

Mladi za napredek Maribora

2013

30. srečanje

# Energetska izkaznica

## Prve gimnazije Maribor

Raziskovalno področje: varstvo okolja

Raziskovalna naloga

05.11.2013

1. letnik

Maribor, februar 2013

Maribor, februar 2013

Mladi za napredek Maribora

2013

30. srečanje

Energetska izkaznica

Prve gimnazije Maribor

Raziskovalno področje: varstvo okolja

Raziskovalna naloga

Maribor, februar 2013

# Kazalo vsebine

<b>POVZETEK</b> .....	<b>1</b>
<b>ZAHVALA</b> .....	<b>2</b>
<b>DRUŽBENA ODGOVORNOST</b> .....	<b>3</b>
<b>1 UVOD</b> .....	<b>4</b>
1.1 PREDSTAVITEV OBJEKTA .....	5
<b>2 IZDELAVA IZKAZNICE</b> .....	<b>6</b>
2.1 METODOLOGIJA IZDELAVE .....	6
2.2 POSTOPKI PRI IZDELAVI .....	6
2.3 PRIPRAVA PODATKOV .....	7
2.4 OBDELAVA PODATKOV .....	9
2.5 REZULTATI.....	13
<b>3 ENERGETSKA IZKAZNICA</b> .....	<b>14</b>
3.1 ENERGETSKA IZKAZNICA PRVE GIMNAZIJE MARIBOR .....	14
3.2 RAZLAGA ENERGETSKE IZKAZNICE .....	15
<b>4 ENERGETSKI PREGLED</b> .....	<b>16</b>
4.1 RABA ELEKTRIČNE ENERGIJE .....	16
4.2 OGREVANJE.....	17
4.3 TOPLOTNE IZGUBE .....	21
<b>5 PRIPOROČILA NA OSNOVI PREGLEDA</b> .....	<b>24</b>
5.1 PRIPOROČILA ZA ZMANJŠANJE PORABE ENERGIJE NAMENJENE OGREVANJU .....	24
5.2 PRIPOROČILA ZA UČINKOVITEJŠO RABO ELEKTRIČNE ENERGIJE.....	25
<b>6 ZAKLJUČEK</b> .....	<b>26</b>
<b>VIRI</b> .....	<b>27</b>
<b>VIRI SLIK</b> .....	<b>27</b>

## Kazalo slik

<b>SLIKA 1: PRVA GIMNAZIJA MARIBOR</b> .....	<b>5</b>
<b>SLIKA 2: ENERGETSKA IZKAZNICA</b> .....	<b>14</b>
<b>SLIKA 3: TERMO SLIKA ČLOVEKA</b> .....	<b>20</b>
<b>SLIKA 4: TERMO SLIKA STAVBE (TRG GENERALA MAISTRA)</b> .....	<b>21</b>
<b>SLIKA 5: TERMO SLIKA GLAVNEGA VHODA</b> .....	<b>21</b>
<b>SLIKA 6: TERMO SLIKA VHODA (GREGORČIČEVA ULICA)</b> .....	<b>23</b>
<b>SLIKA 7: TERMO SLIKA PROČELJA</b> .....	<b>23</b>

## Kazalo tabel in grafikonov

<b>TABELA 1: PORABE ENERGIJ</b> .....	<b>7</b>
<b>TABELA 2: VREMENSKI PODATKI (2010 – 2012)</b> .....	<b>8</b>
<b>GRAFIKON 1: PORABA ENERGIJ (2010 – 2012)</b> .....	<b>7</b>
<b>GRAFIKON 2: TREND PORABE ENERGIJ</b> .....	<b>13</b>
<b>GRAFIKON 3: TREND EMISIJ CO<sub>2</sub></b> .....	<b>13</b>
<b>GRAFIKON 4: TRAJANJE SONČNEGA OBSEVANJA</b> .....	<b>16</b>
<b>GRAFIKON 5: TREND TEMPERATURE RAZREDA</b> .....	<b>17</b>

## **POVZETEK**

Energetska izkaznica je javna listina s podatki o energetske učinkovitosti stavbe. S pomočjo rezultatov izračunanih energetske kazalcev in po opravljenem energetske pregledu stavbe, se izdajo priporočila za povečanje energetske učinkovitosti. Poznamo merjene in računske izkaznice. Merjene izkaznice so namenjene za obstoječe stavbe, računske pa za novogradnje. Namen izkaznice je informativno-promocijskega značaja. Omogoča primerjavo posameznih stavb in prikaže energetske učinkovitost stavbe. Na podlagi tega se izdajo priporočila za izboljšanje energetske učinkovitosti.

Z izdelavo energetske izkaznice Prve gimnazije Maribor sem prišel do ugotovitve, da je glede na svojo starost energetske učinkovita. Energetske pregled stavbe pa je pokazal pomanjkljivosti in težave v sistemu ogrevanja. Tako sem na podlagi vseh zbranih in izračunanih podatkov ter energetske pregledu napisal priporočila za izboljšanje energetske učinkovitosti stavbe.

## **ZAHVALA**

Zahvala gre vsem, ki so me podpirali in pomagali pri pisanju projekte naloge. Posebna zahvala gre mentorju za vodenje, ideje in pomoč pri izvajanju projekte naloge, prav tako se zahvaljujem vodstvu šole Prve gimnazije Maribor za pomoč pri pridobivanju podatkov o šoli.

## **DRUŽBENA ODGOVORNOST**

Varčevanje z energijo je širšega pomena, ne samo z ekonomskega ampak tudi ekološkega vidika, kar je tudi poglavitni razlog za spremljanje porabe energije. Za lažje spremljanje so definirani energetske razredi, ki ponazarjajo varčnost. Temu namenu služi tudi energetska izkaznica, iz katere je razvidna energetska potrošnja stavbe.

Energetska izkaznica in spremljajoča raziskovalna naloga, ki sem jo izdelal za mojo šolo, pa bo imela tudi izobraževalni in osveščevalni namen. V sklopu projekta Ekošola bo dijake in delavce šole opozarjala na varčevanje energije in prijazen odnos do okolja.

# 1 UVOD

Energetska izkaznica je javna listina s podatki o energetske učinkovitosti stavbe s priporočili za povečanje energetske učinkovitosti. Funkcija oziroma pomen izkaznice je informativno-promocijskega značaja, ki ima pomembno vlogo v vseh oblikah upravljanja in trženja nepremičnin. Energetska izkaznica nam da tudi vpogled v stroške namenjene ogrevanju, prav tako pa omogoča primerjavo stavb med seboj po svoji energetske učinkovitosti in (operativnih) stroških.

Za izdelavo energetske izkaznice Prve gimnazije Maribor, sem energetske kazalce določil na podlagi podatkov o dobavljeni energiji za obdobje zadnjih 3 let (2010 – 2012). Verodostojne podatke o porabi sem pridobil s soglasjem lastnika stavbe (vodstva šole) na osnovi računov dobaviteljev energije. Podatke, ki sem jih v svoji nalogi zajel so: poraba energije (toplotne, električne), lastnosti zgradbe (površina, prostornina, tip ogrevanja, starost, lastnosti oken, gradbeni material). S temi podatki sem lahko izdelal Energetsko izkaznico Prve gimnazije in stavbo tako umestil v energijski razred.

V svoji nalogi sem opravil tudi energetske pregled stavbe. Pridobljeni podatki prikazujejo rabo energije namenjene za pretvorbe v toploto, ter rabo električne energije in emisije ogljikovega dioksida (CO<sub>2</sub>). Na osnovi rezultatov sem pripravil priporočila za povečanje energetske učinkovitosti gimnazije. Raziskal bom vpliv namestitve termostatskih ventilov, smiselnost ugašanja luči med odmori, prihranek pri vestnem ugašanju računalnikov in ostalih elektronskih naprav med odmori. Raziskal bom tudi vpliv zaves na temperaturo učilnice (zagnitev zvečer) in ustrezna postavitve zaves med ogrevanjem (v nekaterih učilnicah zavese pokrivajo radiator).

