

I. osnovna šola Celje
Vrunčeva ulica 13, 3000 Celje



TOPLOTNO UGODJE IN OSVETLJENOST ŠOLSKIH PROSTOROV

Raziskovalna naloga

Avtorji:

Vid Čujež, 8. a

Tibor Galeša Čoklc, 8. a

Nuša Rojc, 8. a

Mentorica:

Breda Krajnc, učit. mat., fiz. in nar.

Mestna občina Celje, Mladi za Celje
Celje, 2022

I. osnovna šola Celje
Vrunčeva ulica 13, 3000 Celje

TOPLOTNO UGODJE IN OSVETLJENOST ŠOLSKIH PROSTOROV

Področje: zdravstvo

Avtorji:

Vid Čujež, 8. a

Tibor Galeša Čoklc, 8. a

Nuša Rojc, 8. a

Mentorica:

Breda Krajnc, učit. mat., fiz. in nar.

Mestna občina Celje,

Mladi za Celje, 2022

POVZETEK

V šolskih prostorih mladi preživimo velik del svojega časa, zato je pomembno, kako se v teh prostorih počutimo. Na naše počutje poleg šolskih obveznosti vplivajo tudi dejavniki kot so temperatura v prostoru, vlažnost zraka, hitrost gibanja zraka, kakovost zraka in osvetljenost. Če ti dejavniki dosegajo zakonsko predpisane vrednosti, je delo v razredu bolj učinkovito in s tem lahko dosežemo tudi boljše uspehe. V nasprotnem primeru pa se ob odstopanju dejavnikov od zakonsko predpisanih vrednosti pojavljajo različne posledice kot so zmanjšana koncentracija, glavoboli, nemir, ki v nadaljevanju vodijo k slabšim rezultatom. Glede na dejstvo, da imajo ti dejavniki velik vpliv na zdravje vseh, ki se v teh prostorih zadržujejo, je zelo pomembno, da je z vsemi možnimi ukrepi poskrbljeno za optimalne pogoje bivanja in dela v šoli. Cilj raziskovalne naloge je raziskati kakšno je toplotno ugodje in stopnja osvetljenosti v učilnici in kako se le-ta tekom dneva spreminja. Na podlagi rezultatov bomo določili ukrepe za izboljšanje stanja, če bo to potrebno. Namen raziskovalne naloge je raziskati obstoječe mikroklimatske pogoje in osvetljenosti v učilnici, kjer preživimo učenci ves čas trajanja pouka, v času COVID-19. Ukrepe, ki jih bomo določili za izboljšanje stanja, bomo lahko uporabljali skozi vso leto.

Ključne besede: mikroklima, osvetljenost, učilnice, vpliv na počutje, toplotno ugodje.

ZAHVALA

Zahvaljujemo se mentorici, gospe Bredi Kranjc, ki nas je spodbudila k raziskovanju in nam ves čas pomagala, nas usmerjala in nam svetovala kako pristopiti k posameznim fazam raziskovalne naloge.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	1
1.1	Opredelitev raziskovalnega problema	1
1.2	Namen in cilji	1
1.3	Hipoteze	1
2	TEORETIČNI DEL	2
2.1	Zakonodaja	2
2.2	Toplotno ugodje	5
2.3	Osvetljenost	7
3	METODE DELA	11
3.1	Načrtovanje izvedbe meritev v šolskih prostorih	11
3.2	Meritve osvetljenosti	15
3.3	Meritve mikrokline	16
3.4	Meritve srednje sevalne temperature	18
3.5	Izračun toplotnega ugodja	21
4	REZULTATI	23
5	ODGOVORI NA HIPOTEZE	33
6	ZAKLJUČEK	35
7	LITERATURA	36

KAZALO TABEL

Tabela 1: Sedemstopenjska lestvica znanja oz. ocene toplotnega okolja (Prek, 2013).....	6
Tabela 2: Vrednosti indeksa udobja (NIJZ, 2019)	7
Tabela 3: Priporočene vrednosti vzdrževane osvetljenosti in indeksa bleščanja za izbrane prostore v izobraževalnih ustanovah (Bizjak, 2013).	10
Tabela 4: Seznam merilnih mest	11
Tabela 5: Rezultati meritev mikroklimе in osvetljenosti z dne, 19. 1. 2022.....	23
Tabela 6: Rezultati meritev mikroklimе in osvetljenosti z dne, 19. 1. 2022.....	25
Tabela 7: Rezultati meritev mikroklimе in osvetljenosti z dne, 26. 1. 2022.....	26
Tabela 8: Rezultati meritev mikroklimе in osvetljenosti z dne, 26. 1. 2022.....	28
Tabela 9: Rezultati meritev mikroklimе in osvetljenosti z dne, 2. 2. 2022.....	28
Tabela 10: Rezultati meritev mikroklimе in osvetljenosti z dne, 2. 2. 2022.....	31

KAZALO SLIK

Slika 1: Dnevna svetloba je v učilnici zelo pomembna (Bizjak, 2013)	8
Slika 3: Shema učilnice za predmet Biologija v 3. nadstropju, z označenimi merilnimi mesti	12
Slika 4: Shema učilnice za predmet Angleščina v pritličju, z označenimi merilnimi mesti	15
Slika 5: Merilnik osvetljenosti	16
Slika 6: Merilnik temperature in relativne vlažnosti zrak	17
Slika 7: Sonda za merjenje hitrosti gibanja zraka	18
Slika 8: Sonda za merjenje sevalne temperature	19
Slika 9: Prikaz izvajanja meritev parametrov mikroklimе in osvetljenosti v šolski učilnici ..	19
Slika 10: Prikaz zapisovanja rezultatov izmerjenih parametrov na terenski list.....	19
Slika 11: Izvajalca meritev z merilnikoma mikroklimе in osvetljenosti.....	20
Slika 12: Zapisovanje rezultatov merjenja parametrov na terenski list	20
Slika 13: Merilnik mikroklimе (temperatura in relativna vlažnost zraka) in merilnik osvetljenosti.....	20
Slika 14: Seznam aktivnosti za oceno MET – metabolično oceno (ZSTI SLOVENIJE, 2021)	21
Slika 15: Primer izračuna CLO (ZSTI SLOVENIJE, 2021)	21
Slika 16: Seznam in opis opis oblačil za oceno CLO (ZSTI SLOVENIJE, 2021)	22

1 UVOD

1.1 Opredelitev raziskovalnega problema

V šolskih prostorih mladi preživimo velik del svojega časa, zato je pomembno, kako se v teh prostorih počutimo. Na naše počutje poleg šolskih obveznosti vplivajo tudi dejavniki kot so temperatura v prostoru, vlažnost zraka, hitrost gibanja zraka, kakovost zraka in osvetljenost. Če ti dejavniki dosegajo zakonsko predpisane vrednosti, je delo v razredu bolj učinkovito in s tem lahko dosežemo tudi boljše uspehe. V nasprotnem primeru pa se ob odstopanju dejavnikov od zakonsko predpisanih vrednosti pojavljajo različne posledice, kot so zmanjšana koncentracija, glavoboli, nemir, ki v nadaljevanju vodijo k slabšim rezultatom. Glede na dejstvo, da imajo ti dejavniki velik vpliv na zdravje vseh, ki se v teh prostorih zadržujejo, je zelo pomembno, da je z vsemi možnimi ukrepi poskrbljeno za optimalne pogoje bivanja in dela v šoli.

1.2 Namen in cilji

Cilj raziskovalne naloge je raziskati toplotno ugodje in osvetljenost v šolskih prostorih osnovne šole, ki jo obiskujemo. Na podlagi rezultatov meritev bomo določili ukrepe za izboljšanje toplotnega ugodja in osvetljenosti v šolskih prostorih. Namen raziskovalne naloge je tudi ozavestiti učence o pomenu toplotnega udobja in primerne osvetljenosti v šolskih prostorih, kako to vpliva na njihovo počutje in na njihovo koncentracijo, tako v času pouka, v učilnicah, kot tudi doma.

1.3 Hipoteze

Hipoteza 1: Osvetljenost učilnic je neenakomerna in ne dosega zahtevane stopnje osvetljenosti na vseh merilnih mestih.

Hipoteza 2: Toplotno ugodje v izbrani učilnici se spreminja glede na mesto merjenja.

Hipoteza 3: Toplotno ugodje in osvetljenost se razlikujeta glede na lokacijo učilnice.

2 TEORETIČNI DEL

Šola je posebno okolje, saj mora tako učiteljem kot učencem zagotoviti optimalne pogoje za poučevanje in učenje. Slaba kakovost notranjega zraka v šoli lahko ovira otrokovo koncentracijo in njegovo sposobnost učenja. Na delo učencev in učiteljev pa vpliva tudi zvišanje temperature zraka v šolskih prostorih. Višja temperatura vpliva na manjšo budnost otrok, pojavi pa se lahko tudi glavobol, utrujenost in občutek vročine (NIJZ, 2019).

