. Kod izračuna prosječnih troškova prirodnog plina, uzeto je u obzir da se dio plina koristi za zagrijavanje stambenih zgrada i objekta Paviljon 5. Dobivene vrijednosti prikazane su u tablici 4.29.

Tablica 4.29 Pregled prosječne godišnje potrošnje energije i vode te pripadajućih troškova Policijske akademije

Energent	Troškovi [kn]
Električna energija [kWh]	1.110.138,18
Prirodni plin [m ³]	3.735.590,21
Voda [m ³]	1.541.552
Ukupno:	6.387.280

Ukupni prosječni troškovi Policijske akademije za energente iznose 6.387.280 kuna. Od toga 59% se troši na prirodni plin, 17% na električnu energiju i 24% na vodu (dijagram 4.7). Udio troškova vode je velik, a razlog tome su korisnici koji borave na akademiji. Oni općenito predstavljaju značajnu mjeru u mogućim uštedama energenata samo promjenom ponašanja, međutim nju je i najteža za postići.



Dijagram 4.7 Bilanca troškova energenata Policijske akademije

5. PREPORUKE I MJERE ENERGETSKE UČINKOVITOSTI

Na temelju prikupljenih podataka i bilance potrošnje i troškova za energente analizirat će se dobiveni rezultati te dati preporuke i mjere za poboljšanje energetske učinkovitosti pojedinih sustava.

5.1. Električna energija

5.1.1. Promjena tarifnog modela za električnu energiju

Policijsku akademiju su od 3. mjeseca 2010 prebacili na tarifni model niski napon crveni poduzetništvo koji je puno nepovoljniji od srednjeg napona bijeli. Ukoliko bi se Policijska akademija vratila na tarifni model srednji napon bijeli uštedila bi oko 200.000 kuna godišnje. U tablici 5.1 prikazan je primjer usporedbe za ta dva tarifna modela. Za potrošnju je uzeta potrošnja električne energije u 2009. godini.

Tablica 5.1 Usporedba tarifnih modela srednji napon bijeli i niski napon crveni

TM	VT [kn]	NT [kn]	Radna snaga [kn]	Naknada za mjernu uslugu i opskrbu [kn]	Naknada za OIE [kn]	Ukupno [kn]
Crveni	598.570,44	151.984,30	367.979,45	780,00	15.447,30	1.389.583,81
Bijeli	517.993,65	134.447,65	302.752,15	1.272,00	15.447,30	1.190.138,18
					Ušteda [kn]	199.445,62

Tablica 5.2 MJERA 1 – Zamjena tarifnog modela

MJERA 1 – Zamjena tarifnog modela			
Investicija	Procijenjene uštede		Jednostavni period povrata
[kn]	kWhe/god	kn/god	godina
0	-	200.000	-

Da bi se zamijenio tarifni model potrebno je ispuniti HEP-ov obrazac za promjenu tarifnog modela i poslati ga Elektri Zagreb.

Kod izračuna ušteda za električnu energiju, cijene će se uzimati kao da se Policijska akademija ponovno prebacila na tarifni model srednji napon bijeli.

5.1.2. **Planiranje angažirane snage**

Prilikom analize računa za električnu energiju uočeno je da Policijska akademija plaća prekomjerno angažiranu snagu. Prekomjerna angažirana snaga ovisi o broju korisnika na objektima Policijske akademije. Ukoliko bi se ona planirala na mjesečnoj bazi prema broju korisnika koji će boraviti taj mjesec godišnje bi se uštedilo oko 122.000 kuna. U tablici 5.3 prikazana je prosječna ušteda za prekomjerno angažiranu snagu.

Tablica 5.3 Prosječna ušteda za prekomjerno angažiranu snagu

Mjesec	Plaćena kaznena angažirana snaga [kn]	Isplata bez kazne [kn]	Razlika [kn]
1	35.617,90	13.896,82	21.721,08
2	31.822,55	14.889,45	16.933,10
3	28.435,93	14.889,45	13.546,48
4	27.443,30	14.889,45	12.553,85
5	19.852,60	19.852,60	0,00
6	22.713,71	17.371,03	5.342,69
7	20.670,06	13.896,82	6.773,24
8	19.735,82	14.889,45	4.846,37
9	26.969,28	16.531,65	10.437,63
10	19.837,98	19.837,98	0,00
11	28.395,54	19.286,93	9.108,62
12	37.990,38	17.082,71	20.907,68
Ukupno:			122.170,73

Tablica 5.4 MJERA 2 – Planiranje angažirane snage

MJERA 2 – Planiranje angažirane snage			
Investicija	Procijenjene uštede		Jednostavni period povrata
	[kn]	kWhe/god	kn/god
0	-	122.000	-

Prema *Tarifnim sustavom za distribuciju električne energije, bez visine tarifnih stavki* (NN 143/06 i 26/2010), ako kupac želi promjenu ugovorene vršne snage za iduće obračunsko razdoblje, njegov zahtjev za promjenom snage mora biti zaprimljen najmanje 7 dana prije početka obračunskog razdoblja na koje se odnosi.