Namen projektne naloge je izdelava energetske izkaznice za stavbo Prve gimnazije Maribor in opravljen energetske pregled ter na podlagi vseh podatkov izdaja priporočil za povečanje energetske učinkovitosti stavbe.

Energetska izkaznica Prve gimnazije Maribor ni namenjena le predstavitvi stroškov in predlogov za njihovo zmanjšanje, ampak je pomembna tudi iz ekološkega vidika. Namreč velik delež izpustov CO<sub>2</sub> zraven prometa, kmetijstva in industrije prispevajo tudi stavbe.



## 1.1 Predstavitev objekta

Objekt se nahaja na levem bregu reke Drave v centru mesta Maribor. Stavba Prve gimnazije Maribor je bila zgrajena po načrtih graškega arhitekta Vilhelma Bücherja, med letoma 1871 in 1873. Čas nastanka pa sovpada z evropskim slogom historicizma, ki je šoli namenil strog klasicističen izgled. Šola ima tri nadstropja. Arhitekturna zasnova Prve gimnazije ima klasično obliko črke U, kar omogoča oblikovanje lastnega notranjega dvorišča. Uradna otvoritev je bila 10. oktobra leta 1873, prvotni stavbi pa je bil leta 1928 dodan še prizidek, kjer se danes nahajata šolska telovadnica in šolsko gledališče z imenom Prvi oder.

Tehnični podatki šole:

- Starost stavbe 139 let
- Površina vseh nadstropji: 4773m<sup>2</sup>
- Površina fasade ≈ 5500m<sup>2</sup>
- Število dnevni »obiskovalcev«: 953 (835 dijakov ter okrog 80 zaposlenih temu pa še lahko dodamo osebje šolske okrepčevalnice in pa obiskovalce (npr. poštar)).



Slika 1: Prva gimnazija Maribor

## 2 IZDELAVA IZKAZNICE

### 2.1 Metodologija izdelave

Glede na možnost pridobivanja podatkov poznamo dve vrsti izkaznic in sicer na osnovi merjenja (merjene izkaznice) in na osnovi gradbenih načrtov (računske izkaznice).

Vrste izkaznic:

- **Računske izkaznice.** Računski postopek za izdelavo energetske izkaznice je namenjen za vse novogradnje, celovite obnove objektov in za obstoječe stanovanjske zgradbe, ki so namenjene za prodajo ali najem.
- **Merjene izkaznice.** Merjeni postopek izdelave je namenjen obstoječim ne-stanovanjskim objektom predvsem tistim, ki niso v zasebni lasti (npr. šole).

V mojem primeru pride v poštev merjena oblika izkaznice oziroma ta postopek izdelave energetske izkaznice Prve gimnazije Maribor.

Energetski kazalniki za merjeno izkaznico se določijo na podlagi izmerjenih vrednosti porabe energije za obdobje zadnjih treh zaključenih koledarskih let pred letom izdelave energetske izkaznice. Podatki o porabi energije se določijo na podlagi računov za porabljeno energijo ali drugih evidenc po posameznih energentih.

### 2.2 Postopki pri izdelavi

Podlaga za izdelavo merjene energetske izkaznice so podatki izmerjenih vrednosti rabe električne in toplotne energije v stavbi ali njenem posameznem delu. Podatke o dobavljeni energiji ter splošne podatke o stavbi posreduje »naročnik« v obliki računov ali drugih poročil. V mojem primeru sem za podatke prosil vodstvo šole.

Neodvisen strokovnjak mora ob izdelavi merjene energetske izkaznice opraviti pregled stavbe in naprav, ter mest dobave energije v stavbo in mest oddaje energije iz stavbe, ter strokovno preveriti smiselnost posredovanih podatkov.

## 2.3 Priprava podatkov

### ➤ Tehnični podatki šole:

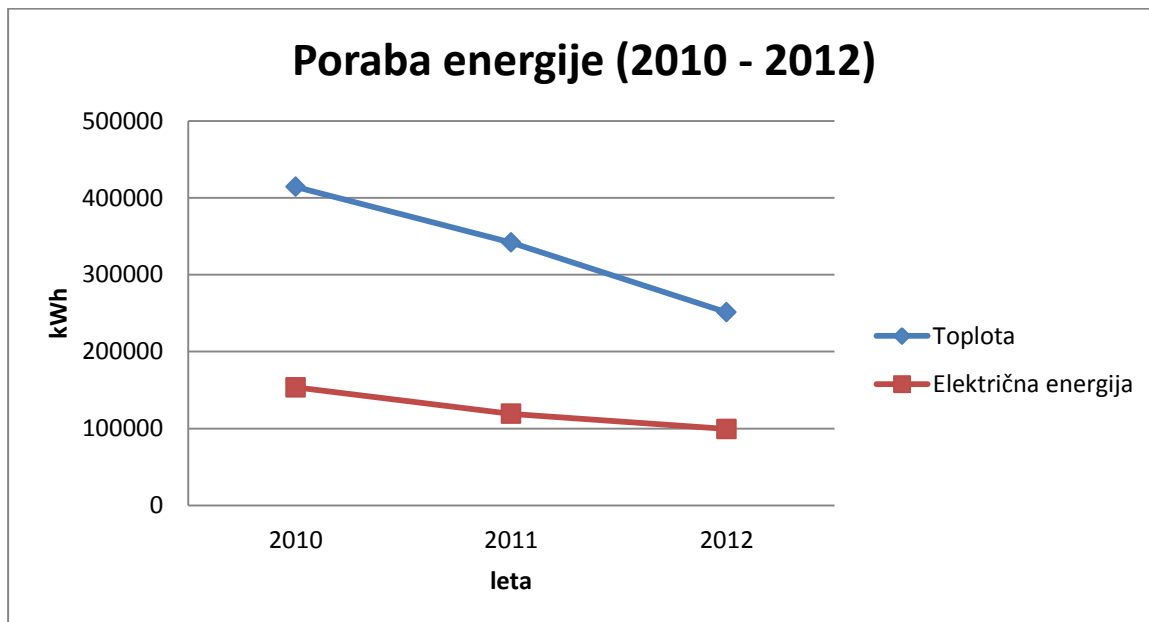
- Starost 139 let (otvoritev 10. oktober 1873)
- Površina vseh nadstropji: 4773m<sup>2</sup>
- Površina fasade ≈ 5500m<sup>2</sup>
- Koordinate: +46° 33' 42.25", +15°38' 53.18"
- Vir ogrevanja: zemeljski plin (Plinarna Maribor)
- Dobavitelj električne energije: Energija plus

### ➤ Poraba energije šole:

Tabela 1: porabe energij

leto	2010	2011	2012
Električna energija ( $W_{el}$ )	153 578 kWh	119 105 kWh	99 322 kWh
Toplota (Q)	414 242 kWh	341 886 kWh	251 037 kWh

Grafikon 1: poraba energij (2010 – 2012)



➤ Vremenski podatki za Maribor:

Tabela 2: Vremenski podatki (2010 – 2012) (vir: <http://meteo.arso.gov.si/met/si/archive/>)

<b>MARIBOR - LETALIŠČE</b> (lon=15.7, lat=46.5, viš=264m)	<i>povp. T</i> [°C]	<i>količina</i> <i>padavin</i> [mm]	<i>trajanje</i> <i>sonca [h]</i>	<i>povp.</i> <i>oblačnost</i> [%]	<i>št. dni s</i> <i>snežno</i> <i>odejo</i>
<b>2010</b>	10.1	985.1	1769	64	73
<b>2011</b>	10.8	729.9	2201.7	55	11
<b>2012</b>	11.2	925	2267.7	53	32