2.1 Zakonodaja

Zakonske predpise na področju toplotnega ugodja v notranjih prostorih ureja Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb. V njem so določene tehnične zahteve za prezračevanje in klimatizacijo stavb ter določena najnižja še dopustna kakovost zraka in toplotnega okolja (Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb, 2021).

V 1. alineji 5. člena Pravilnika o prezračevanju in klimatizaciji stavb je navedeno naslednje: *»V tem pravilniku navedeni parametri notranjega okolja morajo biti zagotovljeni v vseh bivalnih conah prostorov pri normalnih vremenskih razmerah skladno z namembnostjo prostorov ter pri predvidenem številu prisotnih oseb v prostorih. S tem pravilnikom zahtevani parametri notranjega okolja veljajo za prostore, namenjene za delo in bivanje ljudi (npr. poslovni, vzgojno-varstveni, stanovanja), za druge prostore (npr. garaže) morajo biti ustrezni parametri notranjega okolja določeni v projektni dokumentaciji.«.*

Toplotno okolje je v tem Pravilniku o prezračevanju in klimatizaciji stavb zajeto v več členih, in sicer:

V 2. alineji 11. člena so določene mejne vrednosti indeksov PMV (indeks pričakovane presoje toplotnega občutja) in PPD (pričakovani odstotek nezadovoljnih):

»Toplotno okolje mora biti tako, da je indeks PPD manjši od 15 %, indeks PMV pa v mejah $-0,7 < PMV < +0,7$.«

V 12. členu so predpisane mejne vrednosti za temperaturo in dopustna relativna vlažnost v notranjih prostorih:

»V prostorih mora biti zagotovljena takšna vlažnost zraka, da s svojim neposrednim oziroma posrednim učinkom ne vpliva na ugodje in zdravje ljudi ter ne povzroči nastanka površinske kondenzacije na stenah.

»Pri temperaturi zraka med 20 °C in 26 °C je območje dopustne relativne vlažnosti med 30 % in 70 %.«

»V stanovanjskih prostorih je priporočljiva relativna vlažnost zraka pod 60 %, kar zmanjšuje rast alergenih in patogenih organizmov. Pri klimatizaciji prostorov mora biti zagotovljena relativna vlažnost zraka pod 60 %.«

V 14. členu pa so določene natančnejše vrednosti parametrov za toplotno ugodje. Parametri za toplotno ugodje sedeče osebe v bivalni coni so naslednji:

Temperatura zraka:

- v času brez ogrevanja med 22 °C in 26 °C, priporočljivo 23 °C do 25 °C,
- v času ogrevanja med 19 °C in 24 °C, priporočljivo 20 °C do 22 °C;

Priporočena srednja hitrost zraka:

- v času ogrevanja in hlajenja 0,15 m/s,
- v ostalem času 0,2 m/s.

Zakonska podlaga na področju notranje razsvetljave je Pravilnik o zahtevah za zagotavljanje varnosti in zdravja delavcev na delovnih mestih (Pravilnik o zahtevah za zagotavljanje varnosti in zdravja delavcev na delovnih mestih, 2011).

V 29. členu govori o naravni razsvetljavi: *»Delodajalec mora zagotoviti, da so delovni prostori podnevi praviloma osvetljeni z naravno svetlobo. Razpored, velikost, število in kakovost površin za osvetljevanje z naravno svetlobo mora zagotoviti osvetljenost delovnih mest v skladu s standardi, delavcem pa vidni stik z okoljem.«*

»Velikost površin za osvetljevanje delovnih mest z naravno svetlobo v posameznem delovnem prostoru mora znašati najmanj 1/8 talne površine prostora.«

»Prozorna površina posameznega okna mora, v odvisnosti od globine prostora, znašati najmanj: a) 1 m² pri globini prostora do 4 m; b) 1,5 m² pri globini prostora nad 4 m. Višina in širina okna morata znašati najmanj 1 m. Višina spodnjega roba okna oziroma parapet ne sme

biti višji od 1,5 m.« (Pravilnik o zahtevah za zagotavljanje varnosti in zdravja delavcev na delovnih mestih, 2011, člen 29)

Umetno razsvetljavo določajo naslednji členi:

31. člen

Delodajalec mora zagotoviti, da so delovni prostori opremljeni z umetno razsvetljavo. Osvetljenost delovnih mest, ki jo zagotavlja umetna razsvetljava, mora ustrezati vidnim zahtevam delavcev pri delu na takšnih delovnih mestih.

Za izpolnjevanje zahtev iz prejšnjega odstavka mora delodajalec upoštevati določila slovenskih standardov za razsvetljavo na delovnih mestih.

Na stalnih delovnih mestih mora znašati osvetljenost najmanj 200 lx. Delovna mesta, na katerih delavci opravljajo dela z večjimi vidnimi zahtevami, mora delodajalec opremiti z dodatno lokalno razsvetljavo.

Instalacije, ki pripadajo umetni razsvetljavi v posameznem delovnem prostoru, ne smejo ogrožati varnosti in zdravja delavcev (Pravilnik o zahtevah za zagotavljanje varnosti in zdravja delavcev na delovnih mestih, 2011).

32. člen

Delodajalec mora zagotoviti, da so delovni prostori za primer izpada umetne razsvetljave, opremljeni z zasilno razsvetljavo, če bi bila zaradi izpada ogrožena varnost in zdravje delavcev v takšnih prostorih.

Osvetlitev, ki jo daje zasilna razsvetljava iz prve točke tega člena, mora znašati najmanj 1 % predpisane, vendar ne manj kot 1 lx. (Pravilnik o zahtevah za zagotavljanje varnosti in zdravja delavcev na delovnih mestih, 2011).

33. člen

Stikala umetne razsvetljave morajo biti svetleča, delavcem lahko dostopna in nameščena v bližini vhodov oziroma izhodov ter po potrebi tudi vzdolž poti.

Zahtev iz prvega odstavka tega člena ni potrebno upoštevati, če se umetna razsvetljava lahko vključi z enega mesta.

Svetleča stikala niso potrebna, če je delovni prostor opremljen z zasilno razsvetljavo (Pravilnik o zahtevah za zagotavljanje varnosti in zdravja delavcev na delovnih mestih, 2011).

O uporabi mešane razsvetljave pa so določila navedena v naslednjih členih:

35. člen

Delodajalec mora zagotoviti, da je pri mešani razsvetljavi v delovnih prostorih umetna za en razred višja od naravne.

Delodajalec mora zagotoviti, da je pri mešani razsvetljavi v delovnih prostorih smer upada umetne svetlobe s smeri upada naravne.

Delodajalec mora zagotoviti, da pri mešani razsvetljavi predmeti v delovnih prostorih niso osvetljeni z različnih strani s svetlobo različnih barv. Barvna temperatura umetne razsvetljave mora biti čimbolj prilagojena barvni temperaturi naravne (Pravilnik o zahtevah za zagotavljanje varnosti in zdravja delavcev na delovnih mestih, 2011).

2.2 Toplotno ugodje

Toplotno ugodje je občutek, ki izraža zadovoljstvo glede toplotnega okolja, torej ali je osebi v prostoru toplo ali hladno. Toplotno ugodje je zelo težko opredeliti, ker je potrebno določiti veliko dejavnikov, da se lahko odločamo, kdaj se bodo ljudje počutili ugodno. Zaradi slabega toplotnega ugodja so pogoste pritožbe, vendar je vseeno kar 80 % takšnih, ki so z ugodjem zadovoljni. Obstaja 6 dejavnikov, ki vplivajo na toplotno ugodje:

- **aktivnost** (človeško telo nenehno proizvaja toploto s postopkom, imenovanim metabolizem. To toploto je treba oddajati, da ohranimo konstantno telesno temperaturo.),
- **oblečenost** (oblačila delujejo kot izolator in upočasnijo izgubo toplote iz telesa, npr. če nosimo oblačilo, ki je učinkovito izolirano, lahko zadržimo toploto in se počutimo ugodno tudi pri nižjih temperaturah),
- **temperatura zraka** (temperatura prostora, v katerem se nahaja oseba. Ta temperatura se lahko zelo hitro spreminja, spreminja pa se tudi s časom.),
- **hitrost zraka** (višja kot je hitrost zraka po telesu osebe, večji je hladilni učinek. Če hitrost presega 0,2 m/s, potem nastane prepih. Prepih najbolj občutimo na nogah in v višini glave, saj smo tam najmanj zavarovani z oblačili.),

- **srednja sevalna temperatura** (je temperatura, ki se prenaša iz vročega telesa na hladnejše telo brez vpliva na vmesni prostor),
- **vlažnost zraka** (1. Nizka vlažnost lahko povzroči težave, kot so suha koža, suhe oči in statična elektrika, v večini pa ne povzroča toplotnega nelagodja. 2. Visoka vlažnost lahko povzroči tudi resne težave z obliko v stavbi in njeni vsebini, saj je enakovredna 100% relativni vlažnosti pri 16,7 stopinj Celzija (Brodnik, 2021).