5.1.3. **Ugradnja fluokompaktnih žarulja**

Najveći potrošač električne energije na Policijskoj akademiji je rasvjeta s udjelom od 29%. Od toga 49% odlazi na fluorescentne cijevi, 40% na žarulje sa žarnim nitima i 11% na fluokompaktne žarulje. Žarulje sa žarnim nitima bilo bi poželjno zamijeniti odgovarajućim fluokompaktnim. U tablici 5.5 prikazani su prosječni godišnji troškovi za postojeću rasvjetu uz pretpostavku da se 66% potrošnje električne energije odvija u višoj tarifi i 34% u nižoj.

Tablica 5.5 Prikaz troškova za postojeću rasvjetu

Rasvjeta	Potrošnja el.energije [kWh]	Trošak za energiju [kn/god]	Trošak za snagu [kn/god]	Ukupni trošak [kn/god]
Fluorescentne cijevi	217.445	65.151,98	11.791,28	93.376,64
Žarulje sa žarnom niti	173.697	81.585,36	7.401,52	72.553,50
Fluokompaktne žarulje	46.321	17.379,83	4.880,53	22.260,35
			Ukupno:	188.190,49

U tablici 5.6 prikazana su ugrađena rasvjetna tijela sa žarnom niti te snaga odgovarajuće fluokompaktne žarulje i njihova ukupna potrošnja.

Tablica 5.6 Godišnja ušteda električne energije zamjenom žarulja sa žarnom niti s fluokompaktnom žaruljom

Snaga žarulje sa žarnom niti [W]	Snaga ekvivalentne fluokompaktne žarulje [W]	Broj žarulja	Potrošnja žarulje sa žarnom niti [kWh]	Potrošnja fluokompaktne žarulje [kWh]	Ušteda [kWh]
100	21	20	600	126	474
75	16	1.562	170.865	36.451	134.469
60	12	116	2.064	412,80	1.922,70
40	8	14	168	33,60	134,40
Ukupno:		1.712	173.697	37.023	137.000

Kao što se može vidjeti iz tablice 5.6, godišnja ušteda zamjenom žarulja iznosila bi 137.000 kWh. Zamjenom fluokompaktnih žarulja sa žaruljama sa žarnim nitima smanjila bi se i instalirana snaga koja bi onda iznosila 26,975 kW. Ukupna ušteda u kunama prikazana je u tablici 5.7.

Tablica 5.7 Godišnja ušteda troškova zamjenom žarulja

Ušteda za energiju [kn/god]	Ušteda za snagu [kn/god]	Ukupna ušteda [kn/god]
51.279,86	5.821,19	57.101,05

Ako se uzme da je prosječna cijena jedne fluokompaktne žarulje 55 kuna. Ukupna investicija iznosit će 94.160 kuna. Period povrata investicije je 1,64 godine.

Tablica 5.8 MJERA 3 – Zamjena žarulja sa žarnim nitima s fluokompaktnim žaruljama

MJERA 3 – Zamjena žarulja sa žarnim nitima s fluokompaktnim žaruljama			
Investicija	Procijenjene uštede		Jednostavni period povrata
[kn]	kWhe/god	kn/god	godina
94.160	137.000	57.101.05	1,64

5.2. Toplinska energija

Za objekte koji se griju na kotlovnici ukupna godišnja potrebna toplina za grijanje dobivena proračunom HRN EN ISO 13790 je 4.775.977 kWh godišnje. Bilancom potrošnje prirodnog plina dobiveno je da se oko 769.942 m³ potroši za potrebe grijanja objekata u vlasništvu Policijske akademije. Od toga se 749.702,00 m³ potroši u kotlovnici. Što je ako se uzmu u obzir gubici od 20%, 5.517.807 kWh/god što je više od dobivenog proračunom. Razlog tome je što je proračunom HRN EN ISO 13790 izračunata potrebna toplina za grijanje na temelju pretpostavljenog režima korištenja zgrade i ona ne mora nužno izražavati stvarnu potrošnju u zgradi jer u obzir treba i uzeti nepotrebno pregrijavanje prostorija i pretjerano prozračivanje.

Mjerenjem temperature zraka u prostorijama uočeno je na objektima Paviljon 1,2 i 3, Sportska dvorana i Skladište pregrijavanje. Posebno se to ističe u objektu Skladište gdje su izmjerene temperature u skladišnim prostorijama od 25 °C. S obzirom na materijal koji se tamo skladišti to je u potpunosti nepotrebno. Prostorije nemaju nikakvu regulaciju i preporuča se ugradnja termostatskih ventila. Ugradnja termostatskih ventila također se preporuča na paviljonima jer je tamo najveća koncentracija korisnika Policijske akademije i s time predstavljaju mjesta najvećih ušteda svih energenata.