## 2.4 Obdelava podatkov

Energijski kazalci za merjeno energetska izkaznico:

- a) Izračun letne dovedene energije, namenjena pretvorbi v toploto na enoto uporabne površine stavbe, ki je definiran kot količnik med dovedeno energijo v enem letu in uporabno površino stavbe.

$$\frac{Q}{A_u}, \quad (\text{enačba 1})$$

$$Q \left[ \frac{kWh}{a} \right] \quad \text{dovedena energija v enem letu ( } a = \text{annual (angl. letno))}$$

$$A_u [m^2] \quad \text{uporabna površina stavbe}$$

$$\text{Leto 2010: } \frac{Q}{A_u} = \frac{414\,242 \text{ kWh}}{4773 \text{ m}^2} = \underline{86,789} \frac{kWh}{m^2} \quad (\text{izračun 1a})$$

$$\text{Leto 2011: } \frac{Q}{A_u} = \frac{341\,886 \text{ kWh}}{4773 \text{ m}^2} = \underline{71,629} \frac{kWh}{m^2} \quad (\text{izračun 1b})$$

$$\text{Leto 2012: } \frac{Q}{A_u} = \frac{251\,037 \text{ kWh}}{4773 \text{ m}^2} = \underline{52,595} \frac{kWh}{m^2} \quad (\text{izračun 1c})$$

$$\text{Povprečje 2010 – 2012: } \frac{86,786 \frac{kWh}{m^2} + 71,629 \frac{kWh}{m^2} + 52,595 \frac{kWh}{m^2}}{3} = \underline{70,337} \frac{kWh}{m^2} \quad (\text{rezultat 1})$$

Povprečna poraba energije, namenjena pretvorbi v toploto na enoto uporabne površine stavbe v enem letu za zadnje triletnje znaša  $70,337 \frac{kWh}{m^2}$ .

- b) Izračun letne porabe električne energije zaradi delovanja stavbe na enoto uporabne površine stavbe, ki je definirana kot količnik med dovedeno električno energijo v enem letu in uporabno površino stavbe:

$$\frac{Q_{el}}{A_u}, \quad (\text{enačba 2})$$

$$Q_{el} \left[ \frac{kWh}{a} \right] \quad \text{dovedena električna energija v enem letu}$$

$$A_u [m^2] \quad \text{uporabna površina stavbe}$$

$$\text{Leto 2010: } \frac{Q_e}{A_u} = \frac{153\,587 \text{ kWh}}{4773 \text{ m}^2} = \underline{32,178} \frac{kWh}{m^2} \quad (\text{izračun 2a})$$

$$\text{Leto 2011: } \frac{Q_e}{A_u} = \frac{119\,105 \text{ kWh}}{4773 \text{ m}^2} = \underline{24,954} \frac{kWh}{m^2} \quad (\text{izračun 2b})$$

$$\text{Leto 2012: } \frac{Q_e}{A_u} = \frac{99\,322 \text{ kWh}}{4773 \text{ m}^2} = \underline{20,809} \frac{kWh}{m^2} \quad (\text{izračun 2c})$$

$$\text{Povprečje 2010 – 2012: } \frac{32,178 \frac{kWh}{m^2} + 24,954 \frac{kWh}{m^2} + 20,809 \frac{kWh}{m^2}}{3} = \underline{25,974} \frac{kWh}{m^2} \quad (\text{rezultat 2})$$

Povprečna poraba električne energije na enoto uporabne površine stavbe v enem letu za zadnje triletnje znaša  $25,974 \frac{kWh}{m^2}$ .

c) Letna emisija CO<sub>2</sub> zaradi delovanja stavbe na enoto uporabne površine.

1. Izračun letne emisije CO<sub>2</sub> goriva (zemeljskega plina) se izračuna kot produkt energijske letne porabe goriva in specifične emisije goriva (zemeljski plin 0,2  $\frac{kg}{kWh}$  (Orel, str. 19))
2. Izračun letne posredne emisije CO<sub>2</sub> iz rabe električne energije se izračuna kot produkt med letno porabo električne energije in emisijskim faktorjem za uporabo električne energije. Ta faktor je določen glede na povprečno emisijo elektrarn na fosilna energija in za Slovenijo znaša 0.557 (Vir št. 6, str. 2).

*masa emisij CO<sub>2</sub> = letna emisija goriva + letna emisija električne energije*

$$\frac{\text{masa emisij CO}_2}{\text{Uporabna površina stavbe}} = \frac{m_{CO_2}}{A_u} \quad (\text{enačba 3})$$

$m_{CO_2} \left[ \frac{kg_{CO_2}}{a} \right]$  masa letnih emisij goriva in letnih emisij električne energije

$A_u [m^2]$  uporabna površina stavbe

**Leto 2010:**

$$1. \quad m_{CO_2} = 414\,242 \text{ kWh} \cdot 0,2 \frac{kg}{kWh} = 82\,848,4 \text{ kg} \quad (\text{izračun 3a})$$

$$2. \quad m_{CO_2} = 153\,587 \text{ kWh} \cdot 0,557 \frac{kg}{kWh} = 85\,548 \text{ kg} \quad (\text{izračun 3b})$$

$$\frac{m_{CO_2}}{A_u} = \frac{168\,396,4 \text{ kg}}{4773 \text{ m}^2} = \underline{35,3} \frac{kg}{m^2} \quad (\text{izračun 3c})$$

**Leto 2011:**

$$1. \quad m_{CO_2} = 341\,889 \text{ kWh} \cdot 0,2 \frac{kg}{kWh} = 68\,377,8 \text{ kg} \quad (\text{izračun 3d})$$

$$2. \quad m_{CO_2} = 119\,105 \text{ kWh} \cdot 0,557 \frac{kg}{kWh} = 66\,341,5 \text{ kg} \quad (\text{izračun 3e})$$

$$\frac{m_{CO_2}}{A_u} = \frac{134\,692,3 \text{ kg}}{4773 \text{ m}^2} = \underline{28,2} \frac{kg}{m^2} \quad (\text{izračun 3f})$$

**Leto 2012:**

1.  $m_{CO_2} = 251\,037 \text{ kWh} \cdot 0,2 \frac{\text{kg}}{\text{kWh}} = 50\,207,4 \text{ kg}$  (izračun 3g)

2.  $m_{CO_2} = 99\,322 \text{ kWh} \cdot 0,557 \frac{\text{kg}}{\text{kWh}} = 55\,322,4 \text{ kg}$  (izračun 3h)

$$\frac{m_{CO_2}}{A_u} = \frac{105\,529,8 \text{ kg}}{4773 \text{ m}^2} = \underline{22,1} \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \quad (\text{izračun 3i})$$