Slabo toplotno udobje zaradi povišane temperature se pokaže v obliki zmanjšane koncentracije otrok. Pojavijo se glavoboli, utrujenost in občutek vročine. Toplotno ugodje lahko izboljšamo s tesnjenjem oken, izolacijo fasade stavbe, prezračevanjem in klimatskimi napravami (Brodnik, 2021).

Parameter PMV predstavlja srednjo vrednost odgovorov občutja okolja večje skupine ljudi (Prek, 2013).

Tabela 1: Sedemstopenjska lestvica znananja oz. ocene toplotnega okolja (Prek, 2013)

mrzlo	hladno	prijetno hladno	nevtralno	prijetno toplo	toplo	vroče
-3	-2	-1	0	+1	+2	+3

Dejavniki, ki opredeljujejo udobje v notranjih prostorih sta:

- temperatura zraka (T): idealna je v območju od 18,5 °C do 25,5 °C;
- relativna vlažnost zraka (RV): idealna $43 \% < RV < 67 \%$ (NIJZ, 2019).

Tabela 2: Vrednosti indeksa udobja (NIJZ, 2019)

KATEGORIJA	RV (%)	T (°C)
Ugodno okolje	$43 < RV < 67$	$18,5 < T < 25,5$
Zmerno ugodno okolje	$37 < RV < 43$ $67 < RV < 73$	$17,5 < T < 18,5$
Neugodno okolje	$RV < 37$ $RV > 73$	$T < 17,5$ $T > 25,5$

2.3 Osvetljenost

Razsvetljava objektov za vzgojo in izobraževanje je zaradi različnih dodatnih zahtev zelo specifično področje. V tovrstnih objektih uporabniki preživijo večino dneva ob bolj ali manj enakih vidnih zahtevah (zahtevnostih vidne naloge). Te so pri mlajših otrocih bolj pestre, v kasnejših razredih osnovne šole, v srednjih in visokih šolah, na gimnazijah ter na fakultetah pa vsebujejo skoraj izključno samo branje in pisanje ter delno uporabo slikovnih zaslonov (računalnikov). Izobraževalne ustanove seveda ne vsebujejo zgolj tipičnih učilnic s klopmi, temveč tudi telovadnice, prostore za glasbeno in umetniško vzgojo ter prostore za izobraževanje in delo s pomočjo računalnikov. V vrtcih in osnovnih šolah srečamo tudi igralnice in podobne prostore. Vsak od teh prostorov, ki ni namenjen zgolj branju s table in izobraževalnega gradiva ter pisanju, ima seveda posebne zahteve za razsvetlavo (Bizjak, 2013).

Prostori so projektirani tako, da imajo velike steklene površine, ki zagotavljajo dober vidni stik z okolico in dobro osvetljenost z naravno svetlobo. Oboje je zelo pomembno, saj otroci oz. učenci v teh prostorih preživijo večino časa dneva. Dnevna svetloba tako vsaj del dneva zadošča za ustrezno osvetljenost celotnega prostora. Ker pa so okna običajno nameščena na eni stranski površini prostora, osvetljenost z naravno svetlobo upada z razdaljo od oken. Tako je lahko v določenih delih dneva (zjutraj in zvečer) osvetljenost v globini prostora nezadostna, čeprav je v delu prostora ob oknu še dovolj visoka. To pomeni da je v tem času prostor potrebo dodatno osvetljevati z umetno razsvetlavo. Če želimo doseči ustrezno energetska učinkovitost umetne

razsvetljave, je potrebno svetilke razdeliti v skupine, ki se prižigajo ločeno in so razporejene vzporedno z okni. Tako lahko prižgemo samo del svetilk, ki so globlje v prostoru in ustrezno izravnamo osvetljenost prostora. Seveda lahko tak sistem nadgradimo še z avtomatsko regulacijo osvetljenosti v odvisnosti od količine naravne svetlobe, ki je na voljo in ki jo ugotavljamo s pomočjo senzorja osvetljenosti (Bizjak, 2013).



Slika 1: Dnevna svetloba je v učilnici zelo pomembna (Bizjak, 2013)

Svetlobni tok je količina svetlobe, ki jo svetlobni vir seva v okolico. Osvetljenost je merilo za količino svetlobnega toka, ki pada na izbrano ploskev. Merimo jo v luksih (lx) in je ena od najpogostejše merjenih veličin v fotometriji, saj se običajno navaja v standardih in priporočilih za razsvetljavo. Osvetljenost je odvisna od kvadrata oddaljenosti od svetlobnega vira in kota pod katerim svetloba pada na ploskev (Bizjak, 2013).

V običajni učilnici imamo dve značilni smeri pogleda. Učenci večino časa gledajo proti tabli, učitelj pa večino časa gleda proti učencem. Zaradi tega je potrebno posebno pozornost posvetiti omejitvi bleščanja, ki je lahko zaradi večinoma horizontalnih pogledov ter relativne oddaljenosti opazovanega predmeta (ponavadi table) posebej moteče. Pri tem igra veliko vlogo razporeditev svetilk na stropu in seveda njihove karakteristike (prostorska porazdelitev svetilnosti oz. svetlosti). Pri razporeditvi svetilk na stropu pazimo, da svetilke ne namestimo nad glavami učencev ampak v področju med vrstami klopi, saj je tako bleščanje manjše. Pri razporeditvi svetilk na stropu pazimo, da ne povzročajo motečega direktnega ali odsevnega bleščanja (Bizjak, 2013).



Slika 5: Primer svetilk na stropu (Bizjak, 2013)

Moteče bleščanje pa lahko povzročajo tudi velike okenske površine. To je lahko posebno izrazito v primeru, ko so okna obrnjena na vzhod ali zahod. Takrat lahko v delu dneva (zjutraj oz. zvečer) sonce direktno sveti v prostor, in tako povzroča zelo visoke svetlosti okenskih površin. Zato je potrebno okna vedno opremiti z ustreznimi zastori oz. žaluzijami (Bizjak, 2013).

V sodobnem izobraževalnem procesu se pogosto uporabljajo tudi drugi vizualni pripomočki, kot so na primer veliki zemljevidi ali plakati na stenah, video projekcije in računalniki s slikovnimi zasloni. Razsvetljava mora seveda zagotavljati ustrezne razmere za njihovo uporabo, še posebej če se jih uporablja več kot zgolj občasno. V času projekcije je tako pogosto potrebno zmanjšati nivo osvetljenosti. V primeru razsvetljave z dnevno svetlobo to dosežemo z uporabo senčil na oknih. Pri uporabi umetne razsvetljave pa z izklopom svetilk ali znižanjem njihovega svetlobnega toka. V kolikor naravna svetloba ni prisotna, je regulacija svetlobnega toka bolj primerna rešitev, saj mora razsvetljava tudi v času projekcije zagotavljati minimalno osvetljenost za orientacijo v prostoru. V sodobnih učilnicah so pogosto prisotni plakati ali razstavne stene. Z ustrezno osvetlitvijo je potrebno preprečiti bleščanje pri gledanju na tablo ali razstavno steno. Preprečiti je potrebno tudi bleščanje, ki ga lahko povzroča naravna svetloba (okna) (Bizjak, 2013).

Svetlobno-tehnična priporočila za izobraževalne ustanove navajajo zahteve samo za prostore, kjer se odvija izobraževalni proces, torej za učilnice, predavalnice in podobne prostore. Za ostale prostore, kot so na primer hodniki, avle, toaletni prostori, servisni prostori in podobno, upoštevamo priporočila za podobne prostore v drugih objektih. Za telovadnice in druge prostore namenjene športni vzgoji pa priporočila za razsvetljavo športnih objektov. Najmanjše

priporočene vrednosti osvetljenosti in indeksa barvnega videza ter največje priporočene vrednosti indeksa bleščanja za nekatere prostore v izobraževalnih ustanovah so zbrane v Tabeli 3. Večji indeks UGR pomeni večje bleščanje (Bizjak, 2013).

Tabela 3: Priporočene vrednosti vzdrževane osvetljenosti in indeksa bleščanja za izbrane prostore v izobraževalnih ustanovah (Bizjak, 2013).