Pregledom kotlovnice uočeno je da su neki kotlovi stari preko 30 godina. Iz tog razloga predlaže se potpuna rekonstrukcija kotlovnice. Ukoliko će se raditi sanacija vanjske ovojnice objekata Policijske akademije moglo bi se i razmisliti o nižem temperaturnom režimu rada sustava grijanja.

Sustavi ventilacije su kapaciteta većeg od 2500 m³/h bez sustava povrata topline i s time ne zadovoljavaju postojeći *Tehnički propis o sustavima ventilacije, djelomične klimatizacije i klimatizacije zgrada*. Uvođenjem sustava povrata topline značajno bi se pridonijelo uštedama energenata.

Na objektu Praonica i kemijska čistionica korisnici se žale da im je pogotovo u ljetnim mjesecima jako zagušljivo i vruće. Postojeći odsisni ventilatori nisu dovoljni da bi spriječili zagušljivost pa se prostorije najviše ventiliraju prirodnim putem otvaranjem prozora. Najbolje rješenje za taj objekt bila bi potpuno rekonstrukcija sustava.

Objekt Srednja policijska škola ima samo za 9 prostorija VRF sustav hlađenja, dok se ostale prostorije hlade lokalno. Centraliziranjem sustava hlađenja svih prostorija možda ne bi pridonijelo značajnim uštedama, ali bi se omogućila veća kontrola nad potrošnjom.

5.2.1. **Ugradnja termostatskih ventila**

Termostatski ventil je radijatorski ventil koji regulira temperaturu prostorije na način da upravlja protokom ogrjevne tekućine kroz radijator. Sastoji se od ventila i glave (osjetnika). Termostatski ventili štede energiju regulirajući temperaturu u prostoru prema željenoj temperaturi.

Pošto većina radijatora na Policijskoj akademiji nema termostatske ventile, jedna od mjera za poboljšanje energetske učinkovitosti bi bila njihova ugradnja. Da bi se dobile okvirne veličine potrošnje topline za grijanje po objektima, za indikator potrošnje toplinske energije po objektima uzeta je instalirana snaga ogrjevnih tijela po objektima. Vrijednosti su dane u tablici 5.9.

Tablica 5.9 Procijenjene vrijednosti potrebne energije za grijanje

Naziv objekta	Procijenjena potrošnja energije za grijanje [kWh]
Paviljon 1	960.477
Paviljon 2	960.477
Paviljon 3	970.338
Paviljon 4	853.976
Srednja policijska škola	582.794
Visoka policijska škola	337.252
Sportska dvorana	221.235
Restoran i kuhinja	372.949
Načelnništvo	64.078
Praonica rublja i kemijska čistionica	59.479
Skladište	84.066
Porta 2	50.686
Ukupno:	5.517.807

Također svi objekti ne koriste radijatore za grijanje pa je u tablici 5.10 dana procijenjena potrošnja energije za radijatorsko grijanje.

Tablica 5.10 Procijenjene vrijednosti potrebne energije za radijatorsko grijanje objekta

Naziv objekta	Instalirana snaga radijatora [kW]	Procijenjena potrošnja energije za radijatorsko grijanje [kWh]
Paviljon 1	480	473.335
Paviljon 2	480	473.335
Paviljon 3	480	473.335
Paviljon 4	150	147.917
Srednja policijska škola	493	486.155

Visoka policijska škola	342	337.251
Sportska dvorana	33,55	33.084
Restoran i kuhinja	144	142.000
Načelnništvo	64,98	64.077
Praonica rublja i kemijska čistionica	60,316	59.478
Skladište	85,25	84.066
Porta 2	51,4	50.686
Ukupno:	2.864,5	2.824.725

Iz tablice 5.10 može se vidjeti da je potrebna energija za radijatorskog grijanje 2.824.724,61 kWh/god.

Procjena je da bi se ugradnjom termostatskih ventila na radijatore u svim objektima uštedjelo oko 15% od ukupne potrošnje što iznosi 423.708 kWh/god ili 46.055 m³/god plina. Ako se uzme u obzir da će samo mijenjati ventili, ukupna cijena s ugradnjom iznosila bi oko 350 kn. Ukupni broj radijatora je 1158 što znači da bi investicija ugradnje termostatskih ventila iznosila 405.300 kuna. Jednostavni period povrata bio bi 2,43 godine. Za cijenu plina uzet će se 3,624 kn/Sm³.

Tablica 5.11 MJERA 4 – Ugradnja termostatskih ventila

MJERA 4 – Ugradnja termostatskih ventila				
Investicija	Procijenjene uštede			Jednostavni period povrata
	[kn]	kWh _i /god	Plin m ³ /god	
405.300	423.708	46.055	166.905	2,43

5.2.2. **Građevinske mjere**5.2.2.1. *Izolacija vanjskog zida*

Vanjska izolacija zida znatno pridonosi uštedi potrebne energije za grijanje, štiti građevni element od pregrijavanja i sprječava kondenzaciju vodene pare.