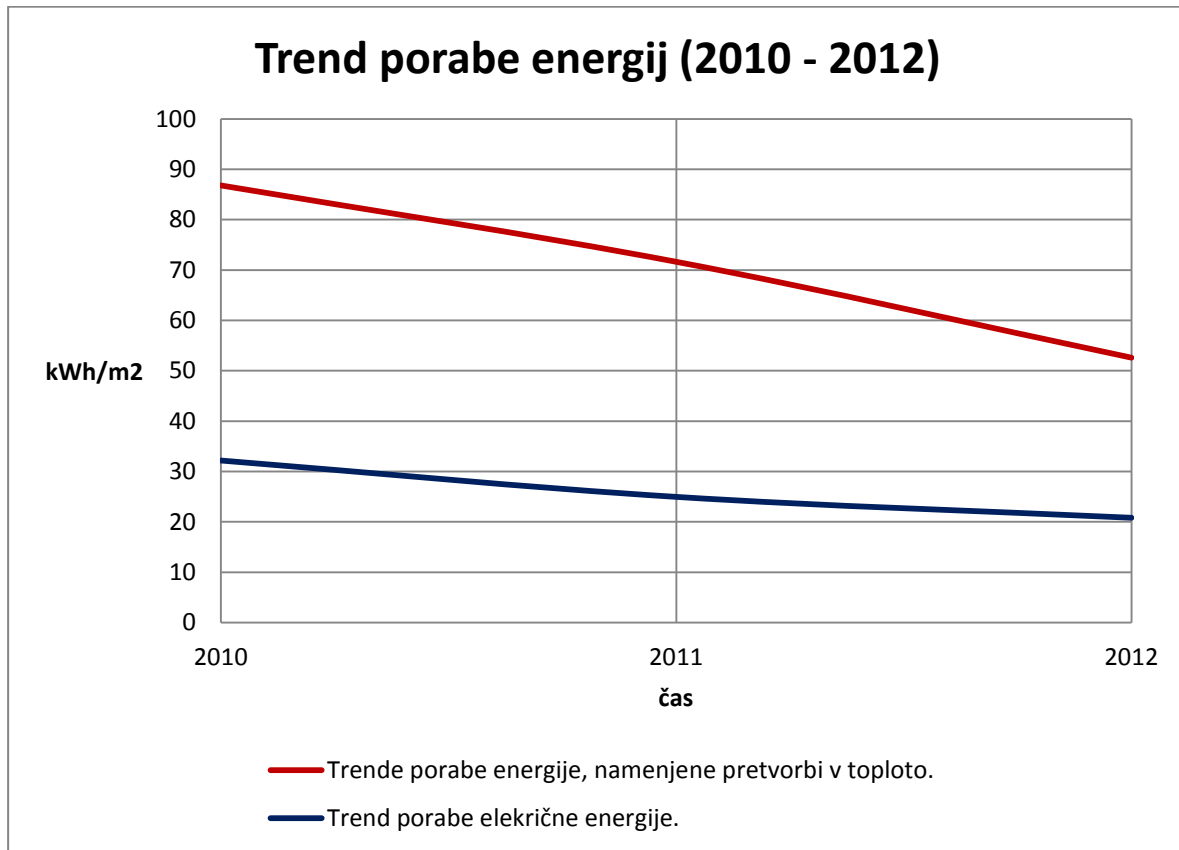
Povprečna vrednost CO<sub>2</sub> za obdobje 2010 – 2012:  $\underline{28,5} \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$  (rezultat 3)

Povprečna emisija CO<sub>2</sub> zaradi delovanja stavbe na enoto uporabne površine v zadnjem triletju znaša  $28,5 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$ .