Prostor	Najmanjša vzdrževana osvetljenost (lx)	Največji indeks bleščanja (UGR)
Učilnice	300	19
Učilnice za starejše	500	19
Računalniške učilnice	300	19
Učilnice za učenje risanja in slikanja	500	19
Učilnice za praktična dela in laboratoriji	500	22
Glasbene učilnice	300	19
Učilnice za tehnično risanje	750	16
Knjižnice	300	19

Ustrezna osvetljenost omogočata opravljanje različnih nalog, hkrati a pomembno vplivata na psihofizično delovanje človeka. Osvetljenost prostora sta eden izmed pomembnih dejavnikov za zdravo in neškodljivo delo, saj obremenjevanje oči zaradi premalo svetlobe povzroča slabovidnost (Dernevšek, 2016).

3 METODE DELA

V prvi fazi raziskovalne naloge smo izvedli pregled obstoječe literature s področja toplotnega ugodja in osvetljenosti v notranjih prostorih. Pridobivanje informacij je potekalo predvsem preko spletnih virov in v manjšem obsegu iz knjig, ki smo si jih izposodili v mestni knjižnici. Članke smo iskali preko brskalnika Google Učenjak z uporabo ključnih besed »osvetljenost«, »mikroklima«, »toplotno ugodnje« in »šolski prostori«. Podatke o kriterijih oz. mejnih vrednostih za posamezne parametre smo poiskali v pravnih virih Republike Slovenije, ki so prosto dostopni na spletu. Pri iskanju smo uporabili brskalnik Google. V drugi fazi raziskovalne naloge smo se seznanili z merilno opremo za merjenje osvetljenosti, temperature in vlažnosti zraka ter hitrosti gibanja zraka. Merilno opremo smo si izposodili na Inštitutu za sanitarno inženirstvo. Ko smo se naučili ravnati z merilno opremo, smo pričeli z meritvami mikrokline in osvetljenosti v dveh izbranih učilnicah naše šole, na vnaprej določenih merilnih mestih. Načrt merjenja in postopek izvedbe meritev sta opisana v nadaljevanju.

3.1 Načrtovanje izvedbe meritev v šolskih prostorih

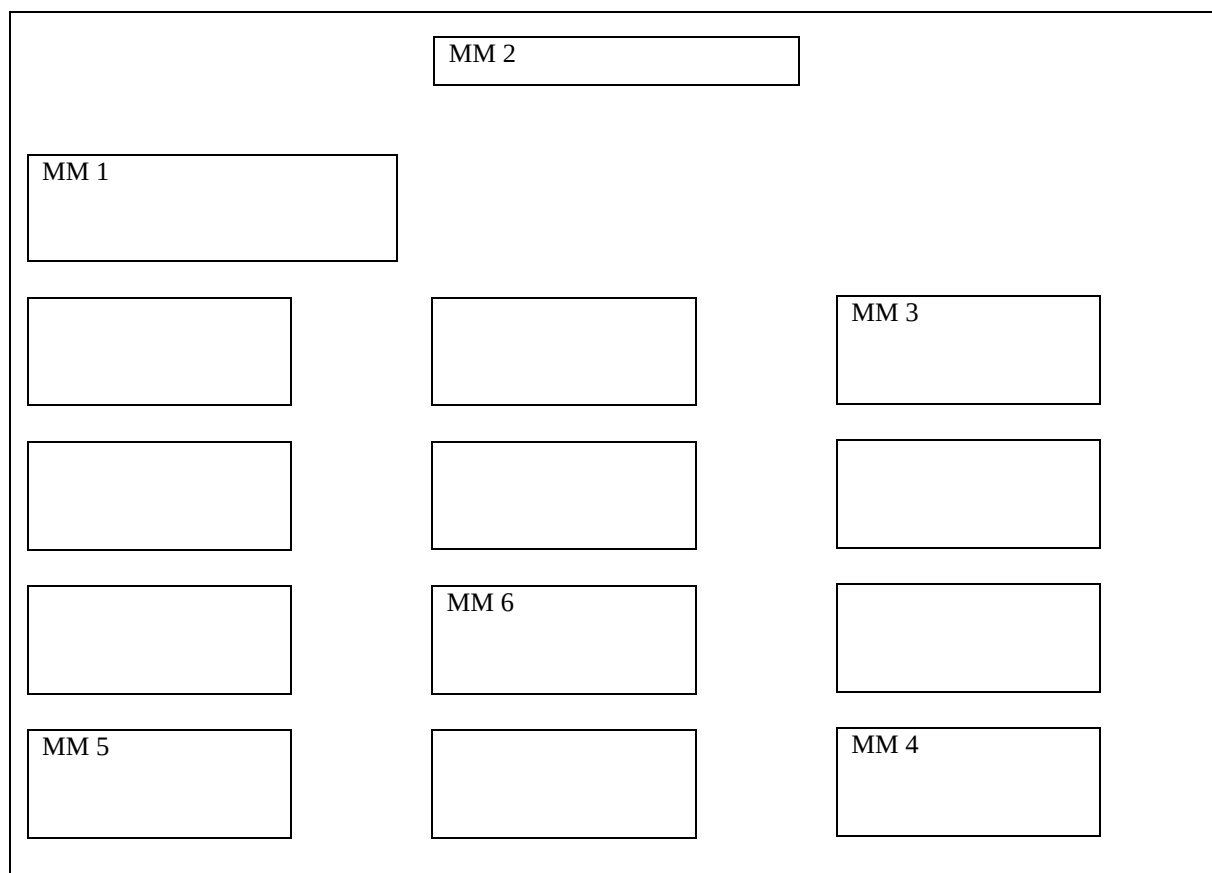
Praktični del naloge je vključeval izdelavo načrta merjenja parametrov mikrokline in osvetljenosti v šolskih prostorih, seznanitev z merilniki in na koncu še izvedbo meritev. Določili smo merilni mesti, in sicer učilnico za predmet Biologija v 3. nadstropju osnovne šole in učilnico za predmet Angleščina v pritličju osnovne šole. Narisali smo shemo oz. tloris učilnic in jih opremili z merilnimi točkami (Slika 5 in Slika 6). Načrt je vključeval tudi terminski plan izvajanja meritev. Posamezno meritev smo izvajali v trajanju najmanj 20 sekund oz. dokler se vrednost na merilniku ni stabilizirala, vendar ne dlje kot 1 minuto.

Tabela 4: Seznam merilnih mest

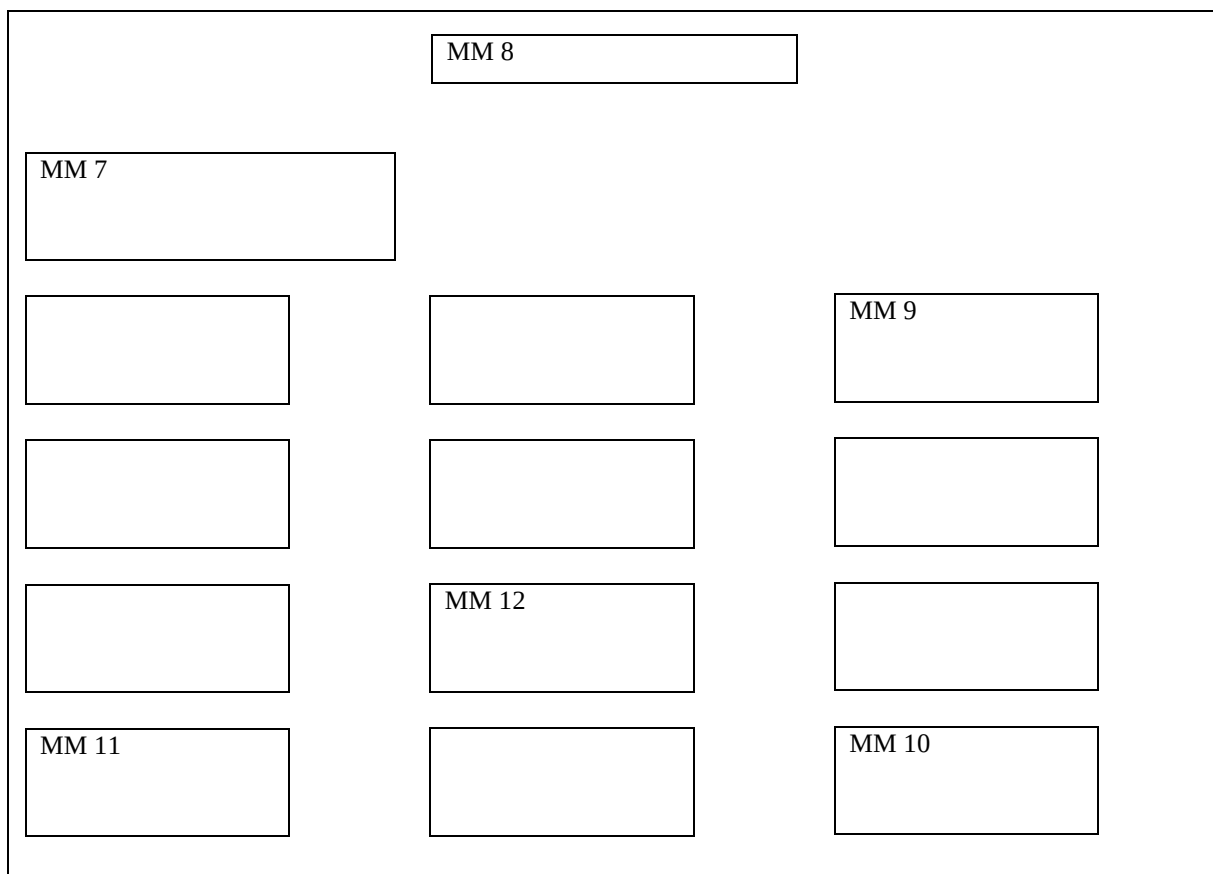
Zap. št. merilnega mesta (MM)	Mikro lokacija MM	Makro lokacija MM
MM 0	Stopnišče pred šolo (glavni vhod)	Zunanje okolje
MM 1	Učiteljeva miza	Učilnica za predmet Biologija v 3. nadstropju
MM 2	Tabla	Učilnica za predmet Biologija v 3. nadstropju
MM 3	Prva miza ob desni steni	Učilnica za predmet Biologija v 3. nadstropju