Svi objekti Policijske akademije nema izolaciju vanjskog zida ili nije dovoljna osim objekta Paviljon 4 koji je nedavno obnavljan. Za 10 objekata Policijske akademije predlaže se izolacija vanjskog zida s prosječno 10 cm kamene vune. Prosječna cijena izolacijskog i ostalog pripadajućeg materijala sa radovima i završnom obradom (fasadom) iznosi 280,00 kn/m². Sloj toplinske izolacije dodaje se sa vanjske strane zida, lijepljenjem.

Za izračun ušteta za potrebu toplinu za grijanje koristili su se podaci dobiveni prema proračunu HRN EN ISO 13790. Rezultati proračuna godišnje uštete toplinske energije zahvata izolacije vanjskog zida po objektima dani su u tablici 5.12. Za cijenu plina uzet će se 3,624 kn/Sm³.

Tablica 5.12 MJERA 5 – Izolacija vanjskog zida

MJERA 5 – Izolacija vanjskog zida					
Objekt	Investicija [kn]	Procijenjene uštete			Jednostavni period povrata
		kWh/god	Plin m ³ /god	kn/god	godina
Paviljon 1	960.960,00	356.037	38.699	140.247,93	6,85
Paviljon 2	960.960,00	356.037	38.699	140.247,93	6,85
Paviljon 3	960.960,00	356.037	38.699	140.247,93	6,85
Srednja policijska škola	1.072.260,00	345.281	37.530	136.011,00	7,85
Visoka policijska škola	413.000,00	150.796,	16.390	59.400,67	6,93
Sportska dvorana	310.240,00	74.202	8.065	29.229,20	12,84
Restoran i kuhinja	37.347,66	24.430	2.655	9.623,30	33,72
Načelništvo	99.680,00	37.773	4.105	14.879,63	6,69
Skladište	20.440,00	4.196,	456	1.652,89	12,55
Porta 2	23.928,80	3.998	434	1.574,90	17,05
Ukupno:	4.859.776,46	1.708.792	185.738	673.115,37	7,22

Iz tablice 5.12 vidljivo je da je provedbom mjere izolacije vanjskog zida moguće uštedjeti 1.708.792 kWh toplinske energije godišnje, što predstavlja godišnju novčanu uštedu od oko 673.115,37 kn. Ukupni jednostavni period povrata investicije ove mjere iznosi 7,22 godine. Ova investicija bi ujedno i bila najisplativija od građevinskih mjera.

5.2.2.2. Izolacija krova

Krov čini s oko 10-20% u ukupnim toplinskim gubicima i ima posebno važnu ulogu u kvaliteti i standardu boravka.

Pregledom postojećeg stanja za 5 objekta Policijske akademije preporuča se toplinska izolacija krova debljine 20 cm. Troškovi izolacije su oko 300 kn/m².

Za izračun ušteta za potrebu toplinu za grijanje koristili su se podaci dobiveni prema proračunu HRN EN ISO 13790. Rezultati proračuna godišnje uštete toplinske energije zahvata izolacije krova po objektima dani su u tablici 5.13. Za cijenu plina uzet će se 3,624 kn/Sm³.

Tablica 5.13 MJERA 6 – Izolacija krova

MJERA 6 – Izolacija krova					
Objekt	Investicija	Procijenjene uštete			Jednostavni period povrata
	[kn]	kWh/god	Plin m ³ /god	kn/god	godina
Paviljon 4	349.200	71.003	7.718	27.969,18	12,49
Srednja policijska škola	903.300	81.044	8.809	31.924,35	28,30
Visoka policijska škola	314.400	69.321	7.535	27.306,46	11,51
Načelništvo	67.500	10.792	1.173	4.251,04	15,88
Skladište	97.290	8.303	902	3.270,65	29,75
Ukupno:	1.731.690	240.463	26.137	94.721,69	18,28

Iz tablice 5.13 vidljivo je da je provedbom mjere izolacije krova moguće uštedjeti 240.463 kWh toplinske energije godišnje, što predstavlja godišnju novčanu uštedu od oko 94.721,69 kn. Ukupni jednostavni period povrata investicije ove mjere iznosi 18,28 godina.

5.2.2.3. Zamjena vanjskih prozora

Gubici kroz prozore su transmisijski, i ventilacijski. Kada se zbroje jedni i drugi, kroz prozore i vrata ostvaruje preko 50 % ukupnih toplinskih gubitaka zgrade. Koeficijent prolaza topline na staklima se smanjuje ugradnjom dvostrukih i trostrukih stakala, čiji su među prostori punjeni zrakom, ili bolje inertnim plinom (argonom) koji djeluje kao toplinski izolator. Na vanjskoj površini svakog stakla trebao bi postojati tzv. Low-E premaz (premaz niske emisivnosti), koji smanjuje zračenje topline preko prozora. Low-E premaz je bezbojan i ne utječe na prolazak svjetla.