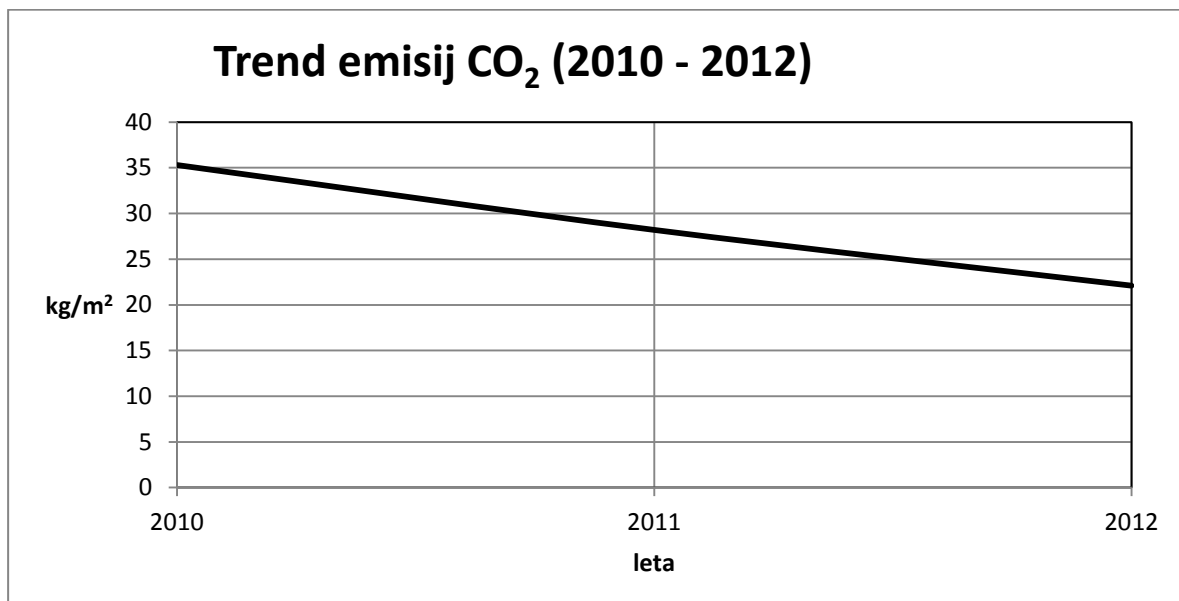


## 2.5 Rezultati

Grafikon 2: trend porabe energij

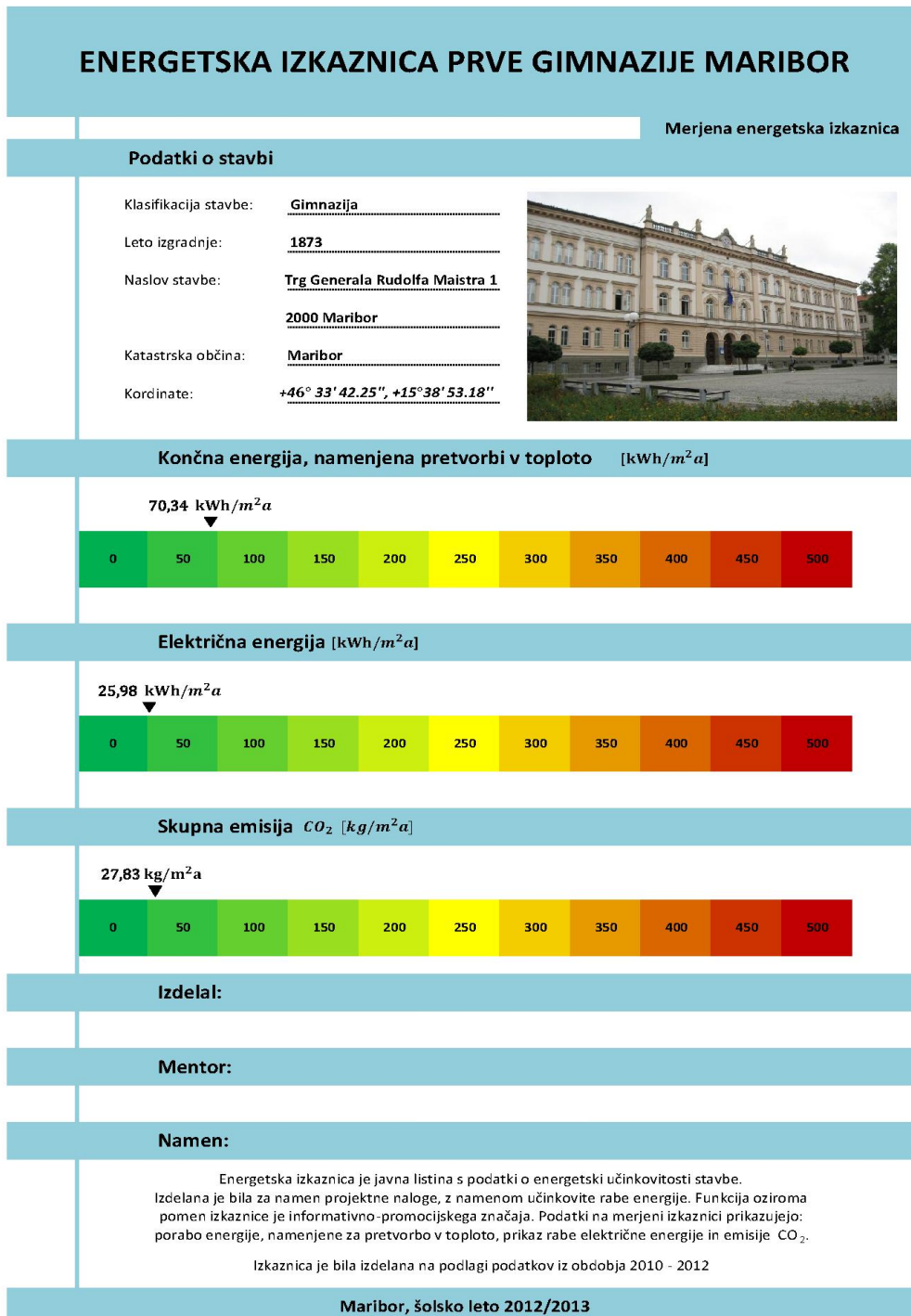


Grafikon 3: trend emisij CO<sub>2</sub>



### 3 ENERGETSKA IZKAZNICA

#### 3.1 Energetska izkaznica Prve gimnazije Maribor



Slika 2: Energetska izkaznica

## 3.2 Razlaga energetske izkaznice

Na podlagi vseh pridobljenih podatkov porabe energij zadnjih treh let, ki mi jih je posredovalo vodstvo šole, sem lahko izračunal vse potrebne energetske kazalce in tako izpolnil energetske izkaznice.

Pri izdelavi oblike energetske izkaznice sem upošteval pravilnik o metodologiji in izdelavi, vendar sem obliko nekoliko priredil, da je bolj smiselna, oziroma, da bolje ustreza projektni nalogi. V izkaznico sem vstavil osnovne podatke stavbe (letnica izgradnje, naslov, klasifikacija stavbe). Energetske kazalce sem grafično prikazal na treh barvnih poltrakah in pripisal izračunano povprečje zadnjih treh let.

Na prvem poltraku je prikazano triletno povprečje celoletne energije (zemeljski plin), ki jo stavbi dobavi dobavitelj (Plinarna Maribor) in se potroši za pretvorbo v toploto oziroma ogrevanje na enoto ( $m^2$ ) uporabne površine stavbe.

Drugi poltrak prikazuje triletno povprečje dobavljene električne energije (dobavitelj Energija plus) na enoto ( $m^2$ ) uporabne površine stavbe.

Tretji poltrak pa prikazuje triletno povprečje vseh emisij  $CO_2$  na kvadratni meter uporabne površine stavbe.

Uporabna površina stavbe je površina, ki se vsakodnevno čisti. V uporabno površino Prve gimnazije Maribor torej štejemo vse učilnice, hodnike, kabinete, laboratorije, pisarne, telovadnico, zbornico, skratka vse prostore, ki so vsakodnevno v uporabi.

Poenostavljeno lahko torej rečemo, da je na poltrakah prikazano, koliko  $kWh$  energije je namenjeno ogrevanju, koliko  $kWh$  električne energije se v enem letu porabi na kvadratni meter uporabne površine stavbe in koliko  $kg CO_2$  se vsako leto izpusti v ozračje, na kvadratni meter uporabne površine stavbe kot rezultat delovanja stavbe. Na energetske izkaznice sem na kratko zapisal namen in datum izdaje, prav tako sem dodal tudi sliko objekta.

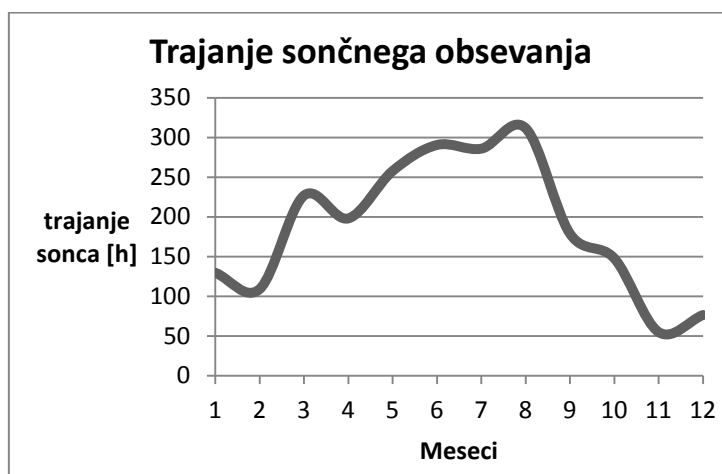
## 4 ENERGETSKI PREGLED

V energetski pregled stavbe sem vključil: rabo razsvetljave ter ostalih električnih naprav, prezračevanje in primernost ogrevanja.

### 4.1 Raba električne energije

Pri energetskem pregledu sem ugotovil, da se večino električne energije potroši za razsvetlavo in uporabo električnih naprav kot so računalniki, projektorji in table na dotik (Smartboard). Luči gorijo najdlje v zimskih in jesenskih mesecih. To je razvidno tudi iz spodnjega grafa, ki prikazuje število ur sončnega obsevanja v odvisnosti od meseca. Luči torej gorijo ob oblačnem vremenu in zgodnjih jutranjih urah v zimskem času, ko je dolžina dneva najkrajša.

Grafikon 4: trajanje sončnega obsevanja



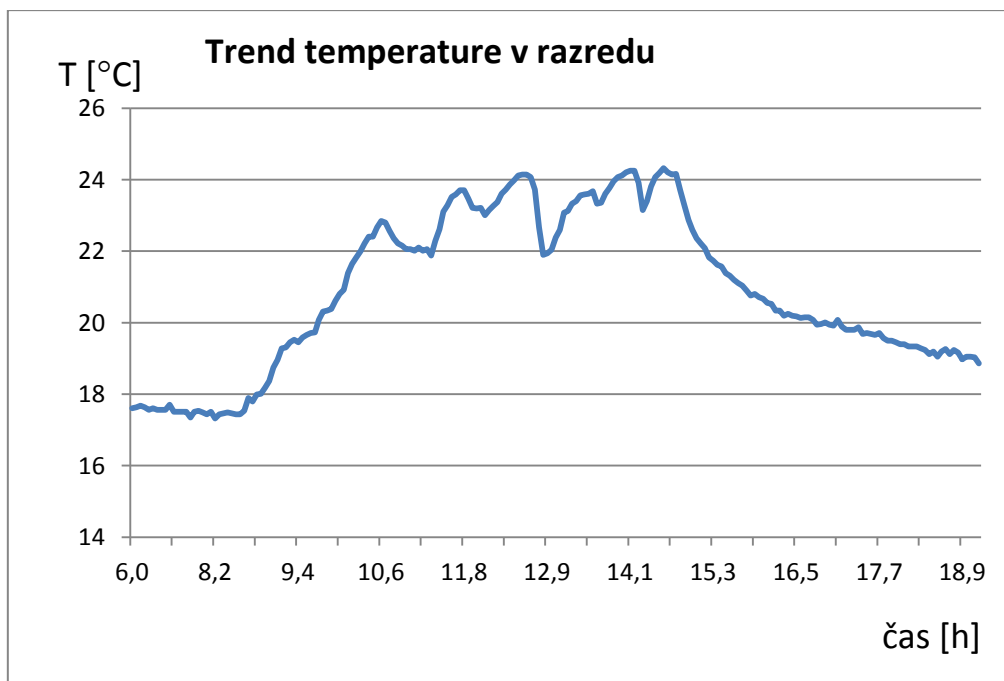
Električne naprava (računalniki, monitorji, projektorji,...) so prižgani le v času učnih ur in se po končanem delu ugasnejo.