MM 4	Zadnja miza ob desni steni	Učilnica za predmet Biologija v 3. nadstropju
MM 5	Zadnja miza ob oknu	Učilnica za predmet Biologija v 3. nadstropju
MM 6	Miza locirana na sredini razreda	Učilnica za predmet Biologija v 3. nadstropju
MM 7	Učiteljeva miza	Učilnica za predmet Angleščina v pritličju
MM 8	Tabla	Učilnica za predmet Angleščina v pritličju
MM 9	Prva miza ob desni steni	Učilnica za predmet Angleščina v pritličju
MM 10	Zadnja miza ob desni steni	Učilnica za predmet Angleščina v pritličju
MM 11	Zadnja miza ob oknu	Učilnica za predmet Angleščina v pritličju
MM 12	Miza locirana na sredini razreda	Učilnica za predmet Angleščina v pritličju

Na Sliki 3 in Sliki 4 sta prikazani shemi učilnic z označenimi merilnimi mesti.



Slika 2: Shema učilnice za predmet Biologija v 3. nadstropju, z označenimi merilnimi mesti



Slika 3: Shema učilnice za predmet Angleščina v pritličju, z označenimi merilnimi mesti

Pri merjenju parametrov toplotnega udobja se bomo posvetili merjenju temperature zraka v prostoru in merjenju temperature sten, tal in stropa prostora, vlažnosti zraka, hitrosti zraka. Merjenje je potrebno izvajati več dni zapored ob istem času na istem mestu.

Za merjenje teh količin je na voljo več različnih instrumentov.

Za merjenje temperature zraka, hitrosti zraka, relativne vlažnosti lahko uporabimo merilni instrument Testo 440, ki omogoča priključitev različnih merilnih sond. Meritve se opravljajo na sredini prostora na višini 1,1 m od tal (Šabec, 2013).

3.2 Meritve osvetljenosti

Meritve osvetljenosti smo izvedli z merilnikom DIGITAL LUX TESTER 93-1065L. Rezultati meritev osvetljenosti so podani v luxih (lx). Merilnik je sestavljen iz dveh delov – del, ki prikazuje izmerjeno vrednost in del, ki ga imenujemo fotocelica in meri količino svetlobnega

toka, ki pade na njegovo površino. Slednje imenujemo osvetljenost. Pri izvedbi meritev smo pazili, da nismo povzročali sence na fotocelici merilnika osvetljenosti. Meritev na posameznem merilnem mestu smo izvajali 20 sekund oz. do stabilizacije vrednosti, vendar ne dlje kot 1 minuto. Meritve smo izvedli na merilnih mestih, ki smo jih vnaprej določili. Merilna mesta so obsegala 6 mest v posamezni učilnici in 1 mesto zunaj šole. Umetno osvetljenost smo izračunali tako, da smo od vrednosti izmerjene naravne in umetne osvetljenosti odšteli vrednost izmerjene naravne osvetljenosti.



Slika 4: Merilnik osvetljenosti

3.3 Meritve mikroklimе

Meritve mikroklimе, to so temperatura in vlažnost zraka ter hitrost gibanja zraka, smo izvedli z merilnikom KIMO AMI301. Merilnik je sestavljen iz treh delov – del, ki prikazuje izmerjeno vrednost (Slika 6), sondo za merjenje temperature in relativne vlažnosti zraka (Slika 6) ter sondo, ki meri hitrost gibanja zraka (Slika 7). Rezultati meritve parametrov temperature zraka so podani v stopinjah celzija (°C), relativne vlažnosti zraka v odstotkih (%) in hitrost gibanja zraka v metrih na sekundo (m/s). Meritev na posameznem merilnem mestu smo izvajali 20 sekund oz. do stabilizacije vrednosti, vendar ne dlje kot 1 minuto. Meritve smo izvedli na merilnih mestih, ki smo jih vnaprej določili. Merilna mesta so obsegala 6 mest v posamezni učilnici in 1 mesto zunaj šole,

kjer smo merili zunanje pogoje, in sicer temperaturo in relativno vlažnost zraka. Hitrost gibanja zraka zunaj šole nismo merili.



Slika 5: Merilnik temperature in relativne vlažnosti zrak



Slika 6: Sonda za merjenje hitrosti gibanja zraka

3.4 Meritve srednje sevalne temperature

Meritve srednje sevalne temperature smo izvedli z merilnikom KIMO AMI301 in sondo – globus termometrom (Slika 7). Rezultati parametra sevalne temperature so podani v stopinjah celzija ($^{\circ}\text{C}$), Meritev na posameznem merilnem mestu smo izvajali 20 sekund oz. do stabilizacije vrednosti, vendar ne dlje kot 1 minuto. Meritve smo izvedli na merilnih mestih, ki smo jih vnaprej določili. Merilna mesta so obsegala 6 mest v posamezni učilnici. Sevalno temperaturo zunaj šole nismo merili. Sevalno temperaturo smo merili, da smo lahko izračunali toplotno ugodje.



Slika 7: Sonda za merjenje sevalne temperature



Slika 8: Prikaz izvajanja meritev parametrov mikroklimе in osvetljenosti v šolski učilnici



Slika 9: Prikaz zapisovanja rezultatov izmerjenih parametrov na terenski list



Slika 10: Izvajalca meritev z merilnikoma mikroklimе in osvetljenosti



Slika 11: Zapisovanje rezultatov merjenja parametrov na terenski list



Slika 12: Merilnik mikroklimе (temperatura in relativna vlažnost zraka) in merilnik osvetljenosti

3.5 Izračun toplotnega ugodja

Toplotno ugodje smo ocenili s pomočjo posebnega programa, kjer so vstavljene enačbe PMV in PPD. Na podlagi vstavljenih vrednosti program sam izračuna indeks PMV in PPD. Parametri, ki smo jih potrebovali za izračun so naslednji: temperatura zraka, sevalna temperatura, hitrost zraka in vlažnost zraka. Poleg naštetih smo vstavili tudi podatek MET, ki se oceni glede na vrsto aktivnosti, in CLO, ki se oceni glede na vrsto oblačila, ki ga nosijo osebe v objektu oz. v prostoru preiskav.