Pregledom postojećeg stanja za 10 objekta Policijske akademije preporuča zamjena prozora. Za cijenu prozora uzeta je prosječna cijena više proizvođača i izvođača radova, a iznosi 1.400,00 kn/m² površine otvora.

Za izračun ušteda za potrebu toplinu za grijanje koristili su se podaci dobiveni prema proračunu HRN EN ISO 13790. Rezultati proračuna godišnje uštede toplinske energije zahvata zamjene prozora po objektima dani su u tablici 5.14. Za cijenu plina uzet će se 3,624 kn/Sm³.

Tablica 5.14 MJERA 7 – Zamjena prozora

MJERA 7 – Zamjena prozora					
Objekt	Investicija	Procijenjene uštede			Jednostavni period povrata
	[kn]	kWh/god	Plin m ³ /god	kn/god	godina
Paviljon 1	755.572	658.078	97.494	10.597	38.404,33
Paviljon 2	755.572	658.078	97.494	10.597	38.404,33
Paviljon 3	755.572	658.078	97.494	10.597	38.404,33
Srednja policijska škola	903.927	808.600	95.327	10.362	37.550,67
Visoka policijska škola	480.322	393.080	87.243	9.483	34.365,98
Sportska dvorana	252.340	221.926	30.413	3.306	11.980,26
Restoran i kuhinja	245.924	232.729	13.195	1.434	5.197,60
Načelnništvo	83.487	79.152	4.335	471	1.707,62
Skladište	66.097	63.276	2.821	307	1.111,20
Porta 2	27.283	22.512	4.771	519	1.879,29
Ukupno:	6.568.226	530.588	57.673	209.005,62	31,43

Iz tablice 6.14 vidljivo je da je provedbom mjere zamjene prozora moguće uštedjeti 530.588 kWh toplinske energije godišnje, što predstavlja godišnju novčanu uštedu od oko 209.0005,62 kn. Ukupni jednostavni period povrata investicije ove mjere iznosi 31,43 godina. Zamjena prozora predstavlja najveću investicijsku mjeru i s time je i najveći period povrata.

5.2.3. **Ugradnja mjerila potrošnje toplinske energije**

Preduvjet za racionalno gospodarenje energijom je praćenje potrošnje energije. Mjerenjem potrošnje energije te kontinuiranim praćenjem ponašanja sustava, se uz primjenu određenih zahvata (mjera) može utvrditi njihov utjecaj na energetske potrošnje. Automatizirani sustav cjelovitog praćenja potrošnje energije (energenata) je nužan kako bi se dobila trenutna i kvalitetna informacija. Kroz snimljeno cjelogodišnje ponašanje, odnosno dobivene podatke, jasno bi se locirali problemi sustava. Iz tog razloga predlaže se ugradnja mjerila topline na svim objektima Policijske akademije.

5.3. Voda

Na vodu otpada 24% od ukupnih prosječnih godišnjih troškova za policijsku akademiju. Od toga se čak 52% troši na slavine i tuševe. Pregledom kupaonskih prostorija i iz razgovora s tehničkim sve slavine i tuševi su sa štednom armaturom. Iz toga bi se dalo zaključiti da jedino utjecajem na ponašanje korisnika bi se pridonijelo uštedama. Poznato je da se trenutačno na Policijskoj akademiji provode radionice o učinkovitoj potrošnji. Ukoliko bi to imalo utjecaja da se godišnja potrošnja vode smanji za 5%, godišnje bi se uštedilo 2.170 m³ vode odnosno oko 52.000 kuna. Drugi veliki potrošač vode je kuhinja s 27% i njegoova potrošnja isključivo ovisi o broju korisnika i obroka koji će se napraviti. Praonice rublja troše samo 6% vode i razlog tome je ugradnja novih perilica.

5.4. Sumarnih prikaz svih mjera

Ukoliko bi se primijenile sve predložene mjere uštede potrebna je investicija od 13.659.152,46 kuna uz ukupni period povrata od 11,9 godina. Uštedilo bi se ukupno godišnje 1.465.747,68 kuna. Smanjila bi se potrošnja električne energije za 137.000 kWh_e/god, prirodnog plina 315.603 m³/god i potrebne topline za grijanje 2.903.551 kWh/god.