V energetskem pregledu sem ugotovil, da je največja poraba električne energije od jutra do popoldneva, drugače povedano poraba električne energije je največja v času pouka. Zvečer in ponoči je poraba električne energije zelo majhna saj je stavba prazna, prav tako je minimalna poraba med počitnicami in prazniki. V tem času večino električne energije porablja računalniški strežnik.

## 4.2 Ogrevanje

Sistem ogrevanja stavbe je klasično centralno ogrevanje na zemeljski plin. Inštalacije so zastarele. Radiatorji so starejšega tipa, zato je oddaja toplote slabša in njihov izkoristek je nizek. Prav tako ni regulacije ogrevanja v učilnicah (ni termostatskih ventilov). Prav tako v veliko učilnicah na radiatorjih niso nameščeni niti navadni ventili, zato je reguliranje ogrevanja v veliko prostorih nemogoče. Te pomanjkljivosti velikokrat privedejo do velikih razlik med temperaturami v posameznih prostorih v različnih delih stavbe. Dogaja se, da je v prostoru na sončni strani temperatura previsoka in se zato odprejo okna, energija pa gre na tak način »v nič«, medtem pa je v nekem prostoru veliko hladneje. Prav tako je zaradi slabo izoliranih etažnih plošč mogoče občutiti veliko temperaturno razliko med pritličjem in drugim nadstropjem. V nekaterih prostorih so neustrezno postavljene tudi zavesa, ki pokrivajo radiatorje vse do tal. V takšnem primeru radiator greje le prostor med oknom in zaveso, ogrevanje prostora pa je tako močno omejeno.

Grafikon 5: Trend temperature razreda



V razredu sem več dni meril temperaturo. Grafikon 5 prikazuje temperaturo v razredu v enem izmed delovnih dni. Začetek meritve je ob 6.00, konec pa ob 19.00. Meritev je bila opravljena s temperaturnim senzorjem in vmesnikom Vernier.

Zaradi grafa, ki prikazuje precejšnje nihanje temperature v razredu, me je zanimalo nihanje temperature v razredu kot posledica segrevanja zaradi oddajanja toplote dijakov.

Vsako telo seva elektromagnetno (EM) valovanje - z njim je povezana sevalna energija. Sevanje je sestavljeno iz valovanj različnih valovnih dolžin (spekter EM valovanja). Pri običajnih temperaturah (okrog 20 °C) je skoraj vsa energija v obliki infrardečih (IR) valov, katerih valovna dolžina je manjša od valov vidne svetlobe ( $\lambda_{IR} > \lambda_{VIDNA}$ ). Pri temperaturi okrog 800 °C telesa sevajo vidno svetlobo, žarijo »rdeče«, večina energije je še vedno v infrardečem delu spektra. Pri temperaturi okrog 3000 °C (žarnica) je vidne svetlobe že toliko, da telo sveti »belo«.

Toplotno sevanje merimo s kamero s filmi občutljivimi na IR žarke. Termografija se uporablja predvsem za ugotavljanje energijskih izgub stavb in v medicini.

Sevalni toplotni tok (P) narašča s temperaturo (T) zelo hitro:

$$P \propto T^4 \quad (T \text{ je absolutna temperatura v kelvinih),$$

Telo seva toplotni tok, ki je premo sorazmeren s površino telesa (A):

$$P \propto A.$$

Toplotni tok je odvisen od narave (lastnosti) površine, ki jo definira emisivnost (e) in je razmerje med toplotnim tokom iz izbrane površine in toplotnim tokom iz idealne sevalne površine z enako veliko površino in temperaturo. Vrednosti koeficienta emisivnosti znašajo v intervalu med nič in ena ( $0 < e < 1$ ):

- e (temna, hrapava površina) > e (svetla, gladka površina)
- e (hrapava črna površina)  $\approx 1$

Povezavo med toplotnim tokom in temperaturo nam podaja Stefan – Boltzmannov zakon:

$$P = Ae\sigma T^4,$$

kjer je  $\sigma$  Stefan-Boltzmannova konstanta in znaša  $5.67 \cdot 10^{-8} \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$ .

S sevanjem se telesa ohladijo na temperaturo okolice, če jim ne dovajamo energije. Vendar pa se ne ohladijo nižje od okolice, saj tudi okolica seva. Izsevani toplotni tok je določen s temperaturo telesa, absorbirani pa s temperaturo okolice.

Primeri oddajanj in prejetanj toplote:

- $T_1$  (telesa)  $>$   $T_2$  (okolice), telo oddaja toploto
- $T_1$  (telesa)  $<$   $T_2$  (okolice), telo prejema toploto
- $T_1$  (telesa)  $=$   $T_2$  (okolice), toplotno ravnovesje

Če je telo dober absorber, je tudi dober emiter (sevalec). Idealni sevalec ( $e = 1$ ) je tudi idealni absorber, absorbira vse sevanje, ki pade nanj – **črno telo**. Telo, ki odbija vse sevanje, tudi slabo seva. Iz Stefan – Boltzmannovega zakona lahko izračunamo izsevano toplotni tok človeškega telesa.

Celotna površina človeškega telesa je  $1,2 \text{ m}^2$ , površinska temperatura znaša okrog  $30 \text{ }^\circ\text{C}$  oziroma  $303 \text{ K}$ . Temperatura okolice je  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ . Emisivnost telesa je blizu 1, ne glede na pigmentacijo kože. Izračun

$$P = Ae\sigma T^4$$

pokaže, da povprečno človeško telo seva  $574 \text{ W}$  toplotnega toka. Pri tem telo tudi prejema energijo zaradi sevanja okolice, ki je odvisno od temperature okolice. Neto oddan toplotni tok tako izračunamo po izrazu

$$\Delta P = Ae\sigma T_1^4 - Ae\sigma T_2^4 = Ae\sigma (T_1^4 - T_2^4)$$

in znaša

$$\Delta P = Ae\sigma (T_1^4 - T_2^4) = 1,2 \text{ m}^2 \cdot 1 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-4} \cdot ((303\text{K})^4 - (293\text{K})^4) = \underline{72 \text{ W}}.$$

Tako dobimo podatek, da ena oseba v prostoru s temperaturo 20 °C seva z močjo 72 W. Ker je v razredu v povprečju 30 dijakov in profesor, je celotna moč sevanja okrog 2200W:

$$P_{\text{celotna}} = 31 \times 72 \text{ W} = \underline{\underline{2232 \text{ W}}}.$$

Kako seva človeško telo, je prikazano na sliki 3. Vsi termografski posnetki so narejeni z IR termokamero *FLIR T400*.