	Metabolične ocene M	W/m ²	Met
Sloneti	46	0.8	
Sproščeno sedeti	58	1.0	
Urarji	65	1.1	
Sproščeno stati	70	1.2	
Sedeče aktivnosti (pisarne, šole, laboratoriji)	70	1.2	
Vožnja avtomobila	80	1.4	
Grafični poklici	85	1.5	
Stati, lahke aktivnosti (nakupovanje, laboratorij, lahka industrija)	93	1.6	
Učitelji	95	1.6	
Osebna opravila (britje, umivanje, oblačenje)	100	1.7	
Hoja na stopnji 2 km/h	110	1.9	
Stati, srednje aktivnosti (trgovke, domača opravila)	116	2.0	
Gradbeništvo - prelaganje opek teže 15,3 kg	125	2.2	
Pomivanje posode - stoje	145	2.5	
Domača opravila - grabiti listje	170	2.9	
Domača opravila - ročno pomivanje, likanje (120 - 220 W/m ³)	170	2.9	
Železo in jeklo - izbijati vlivance iz modelov s kladivom	175	3.0	
Gradbena industrija - oblikovanje kalupov	180	3.1	
Hoja stopnja 5 km/h	200	3.4	
Gozdarstvo - podiranje dreves z ročno žago	205	3.5	
Kmetijstvo - oranje s konji	235	4.0	
Gradbeništvo - nalaganje kamnja in malte na samokolnico	275	4.7	
Šport - drsanje 18 km/h	360	6.2	
Kmetijstvo - lopatanje (24 dvigov/min)	380	6.5	
Šport - smučanje, dober sneg, 9 km/h	405	7.0	
Gozdarstvo - delo s sekiro (teža 2 kg 33 zamahov/min)	500	8.6	
Šport - tek 15 km/h	550	9.5	

Slika 13: Seznam aktivnosti za oceno MET – metabolično oceno (ZSTI SLOVENIJE, 2021)

Izolacija za vsa oblačila:		$I_{cl} = \sum I_{clu}$	
	0.19		0.28
+			0.25
	0.04		0.04
+			0.25
	0.11		0.05
+			0.04
	0.02		0.91
+			
	0.02		
	0.38		

Slika 14: Primer izračuna CLO (ZSTI SLOVENIJE, 2021)

Opis oblačila	Iclu	Clo	m ² *C/W				
Spodnje perilo, hlače	ž. nogavice	0.02	0.003	jakne	telovnik	0.13	0.020
	ž. hlačke	0.03	0.005		lahka poletna jakna	0.25	0.039
	m. hlačke	0.04	0.006		jakna	0.35	0.054
	boksarice, volna	0.06	0.009		delovna platnena halja	0.30	0.047
	m. dolge spodnje hlačke	0.10	0.016	plašči, bunde	plašč	0.60	0.093
spodnje perilo majice	modrček	0.01	0.002		puhata jakna	0.55	0.085
	spodnja majica na naramnice	0.06	0.009		parka	0.70	0.109
	T- shirt	0.09	0.014		povrhniki z multi komponento	0.52	0.081
	spodnja majica z dolgimi rokavi	0.12	0.019	obuvala, rokavice	nogavice	0.02	0.003
	polovične ž. spodnje majice, najlon	0.14	0.022		tanke nogavice do gležnjev	0.05	0.008
majice	tube top	0.06	0.009		tanke nogavice dolge	0.10	0.016
	kratek rokav	0.09	0.029		copate, prešite z ovčjo volno	0.03	0.005
	lahka bluza, kratek rokav	0.15	0.023		čevlji (tanek podplat)	0.02	0.003
	lahka bluza, dolg rokav	0.20	0.031		čevlji (debel podplat)	0.04	0.006
	normalna bluza, dolg rokav	0.25	0.039		škornji	0.10	0.016
	flanela majica, dolg rokav	0.30	0.047		rokavice	0.05	0.008
	bluza brez ovratnika, dolg rokav	0.34	0.053	krila, obleke	lahko krilo 15 cm nad kolenom	0.10	0.016
hlače	kratke hlače športne	0.06	0.009		lahko krilo 15 cm pod kolenom	0.18	0.028
	kratke hlače	0.11	0.017		težko krilo dolžina do kolen	0.25	0.039
	lahke dolge hlače	0.20	0.031		lahka obleka, brez rokavav	0.25	0.039
	normalne dolge hlače	0.25	0.039		zimska obleka, dolg rokav	0.40	0.062
	flanellate dolge hlače	0.28	0.043	oblačila za spanje	dolg rokav, dolga spalna srajca	0.30	0.047
pajaci	pajac	0.28	0.043		tanki trakovi za naramnice, kratka spalna srajca	0.15	0.023
	dnevni s pasom	0.49	0.076		bolnišnična spalna srajca	0.31	0.048
povrhniki z visoko izolacijsko	delovni	0.50	0.078		dolg rokav, dolga pižama	0.50	0.078
	podloge, multi - komponente	1.03	0.160		spalni pajac v celem tudi stopala	0.72	0.112
pulover	krzno	1.13	0.175		kratke spalne hlače	0.10	0.016
	brezrokavnik	0.12	0.019	halje, ogrinjala	dolg rokav, ogrinjalo, dolgo	0.53	0.082
	tanki pulover	0.20	0.031		dolg rokav, ogrinjalo, kratko	0.41	0.064
	dolgi rokav, brez ovratnika, lahek	0.26	0.040	stoli	leseni ali železni	0.00	0.000
	jopica	0.28	0.043		prekriti z blagom, oblazinjeni, vrtljivi	0.10	0.016
	debela jopica	0.35	0.054		naslonjač	0.20	0.032
	dolgi rokav, brez ovratnika, debel	0.37	0.057				

Slika 15: Seznam in opis opis oblačil za oceno CLO (ZSTI SLOVENIJE, 2021)

Izmerjene vrednosti smo vstavili v posebni program, da smo lahko izračunali PMV indeks, ki nam napove povprečno subjektivno vrednost ocen skupine ljudi v določenem okolju. Izračunali smo tudi PPD indeks, ki nam prikaže predviden odstotek nezadovoljenih.

4 REZULTATI

Rezultati meritev, ki so trajale v obdobju od 19. 1. 2022 do 2. 2. 2022, so prikazani v Tabelah 5 – 10.

Tabela 5: Rezultati meritev mikroklima in osvetljenosti z dne, 19. 1. 2022

Datum in čas meritev	19. 1. 2022 od 7:30 – 8:00 ure						
Mesto merjenja	Učilnica za predmet Biologija v 3. nadstropju						
Merilna mesta / Parametri [enota]	MM 1	MM 2	MM 3	MM 4	MM 5	MM 6	¹ MM 0
Vlažnost zraka [%]	32,4	32,8	35	32,4	31,4	32,1	59,8
Temperatura zraka [°C]	20,8	21,0	21,2	21,2	21,7	22	-2
Sevalna temperatura zraka [°C]	20,8	21,0	21,2	21,2	21,7	22	/
Naravna in umetna osvetljenost [lx]	320	143	230	220	448	521	/
Naravna osvetljenost [lx]	74	19	25	24	161	62	1175
Umetna osvetljenost [lx]	246	124	205	196	287	459	/
Hitrost gibanja zraka [m/s]	0	0	0	0	0	0	/
*PMV	0,0	0,03	0,07	0,05	0,11	0,16	/
PPD %	5,0	5,0	5,1	5,1	5,3	5,5	/

¹MM 0 = merilno mesto zunaj šole (zunanji pogoji)

*M (met) = 1,0

Opis rezultatov (Tabela 5): Rezultati meritev hitrosti gibanja zraka in relativne vlažnosti ter temperature zraka ustrezajo normativom. Na podlagi izmerjenih parametrov in ocenjene met in clo smo izračunali indeks PMV, ki upošteva vpliv temperature, relativne vlažnosti zraka, gibanje zraka, proizvodnje metabolizma z delovno aktivnostjo in toplotne upornosti obleke na toplotno udobje.

Ugotovili smo, da je na vseh merilnih mestih indekks PPD manjši od 15 % in $PMV -0,7 < PMV < +0,7$, kar je v skladu z 11. členom Pravilnika o prezračevanju in klimatizaciji stavb, ki določa, da je »*Toplotno okolje mora biti tako, da je indeks PPD manjši od 15 %, indeks PMV pa v mejah $-0,7 < PMV < +0,7$.*«

Na na podlagi rezultatov meritev osvetljenosti ugotavljamo in ocenjujemo, da vrednosti merjenih parametrov naravne in umetne osvetljenosti:

- **NE DOSEGAJO** mejne vrednosti 300 lx na merilnih mestih 2, 3 in 4, na dan meritev dne, 19. 1. 2022.
- **DOSEGAJO** mejne vrednosti 300 lx na merilnih mestih 1, 5 in 6 na dan meritev dne, 19. 1. 2022.