Tablica 5.15 Sumarni prikaz svih mjera

Sumarni prikaz svih mjera						
Mjera	Investicija	Procijenjene uštede				Jednostavni period povrata
	[kn]	kWh _e /god	kWh _t /god	Plin m ³ /god	kn/god	godina
Zamjena tarifnog modela	0	-	-	-	200.000	-
Planiranje angažirane snage					122.000	
Zamjena žarulja sa žarnim nitima	94.160	137.000			57.101,05	1,64
Ugradnja termostatskih ventila	405.300		423.708	46.055	166.905	2,43
Izolacija vanjskih zidova	4.859.776,46		1.708.792	185.738	673.115,37	7,22
Izolacija krova	1.731.690		240.463	26.137	94.721,69	18,28
Zamjena prozora	6.568.226		530.588	57.673	209.005,62	31,43
Ukupno:	13.659.152,46	137.000	2.903.551	315.603	1.465.747,68	11,9

6. SMANJENJE EMISIJA CO₂

Izračun emisija CO₂ proveden je prema *Pravilniku o energetskom certificiranju zgrada*, NN 113/08. Emisija CO₂ ovisi o količini i tipu energenta koji se koristi. U ovom slučaju to su električna energija i prirodni plin.

Tablica 6.1 Emisije CO₂ prema tablici iz priloga 6A Pravilnika o energetskom certificiranju zgrada

Izvor energije	Emisija CO ₂ po jedinici goriva	Emisija CO ₂ po jedinici energije
Prirodni plin	1,9 kg/m ³	0,20 kg/kWh
Električna energija	0,53 kg/kWh	0,53 kg/kWh

Trenutačna prosječna emisija CO₂ prema potrošnji energenata prikazana je u tablici 6.2 i ona iznosi 2.756.301,61 kg/god.

Tablica 6.2 Ukupna prosječna godišnja emisija CO₂

Energent	Potrošnja	Emisija CO ₂ u kg/god
Prirodni plin [m ³]	1.030.792	1.958.504,80
Električna energija [kWh]	1.505.277	797.796,81
	Ukupno:	2.756.301,61

Iz tablice 6.2 može se vidjeti da najviše CO₂ emitira prirodni plin.

Emisija CO₂ po pojedinim potrošačima električne energije dana je u tablici 6.3.

Tablica 6.3 Ukupna prosječna godišnja emisija CO₂ po pojedinim potrošačima električne energije

Kategorija potrošača	Potrošnja [kWh]	Emisija CO ₂ u kg/god
Grijanje i PTV	193.707	102.664,71
Hlađenje	110.624	58.630,72
Ventilacija	174.675	92.577,75
Rasvjeta	437.413	231.828,89
Uredska oprema	198.955	105.446,15
Kuhinjska oprema	180.477	95.652,81
Oprema praonice	184.560	97.816,80
Ostalo	31.227	16.550,31
	Ukupno:	797.796,81

Iz tablice 6.3 može se vidjeti da najviše CO₂ emitira rasvjeta. Implementacijom mjere zamjene žarulja sa žarnim nitima s fluokompaktnim godišnje bi se smanjila emisija CO₂ za 72.610 kg (tablica 6.4).

Tablica 6.4 Uštede u emisiji CO₂ zamjenom žarulja sa žarnim nitima s fluokompaktnim žaruljama

MJERA 3 – Zamjena žarulja sa žarnim nitima s fluokompaktnim žaruljama	
Ušteda [kWh]	Ušteda CO ₂ u kg/god
137.000	72.610

Emisija CO₂ po kategorijama potrošača prirodnog plina dana je u tablici 6.5.

Tablica 6.5 Ukupna prosječna godišnja emisija CO₂ po kategorijama potrošača prirodnog plina

Kategorija potrošača	Potrošnja [m ³]	Emisija CO ₂ u kg/god
Grijanje	866.394	1.462.889,8
PTV	174.942	332.389,8
Kuhanje	58.314	110.796,6
Praonica	27.594	52.428,6
Ukupno:		1.958.504,8

Iz tablice 6.5 može se vidjeti da najviše CO₂ emitira sustav grijanja. Implementacijom mjere ugradnja termostatskih ventila godišnje bi se smanjila emisija CO₂ za 87.504,6 kg (tablica 6.6).

Tablica 6.6 Uštede u emisiji CO₂ ugradnjom termostatskih ventila

MJERA 4– Ugradnja termostatskih ventila	
Ušteda [m ³]	Ušteda CO ₂ u kg/god
46.055	87.504,5

Implementacijom mjere izolacije vanjskog zida godišnje bi se smanjila emisija CO₂ za 352.902,2 kg.

Tablica 6.7 Uštede u emisiji CO₂ izolacijom vanjskog zida

MJERA 5 – Izolacija vanjskog zida		
Objekt	Ušteda [m ³]	Ušteda CO ₂ u kg/god
Paviljon 1	38.699	73.528,1
Paviljon 2	38.699	73.528,1
Paviljon 3	38.699	73.528,1
Srednja policijska škola	37.530	71.307
Visoka policijska škola	16.390	31.141
Sportska dvorana	8.065	15.323,5
Restoran i kuhinja	2.655	5.044,5
Načelništvo	4.105	7.799,5
Skladište	456	866,4
Porta 2	434	824,6
Ukupno:	185.738	352.902,20

Implementacijom mjere izolacije krova godišnje bi se smanjila emisija CO₂ za 49.660,3 kg.