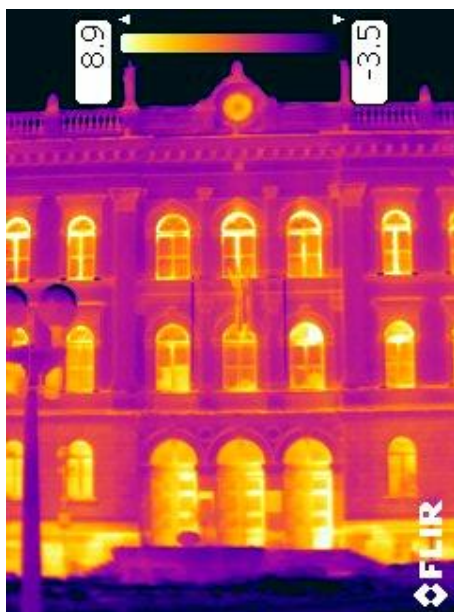


Slika 3: Termo slika človeka

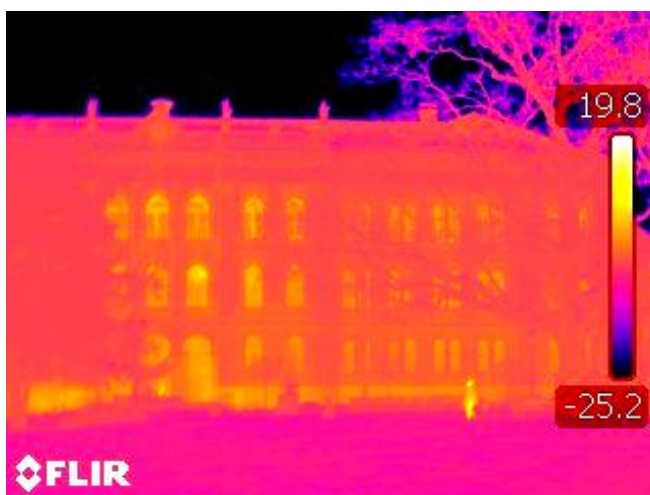


### 4.3 Toplotne izgube

S pomočjo termo posnetkov sem prišel do ugotovitve, da prihaja največ izgub pri oknih in vratih stavbe. Toplotne izgube skozi stene so zaradi njihove velike debeline veliko manjše. Na slikah je dobro vidna razlika temperatur med okni in vrati ter stenami.



Slika 5: Termo slika glavnega vhoda



Slika 4: Termo slika stavbe (Trg generala Maistra)

Razlika temperatur med okni in vrati ter stenami lahko pojasnim s teorijo o toplotnem prevajanju in podkrepim z izračuni.

Prevajanje toplote poteka med dvema področjema z različno temperaturo. Toplotni tok teče iz področja z višjo temperaturo v področje z nižjo temperaturo.

Toplotni upor ( $R$ ) snovi podaja, kolikšna mora biti temperaturna razlika med področjema, da skozi snov steče 1 W toplotnega toka. Čim večji je toplotni upor, tem večja je lahko temperaturna razlika na koncih snovi (pri enakem toplotnem toku) oz. tem manjši toplotni tok teče skozi snov (pri enaki temperaturni razliki). Toplotni upor je premo sorazmeren z dolžino snovi v smeri pretakanja toplote ( $d$ ) ter obratno sorazmeren s toplotno prevodnostjo snovi ( $\lambda$ ) in prečnim prerezom ( $S$ ), skozi katerega toplota teče:

$$R = \frac{d}{\lambda S} \left[ \frac{K}{W} \right]. \quad (\text{enačba toplotnega upora})$$

a) Izračun toplotnega upora kvadratnega metra zidu:

$$d = 0,60 \text{ m}$$

$$S = 1 \text{ m}^2$$

$$\lambda (\text{opeka (polna)}) = 0,6 \frac{W}{mK}$$

$$R = \frac{d}{\lambda S} = \frac{0,6 \text{ m}}{0,6 \frac{W}{mK} \cdot 1 \text{ m}^2} = 0,75 \frac{K}{W}$$

b) Izračun toplotnega upora oken

Iz toplotne prehodnosti okna (U) sem izračunal toplotni upor plastičnega okna

$$R = 1/U,$$

za katerega znaša U (PVC (vezano eno-komorno krilo) =  $2,5 \frac{W}{m^2K}$  (Vir 8, Grobovšek):

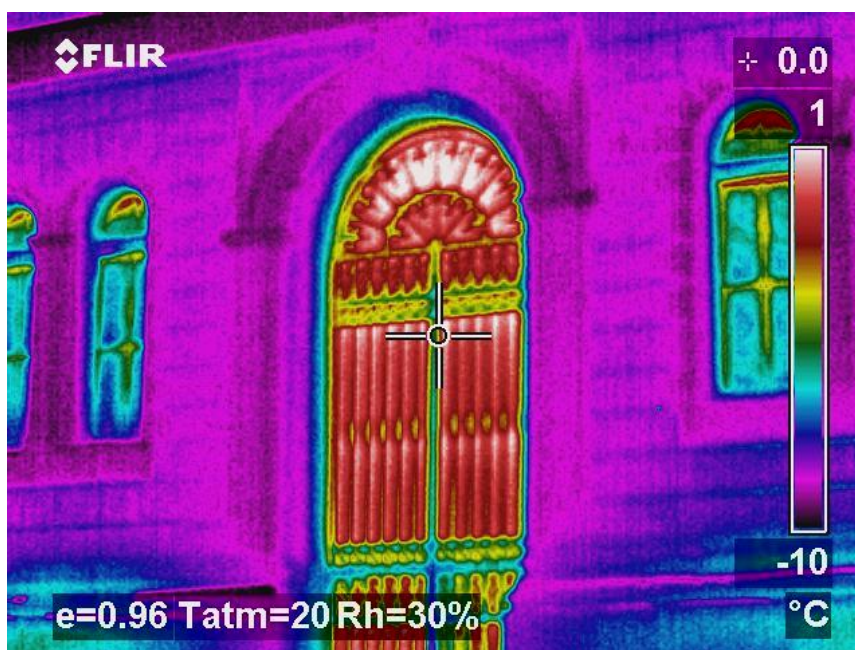
$$R = \frac{1}{2,5 \frac{W}{m^2K}} = 0,4 \frac{m^2K}{W}.$$

Ker sem pri toplotnem uporu zidu vzel  $m^2$  zidu moram dobljen upor okna prav tako preračunati na  $m^2$ :

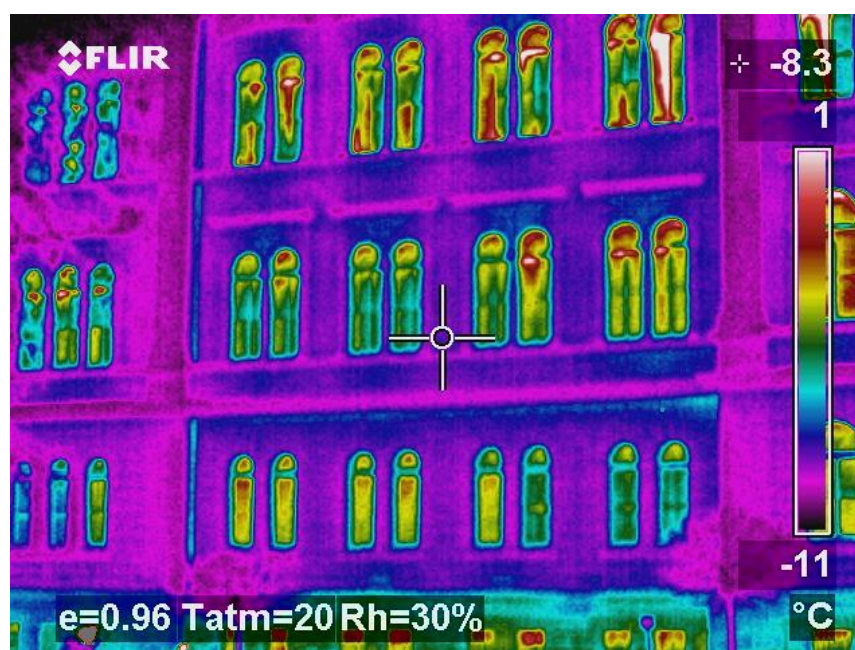
$$\frac{0,4 \frac{m^2K}{W}}{1 \text{ m}^2} = 0,4 \frac{K}{W}.$$

Toplotni upor zidu znaša  $0,75 \frac{K}{W}$ , toplotni upor oken pa je  $0,4 \frac{K}{W}$ . Iz rezultatov je razvidno da je toplotni upor stene skoraj dvakrat večji kot toplotni upor oken.