Tabela 6: Rezultati meritev mikroklimе in osvetljenosti z dne, 19. 1. 2022

Datum in čas meritev	19. 1. 2022 od 8:00 – 8:30 ure						
Mesto merjenja	Učilnica za predmet Angleščina v pritličju						
Merilna mesta / Parametri [enota]	MM 7	MM 8	MM 9	MM 10	MM 11	MM 12	¹ MM 0
Vlažnost zraka [%]	33,0	33,0	32,8	33,1	33,1	33,0	59,8
Temperatura [°C]	21,3	21,3	21,5	21,7	22,3	22,1	-2
Sevalna temperatura zraka [°C]	21,3	21,3	21,5	21,7	22,3	22,1	/
Naravna in umetna osvetljenost [lx]	402	280	348	310	587	557	/
Naravna osvetljenost [lx]	80	77	110	95	114	154	1175
Umetna osvetljenost [lx]	322	203	238	215	478	403	/
Hitrost gibanja zraka [m/s]	0	0	0	0	0	0	/
PMV	0,07	0,07	0,09	0,12	0,21	0,18	/
PPD %	5,1	5,1	5,2	5,3	5,9	5,6	/

¹MM 0 = merilno mesto zunaj šole (zunanji pogoji)

M (met) = 1,2; **I_{cl}** (clo) = 1,0

Opis rezultatov (Tabela 6): Rezultati meritev hitrosti gibanja zraka in relativne vlažnosti ter temperature zraka ustrezajo normativom. Na podlagi izmerjenih parametrov in ocenjene met in clo smo izračunali indeks PMV, ki upošteva vpliv temperature, relativne vlažnosti zraka, gibanje zraka, proizvodnje metabolizma z delovno aktivnostjo in toplotne upornosti obleke na toplotno udobje

Ugotovili smo, da je na vseh merilnih mestih indekss PPD manjši od 15 % in $PMV -0,7 < PMV < +0,7$, kar je v skladu z 11. členom Pravilnika o prezračevanju in klimatizaciji stavb, ki določa, da je »Toplotno okolje mora biti tako, da je indeks PPD manjši od 15 %, indeks PMV pa v mejah $-0,7 < PMV < +0,7$.«

Na na podlagi rezultatov meritev osvetljenosti ugotavljamo in ocenjujemo, da vrednosti merjenih parametrov osvetljenosti:

- **NE DOSEGAJO** mejne vrednosti 300 lx na merilnem mestu 2, na dan meritev dne, 19. 1. 2022.
- **DOSEGAJO** mejne vrednosti 300 lx na merilnih mestih 1, 3, 4, 5 in 6, na dan meritev dne, 19. 1. 2022.

Tabela 7: Rezultati meritev mikroklima in osvetljenosti z dne, 26. 1. 2022

Datum in čas meritev	26. 1. 2022 od 7:30 – 8:00 ure						
Mesto merjenja	Učilnica za predmet Biologija v 3. nadstropju						
Merilna mesta / Parametri [enota]	MM 1	MM 2	MM 3	MM 4	MM 5	MM 6	¹MM 0
Vlažnost zraka [%]	36,0	32,8	34,6	33,1	35,6	33,3	75
Temperatura [°C]	22,3	22,4	22,0	22,1	21,7	22,8	0
Sevalna temperatura zraka [°C]	22,3	22,4	22,0	22,1	21,7	22,8	/
Naravna in umetna osvetljenost [lx]	241	155	210	200	402	496	/
Naravna osvetljenost [lx]	37	13	18	12	87	38	651
Umetna osvetljenost [lx]	204	142	192	188	315	458	/
Hitrost gibanja zraka [m/s]	0	0	0	0	0	0	/

PMV	0,22	0,22	0,17	0,18	0,14	0,28	/
PPD %	6,0	6,0	5,6	5,6	5,4	6,7	/

¹MM 0 = merilno mesto zunaj šole (zunanji pogoji)

M (met) = 1,2; **I_{cl}** (clo) = 1,0

Opis rezultatov (Tabela 7): Rezultati meritev hitrosti gibanja zraka in relativne vlažnosti ter temperature zraka ustrezajo normativom. Na podlagi izmerjenih parametrov in ocenjene met in clo smo izračunali indeks PMV, ki upošteva vpliv temperature, relativne vlažnosti zraka, gibanje zraka, proizvodnje metabolizma z delovno aktivnostjo in toplotne upornosti obleke na toplotno udobje.

Ugotovili smo, da je na vseh merilnih mestih indekks PPD manjši od 15 % in $PMV -0,7 < PMV < +0,7$, kar je v skladu z 11. členom Pravilnika o prezračevanju in klimatizaciji stavb, ki določa, da je »*Toplotno okolje mora biti tako, da je indeks PPD manjši od 15 %, indeks PMV pa v mejah $-0,7 < PMV < +0,7$.*«

Na na podlagi rezultatov meritev osvetljenosti ugotavljamo in ocenjujemo, da vrednosti merjenih parametrov osvetljenosti:

- **NE DOSEGAJO** mejne vrednosti 300 lx na merilnih mestih 1, 2,3 in 4, na dan meritev dne, 26. 1. 2022.
- **DOSEGAJO** mejne vrednosti 300 lx na merilnih mestih 5 in 6 na dan meritev dne, 26. 1. 2022.

Tabela 8: Rezultati meritev mikroklimе in osvetljenosti z dne, 26. 1. 2022

Datum in čas meritev	26. 1. 2022 od 8:00 – 8:30 ure						
Mesto merjenja	Učilnica za predmet Angleščina v pritličju						
Merilna mesta / Parametri [enota]	MM 7	MM 8	MM 9	MM 10	MM 11	MM 12	¹ MM 0
Vlažnost zraka [%]	36,0	32,8	34,6	33,1	35,6	33,3	75
Temperatura [°C]	22,3	22,4	22,9	22,1	22,7	22,8	0
Sevalna temperatura zraka [°C]	22,3	22,4	22,9	22,1	22,7	22,8	/
Naravna in umetna osvetljenost [lx]	239	174	200	251	410	459	/
Naravna osvetljenost [lx]	55	17	39	35	70	65	651
Umetna osvetljenost [lx]	184	157	161	216	340	394	/
Hitrost gibanja zraka [m/s]	0	0	0	0	0	0	/
PMV	0,22	0,22	0,31	0,18	0,28	0,28	/
PPD %	6,0	6,0	6,9	5,6	6,6	6,7	/

¹MM 0 = merilno mesto zunaj šole (zunanji pogoji)

M (met) = 1,2; **I_{cl}** (clo) = 1,0

Opis rezultatov (Tabela 8): Rezultati meritev hitrosti gibanja zraka in relativne vlažnosti ter temperature zraka ustrezajo normativom. Na podlagi izmerjenih parametrov in ocenjene met in clo smo izračunali indeks PMV, ki upošteva vpliv temperature, relativne vlažnosti zraka, gibanje zraka, proizvodnje metabolizma z delovno aktivnostjo in toplotne upornosti obleke na toplotno udobje.

Ugotovili smo, da je na vseh merilnih mestih indekss PPD manjši od 15 % in $PMV -0,7 < PMV < +0,7$, kar je v skladu z 11. členom Pravilnika o prezračevanju in klimatizaciji stavb, ki določa, da je »Toplotno okolje mora biti tako, da je indeks PPD manjši od 15 %, indeks PMV pa v mejah $-0,7 < PMV < +0,7$.«

Na na podlagi rezultatov meritev osvetljenosti ugotavljamo in ocenjujemo, da vrednosti merjenih parametrov osvetljenosti:

- **NE DOSEGAJO** mejne vrednosti 300 lx na merilnih mestih 1, 2, 3 in 4, na dan meritev dne, 26. 1. 2022.
- **DOSEGAJO** mejne vrednosti 300 lx na merilnih mestih 5 in 6 na dan meritev dne, 26. 1. 2022.

Tabela 9: Rezultati meritev mikroklima in osvetljenosti z dne, 2. 2. 2022

Datum in čas meritev	2. 2. 2022 od 7:30 – 8:00 ure						
Mesto merjenja	Učilnica za predmet Biologija v 3. nadstropju						
Merilna mesta / Parametri [enota]	MM 1	MM 2	MM 3	MM 4	MM 5	MM 6	¹MM 0
Vlažnost zraka [%]	37,3	34,9	31,9	30,6	30,8	35,5	70
Temperatura [°C]	21,0	21,5	22,1	22,6	23,0	23,2	1
Sevalna temperatura zraka [°C]	21,0	21,5	22,1	22,6	23,0	23,2	/
Naravna in umetna osvetljenost [lx]	769	296	494	403	803	524	/
Naravna osvetljenost [lx]	471	208	115	73	559	314	1525
Umetna osvetljenost [lx]	298	88	379	330	244	210	/
Hitrost gibanja zraka [m/s]	0	0	0	0	0	0	/

PMV	0,05	0,10	0,17	0,23	0,30	0,36	/
PPD %	5,1	5,2	5,6	6,1	6,9	7,7	/

¹MM 0 = merilno mesto zunaj šole (zunanji pogoji)

M (met) = 1,2; **I_{cl}** (clo) =1,0

Opis rezultatov (Tabela 9): Rezultati meritev hitrosti gibanja zraka in relativne vlažnosti ter temperature zraka ustrezajo normativom. Na podlagi izmerjenih parametrov in ocenjene met in clo smo izračunali indeks PMV, ki upošteva vpliv temperature, relativne vlažnosti zraka, gibanje zraka, proizvodnje metabolizma z delovno aktivnostjo in toplotne upornosti obleke na toplotno udobje.