Tablica 6.8 Uštede u emisiji CO₂ izolacijom krova

MJERA 6 – Izolacija krova		
Objekt	Ušteda [m ³]	Ušteda CO ₂ u kg/god
Paviljon 4	7.718	14.664,2
Srednja policijska škola	8.809	16.737,1
Visoka policijska škola	7.535	14.316,5
Načelnništvo	1.173	2.228,7
Skladište	902	1.713,8
Ukupno:	26.137	49.660,3

Implementacijom mjere zamjene prozora godišnje bi se smanjila smanjiti emisija CO₂ za 109.578,7 kg.

Tablica 6.9 Uštede u emisiji CO₂ zamjenom prozora

MJERA 7 – Zamjena prozora		
Objekt	Ušteda [m ³]	Ušteda CO ₂ u kg/god
Paviljon 1	97.494	185.238,6
Paviljon 2	97.494	185.238,6
Paviljon 3	97.494	185.238,6
Srednja policijska škola	95.327	181.121,3
Visoka policijska škola	87.243	165.761,7
Sportska dvorana	30.413	57.784,7
Restoran i kuhinja	13.195	25.070,5
Načelnništvo	4.335	8.236,5
Skladište	2.821	5.359,9
Porta 2	4.771	9.064,9
Ukupno:	57.673	109.578,7

Implementacijom predloženih mjera energetske učinkovitosti Policijske akademije, godišnje bi se ukupno smanjila emisija CO₂ za 672.256 kilograma. U tablici 6.10 dana je ukupna ušteda emisija CO₂ po energentima.

Tablica 6.10 Ukupna ušteda emisija CO₂ po energentima

Energent	Uštedena potrošnja	Ušteda CO ₂ u kg/god
Prirodni plin [m ³]	315.603	599.646
Električna energija [kWh]	137.000	72.610
Ukupno:		672.256

7. ZAKLJUČAK

Na temelju analize podataka energetskih svojstva kompleksa Policijske akademije može se zaključiti da se na objektu nalazi dovoljno prostora za implementaciju mjera energetske učinkovitosti.

Analizom računa kompleksa Policijske akademije dobiven je uvid u potrošnju i troškove energenata. Prosječni godišnji troškovi Policijske akademije iznose 6.387.280 kuna. Od toga 3.735.590,21 kn/god na prirodni plin, 1.541.552 kn/god na vodu i 1.110.138,18 kn/god na električnu energiju. Primjenom predloženih mjera ušteda, godišnje bi se na troškovima uštedilo 1.465.747,68 kuna što bi značilo smanjenje prosječnih godišnjih troškova za 23%.

Analizom potrošnje električne energije uočeno je da je Policijska akademija na krivom tarifnom modelu i da bi se prelaskom sa crvenog niskog napona na srednji bijeli godišnje uštedilo oko 200.000 kuna. Također je uočeno da prekomjerno plaćaju angažiranu snagu i da bi se njenim planiranjem u ovisnosti o broju korisnika na Policijskoj akademiji godišnje uštedilo 122.000 kuna. Zamjenom žarulja sa žarnim nitima sa fluokompaktnim žaruljama godišnje bi se uštedilo 57.101 kuna odnosno 137.000 kWh godišnje. Primjenom svih ovih mjera ukupne uštede bi iznosile 322.000 kuna što bi rezultiralo smanjenjem od 29% od ukupnih godišnjih troškova za električnu energiju. Pregledom potrošača električne energije, uočeno je da su lošijeg energetskog razreda, kao što su split rashladni uređaji. Preporučuje se da se prilikom buduće kupnje uzmu energetski učinkovitiji uređaji A klase.

Proračunom prema normi HRN EN ISO 13 790 izračunato je da je godišnja potrebna energija za grijanje objekata koji se griju na kotlovnici 4.775.977 kWh godišnje. Dok je analizom potrošnje prirodnog plina utvrđeno da se godišnje za grijanje tih objekata troši 5.517.807 kWh. Mjerenjem temperature u tim prostorijama uočeno je da se nepotrebno pregrijavaju. To bi se spriječilo da se na radijatore ugrade termostatski ventili. Godišnje bi se tom mjerom uštedilo 423.708 kWh topline, 46.055 m³ plina i 166.905 kuna. Ukupna ušteda prirodnog plina bila bi 6%.

Analizom postojećeg stanja sustava grijanja u kotlovnici, uočeno je da je sustav star i da je potrebna kompletna rekonstrukcija. Sustavi ventilacije na pojedinim objektima ne zadovoljavaju postojeći *Tehnički propis o sustavima ventilacije, djelomične klimatizacije i klimatizacije zgrada* i trebali bi imati sustav povrata topline. Sustav hlađenja na objektu Srednja policijska škola bi trebao biti u potpunosti centraliziran.