Največ toplotnih izgub torej predstavljajo okna in vrata. Čeprav so okna relativno nova, se nekatera slabo zapirajo ali pa jih dijaki slabo zaprejo. Posledica slabega zapiranja se občuti, ko položimo roko na okensko polico, saj čutimo rahlo pihanje mrzlega zraka. Tudi vrata predstavljajo velike izgube. Na sliki 9 lahko vidimo veliko razliko med temperaturami zidov in vrat, ki so narejene iz enojnega stekla in kovinskega okvirja.



Slika 7: Termo slika vhoda (Gregorčičeva ulica)



Slika 6: Termo slika pročelja

## 5 PRIPOROČILA NA OSNOVI PREGLEDA

Na osnovi energetskega pregleda sem izdelal priporočila za učinkovitejše delovanje stavbe. Priporočila sem razvrstil na dve področji in sicer v:

- priporočila za zmanjšanje porabe energije namenjene pretvorbi v toploto,
- priporočila za zmanjšanje porabe električne energije.

Obe priporočili sta namenjeni zmanjšanju stroškov in zmanjšanju izpustov emisij CO<sub>2</sub>.

### 5.1 Priporočila za zmanjšanje porabe energije namenjene ogrevanju

Pri energetskega pregledu sem ugotovil, da je največ toplotnih izgub pri oknih in vratih. Priporočam zamenjavo vrat, predvsem vrat na vhodu iz Gregorčičeve ulice. Priporočam zamenjavo tesnil na oknih in popravilo oken, ki se slabo zapirajo.

Priporočam, da se dijake ozaveš, kako se pravilno zrači učilnice. Predvsem v zimskem času je pomembno, kako se prostor prezrači, da se hitro zopet segreje in pri tem ni prevelikih toplotnih izgub. Prostor se pravilno oziroma najučinkovitejše zrači tako, da se odprejo okna in vrata na stežaj. Tako se ustvari prepih in se zrak v prostoru kar najhitreje zamenja. To zračenje pa je veliko učinkovitejše tudi iz energetskega razloga predvsem pozimi. Takšno zračenje namreč ne traja dolgo, pri tem pa se zamenja zrak, ki se ga da hitro spet ogreti. Pri dolgotrajnem zračenju, ko so okna odprta »na kip«, se ne izmenja ves zrak, v tem primeru zračenje traja tudi dlje časa in v tem času pride tudi do ohlajanja zidov in zato je prostor po takšnem zračenju težje segreti, saj zraven zraka segrevamo tudi zidove. Prostor lahko zračimo v vsakem odmoru in tako zagotovimo kvaliteten zrak v katerem je možna boljša koncentracija.

Prav tako priporočam vgradnjo termostatskih ventilov na radiatorjih. S tem bi izboljšali učinkovitost porabe energije, saj bi prostore ogrevali do primerne temperature, prav tako pa nebi prihajalo do razlik med posameznimi deli stavbe in do prevelikih ali prenizkih temperatur v posameznih prostorih.

V času kurilne sezone bi bilo smiselno zvečer oziroma po delovnem času stavbe zagrniti vsa okna z zavesami, saj bi na tak način zmanjšali toplotni tok skozi okna.

## **5.2 Priporočila za učinkovitejšo rabo električne energije**

Pri energetske pregledu sem ugotovil, da se največ električne energije porabi za razsvetljavo in delovanje računalnikov ter ostalih električnih naprav.

Za zmanjšanje porabe električne energije zato priporočam postopno zamenjavo starih žarnic z varčnimi. Prav tako bi bilo smiselno racionalnejše porazdeliti luči. Pri tem imam v mislih nekatere učilnice, ki nimajo posebej luči, ki je usmerjena na tablo, saj se sedaj v primeru bleščanja table prižgejo vse luči, da je vidljivost na tablo boljša. Prav tako priporočam ozaveščanje dijakov naj ugašajo luči, ko te niso potrebne. V zvezi z uporabo električnih naprav priporočam, ugašanje le teh po končanem delu in izklapljanje naprav iz vtičnic.

## 6 ZAKLJUČEK

Na podlagi izračunanih podatkov sem ugotovil, da je stavba glede na svojo starost relativno dobro energetska učinkovita. Če bi jo morali umestiti v razred energetske učinkovitosti glede na letne potrebe toplote za ogrevanje stavbe na enoto uporabne površine, bi jo umestili v razred D. Tudi porabe električne energije na enoto uporabne površine je majhna, kar pa je bilo za pričakovati, saj je stavba ne-stanovanjska in se zvečer ne prižiga luči. Kot posledica vsega tega je izpust ogljikovega dioksida, na enoto uporabne površine, relativno majhen. Vendar pa ima stavba kljub dobrim rezultatom glede na svojo starost kar nekaj pomanjkljivosti, ki sem jih odkril v energetskem pregledu. Zato sem v priporočilih predlagal načine, kako izboljšati energetska učinkovitost in narediti stavbo Prve gimnazije Maribor, ki šteje kar 139 let, energetska učinkovitejšo in energetska primerljivo z modernimi objekti.

## VIRI

1. Minister za okolje in prostor, 2009, PRAVILNIK o metodologiji izdelave in izdaji energetskih izkaznic stavb, ULRS, št. 77/ 2009.
2. Lepotica na Maistrovem trgu (Elektronski vir) Dostopno na URL naslovu: <http://www.pgmb.si/lepotica-na-maistrovem-trgu/> (12.12.2012).
3. OREL, Andrej. Priprava energetske izkaznice stavbe: Diplomsko delo univerzitetnega študijskega programa 1. Stopnje Strojništva (Elektronski vir). Dostopno na URL naslovu: <http://dkum.uni-mb.si/lzpisGradiva.php?id=16089&tab=osnovno&b=> (15.1. 2013).
4. ARHIV - opazovani in merjeni meteorološki podatki po Sloveniji (Elektronski vir) Dostopno na URL naslovu: <http://meteo.arso.gov.si/met/sl/archive/> (15. 1. 2013).
5. KLADNIK Rudolf, 2007, Energija, toplota, zvok ,svetloba, Ljubljana, DZS, d.d.
6. Tehnična priloga k navodilom za predlogo za akcijski načrt za trajnostno energijo: Emisijski faktorji (Elektronski vir) Dostopno na URL naslovu: [http://www.covenantofmayors.eu/IMG/pdf/technical\\_annex\\_sl.pdf](http://www.covenantofmayors.eu/IMG/pdf/technical_annex_sl.pdf) (10.1.2013).
7. Bojan Grobovšek, Katalog toplotnih mostov, (Elektronski vir). Dostopno na URL naslovu: <http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/Grobovsek/PT291.htm> (6. 8. 2012)
8. Bojan Grobovšek, Prednost in slabost PVC in lesenih oken, (Elektronski vir). Dostopno na URL naslovu: <http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/Grobovsek/PT62.htm> (6. 8. 2012)

## VIRI SLIK

1. KOČMUT, Dušan. *Prva gimnazija Maribor* [Online]. [Citirano 19. januar 2013]. Dostopna na spletnem naslovu <[http://sl.wikipedia.org/wiki/Slika:Prva\\_gimnazija\\_Maribor.JPG](http://sl.wikipedia.org/wiki/Slika:Prva_gimnazija_Maribor.JPG)>