Analizom toplinskih karakteristika vanjskih ovojnica za objekte za koje su bili dostupni podaci, uočeno je da većina ne zadovoljava postojeće tehničke propise. Prijedlogom mjera sanacije ukupno bi se godišnje uštedilo 2 976.842 kuna. Ukupna godišnja ušteda topline bila bi

479.843 kWh topline tj. 269.000 m³ plina. Godišnje bi se uštedilo 36% od ukupne potrošnje prirodnog plina za te objekte.

Jedan od preduvjeta za racionalno gospodarenje energijom je praćenje potrošnje energije. S obzirom na broj objekata koji se griju na Policijskoj akademiji i da se dio topline proizvodi za susjedne stambene zgrade, preporuka je da se ugrade mjerila topline kako bi se mogla pratiti potrošnja i locirati eventualni problemi.

Analizom potrošnje vode uočeno je da voda čini 24% u ukupni prosječnim godišnjim troškovima. Od toga se čak 52% troši na slavine i tuševi. Pregledom kupaonskih prostorija i iz razgovora s tehničkim sve slavine i tuševi su sa štednom armaturom. Iz toga bi se dalo zaključiti da jedino utjecajem na ponašanje korisnika bi se pridonijelo uštedama. Ukoliko bi to imalo utjecaja da se godišnja potrošnja vode smanji za 5%, godišnje bi se uštedilo 2.170 m³ vode odnosno oko 52.000 kuna.

Godišnja emisija CO₂ prema potrošnji energenata Policijske akademije iznosi 2.756.301,61 kg/god. Ukoliko bi se primijenile predložene mjere godišnje bi se uštedilo 672.256 kilograma CO₂ što je oko 24%.

Energetska učinkovitost je kontinuirani proces i ne završava implementacijom mjera poboljšanja, već se nastavlja praćenjem i potvrđivanjem ostvarenih ušteda, uočavanjem novih potencijala, implementaciju novih mjera poboljšanja energetske učinkovitosti što sve vodi ka sustavnom gospodarenju energijom. Na Policijskoj akademiji napravljen je prvi korak u vidu sustavnog gospodarenja energijom kroz praćenje tjedne i mjesečne potrošnje u vidu unosa podataka u programsku aplikaciju Informacijskog sustava za gospodarenje energijom (ISGE). Sljedeći korak je edukacija tehničkog osoblja, kako analizirati prikupljene podatke i s time djelovati. Osim toga potrebno je kontinuirano podizati svijest o važnosti energetske učinkovitosti kroz edukacijske radionice, jer sami korisnici su ključan faktor u racionalnom gospodarenju energijom.

8. LITERATURA

- [1] Anders Larsen, Mette Jensen, Evaluations of energy audits and the regulator, Energy Policy, Volume 27, Issue 9, September 1999, od stranice 557 do 564
- [2] M. Siddhartha Bhatt, Energy audit case studies II—air conditioning (cooling) systems, Applied Thermal Engineering, Volume 20, Issue 3, February 2000, od stranice 297 do 307
- [3] Pantelis N. Botsaris, Spyridon Prebezanos, A methodology for a thermal energy building audit, Building and Environment, Volume 39, Issue 2, February 2004, od stranice 195 do 199
- [4] Clive Beggs, Energy Audits and Surveys, Energy: Management, Supply and Conservation (Second Edition), 2009, od stranice 122 do 143
- [5] Lee Wilson, A practical method for environmental impact assessment audits, Environmental Impact Assessment Review, Volume 18, Issue 1, January 1998, od stranice 59 do 71
- [6] Recknagel: „Grejanje i klimatizacija“, Interklima – grafika, Vrnjačka Banja, 2006.
- [7] Toplinske tablice, FSB, Zagreb, 1993.
- [8] Predavanja iz kolegija Grijanje, FSB
- [9] Projekti dobiveni od tehničkog osoblja Policijske akademije
- [10] Podaci o općim, konstrukcijskim i energetskim karakteristikama, UNDP
- [11] Pravilnik o energetskom certificiranju zgrada (NN 113/08)
- [12] HRN EN ISO 13790:2008– Energetska svojstva zgrada – Proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje prostora
- [13] HRN EN ISO 13789:2000 – Toplinske značajke zgrada – Koeficijent (transmisijskih) prijenosnih toplinskih gubitaka – Metoda proračuna
- [14] Metodologija energetskog certificiranja, lipanj 2009.
- [15] Tehnički propis o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama (NN 110/08)
- [16] Zakon o tržištu električne energije (NN 177/04)
- [17] Tehnički propis o sustavima ventilacije, djelomične klimatizacije i klimatizacije zgrada (NN 03/07)
- [18] <http://www.hep.hr/ods/kupci/tarifni.aspx>
- [19] <http://www.plinara-zagreb.hr/>
- [20] <http://www.vio.hr/default.aspx?id=41>