Ugotovili smo, da je na vseh merilnih mestih indekss PPD manjši od 15 % in PMV $-0,7 < PMV < +0,7$, kar je v skladu z 11. členom Pravilnika o prezračevanju in klimatizaciji stavb, ki določa, da je »Toplotno okolje mora biti tako, da je indeks PPD manjši od 15 %, indeks PMV pa v mejah $-0,7 < PMV < +0,7$.«

Na na podlagi rezultatov meritev osvetljenosti ugotavljamo in ocenjujemo, da vrednosti merjenih parametrov osvetljenosti:

- **NE DOSEGAJO** mejne vrednosti 300 lx na merilnem mestu 2, na dan meritev dne, 2. 2. 2022.
- **DOSEGAJO** mejne vrednosti 300 lx na merilnih mestih 1, 3, 4, 5 in 6 na dan meritev dne, 2. 2. 2022.

Tabela 10: Rezultati meritev mikroklimе in osvetljenosti z dne, 2. 2. 2022

Datum in čas meritev	2. 2. 2022 od 8:00 – 8:30 ure						
Mesto merjenja	Učilnica za predmet Angleščina v pritličju						
Merilna mesta / Parametri [enota]	MM 7	MM 8	MM 9	MM 10	MM 11	MM 12	¹ MM 0
Vlažnost zraka [%]	34,7	34,0	34,0	33,6	33,1	32,8	70
Temperatura [°C]	22,5	23,4	23,6	23,5	23,9	23,8	1
Sevalna temperatura zraka [°C]	22,5	23,4	23,6	23,5	23,9	23,8	/
Naravna in umetna osvetljenost [lx]	505	271	369	330	682	687	/
Naravna osvetljenost [lx]	235	71	66	75	233	122	1525
Umetna osvetljenost [lx]	270	200	303	255	449	565	/
Hitrost gibanja zraka [m/s]	0	0	0	0	0	0	/
PMV	0,24	0,42	0,42	0,40	0,47	0,45	/
PPD %	6,2	8,7	8,7	8,3	9,6	9,2	/

¹MM 0 = merilno mesto zunaj šole (zunanji pogoji)**M** (met) = 1,2; **I_{cl}** (clo) = 1,0

Opis rezultatov (Tabela 10): Rezultati meritev hitrosti gibanja zraka in relativne vlažnosti ter temperature zraka ustrezajo normativom. Na podlagi izmerjenih parametrov in ocenjene met in clo smo izračunali indeks PMV, ki upošteva vpliv temperature, relativne vlažnosti zraka, gibanje zraka, proizvodnje metabolizma z delovno aktivnostjo in toplotne upornosti obleke na toplotno udobje.

Ugotovili smo, da je na vseh merilnih mestih indekks PPD manjši od 15 % in $PMV -0,7 < PMV < +0,7$, kar je v skladu z 11. členom Pravilnika o prezračevanju in klimatizaciji stavb, ki določa, da je »*Toplotno okolje mora biti tako, da je indeks PPD manjši od 15 %, indeks PMV pa v mejah $-0,7 < PMV < +0,7$.*«

Na na podlagi rezultatov meritev osvetljenosti ugotavljamo in ocenjujemo, da vrednosti merjenih parametrov osvetljenosti:

- **NE DOSEGAJO** mejne vrednosti 300 lx na merilnem mestu 2, na dan meritev dne, 2. 2. 2022.
- **DOSEGAJO** mejne vrednosti 300 lx na merilnih mestih 1, 3,4, 5 in 6 na dan meritev dne, 2. 2. 2022.

5 ODGOVORI NA HIPOTEZE

Hipoteza 1: Osvetljenost učilnic je neenakomerna in ne dosega zahtevane stopnje osvetljenosti na vseh merilnih mestih. **DRŽI.**

Hipoteza 2: Temperatura zraka v izbrani učilnici se spreminja glede na mesto merjenja. **DRŽI.**

Hipoteza 3: Toplotno ugodje se spreminja glede na lokacijo učilnice. **NE DRŽI - Parametri toplotnega ugodja so v območju mejnih – optimalnih vrednostih na vseh točkah merjenja, ne glede na lokacijo učilnice.**

6 RAZPRAVA

Dejavniki tveganja, ki vplivajo na osvetljenost v šolskih prostorih so različni in se vplivi le-teh lahko spreminjajo glede na letni čas oz. na del dneva. V naši raziskovalni nalogi so zajeti rezultati meritev, ki so bile opravljene v zimskem letnem času in v jutranjih urah, ko je malo sončne svetlobe ali je sploh ni. Posledično so izmerjene vrednosti nizke oz. na nekaterih merilnih mestih in v določenih dnevih, izmerjena naravna in umetna osvetljenost ni dosegala zahtevane minimalne mejne vrednosti, ki znaša 300 lx v učilnicah. Poleg pomanjkanja naravne sončne svetlobe, lahko na osvetljenost vplivajo tudi sijalke in sama lociranost luči na stropu. V določene učilnice bi lahko namestili lokalno razsvetljavo, ki bi jo uporabili po potrebi, npr. v jutranjih urah. Lokalna razsvetljava je smiselna še posebej nad tablo, saj smo ugotovili, da je na merilnem mestu ob tabli, osvetljenost najmanjša.

Hitrost gibanja zraka je bila v času meritev ustrezna, saj so bili prostori zaprti in se niso prezračevali. Hitrost gibanja zraka bi lahko merili med odmori, ko se prostori prezračujejo in so vrata in okna odprta. Slednje bi lahko vključili v naslednji raziskovalni nalogi, ki bi obravnavala področji toplotnega ugodja in prezračevanja šolskih prostorov.

Izmerjena parametra temperatura zraka in relativna vlažnost zraka sta bila v skladu z normativnimi in priporočenimi vrednostmi, in sicer so se izmerjene vrednosti obeh parametrov gibale v mejnih vrednostih indekza za ugodno okolje – relativna vlažnost med 43 % in 67 % in temperatura zraka med 18, 5 °C in 25,5 °C, kar predstavlja ugodno okolje (NIJZ, 2019).

7 ZAKLJUČEK

Pri raziskovalni nalogi smo se naučili uporabljati različne merilne naprave in se naučili kako analizirati in oceniti izmerjene vrednosti. Prav tako smo ugotovili, da osvetljenost in toplotno ugodje šolskih prostorov ni samoumevno in ni vedno nujno, da je ustrezno. V kolikor v šolskih prostorih niso ustrezne toplotne razmere in osvetlitvene razmere, to lahko vpliva na kakovost učnega procesa učencev, na njihovo počutje in koncentracijo.

V primeru nadaljevanja raziskovalne naloge bi v praktičnem delu opravili še več meritev v različnih delih dneva oz. skozi celoten čas trajanja pouka. Tako bi lahko še bolj natančno ocenili toplotno ugodje in osvetlitvene razmere. Smiselno bi bilo ponoviti meritve še v poletnem obdobju in primerjati izmerjene vrednosti glede na letni čas.

8 LITERATURA

1. Bizjak, G., Kobav, M. B. in Prelovšek, M. (2013). Razsvetljava: učbenik za poglavja o razsvetljavi pri predmetih Električne inštalacije in razsvetljava, Niskonapetostne električne inštalacije, Elektrotehnika in varnost, Svetlobna tehnika (1. izd). Ljubljana: Založba FE in FRI.
2. Brodnik, V. (2021). Lokalno - osebno ogrevanje in toplotno ugodje.
3. Dernevšek, T. (2016). Meritve osvetljenosti v šolskih prostorih. Diplomsko delo, Univerza v Mariboru, Fakulteta za naravoslovje in matematiko. Pridobljeno 3. 12. 2021 s spletne strani: <https://dk.um.si/Dokument.php?id=974>
4. Kakovost zraka v zaprtih prostorih. (b. d.) Pridobljeno 4. 12. 2021 s spletne strani: <http://okolje.maribor.si/delovna-podrocja/zrak/notranji-zrak/>
5. Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb. (2021). Uradni list RS, št. 42/02, 105/02, 110/02 – ZGO-1, 61/17 – GZ in 199/21 – GZ-1. Pridobljeno 5. 1. 2022 s spletne strani <http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=PRAV4223>
6. Pravilnik o zahtevah za zagotavljanje varnosti in zdravja delavcev na delovnih mestih. (2011). Uradni list RS, št. 89/99, 39/05 in 43/11 – ZVZD-1. Pridobljeno 5. 1. 2022 s spletne strani <http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=PRAV418>
7. Prek, M. (2013). Toplotno okolje in ugodje v prostori I. Integralna ocena toplotnega okolja. Predloga laboratorijske vaje. Laboratorij za ogrevalno, sanitarno in solarno tehniko ter klimatizacijo. Pridobljeno 10. 12. 2021 s spletne strani <http://lab.fs.uni-lj.si/los1/images/vaje/toplotno%20ugodje%20i%20-%20integralna%20ocena.pdf>
8. Šabec, A. (2013). Primerjalna študija svetlobnega in toplotnega udobja med montažnim in klasično zgrajenim vrtcem. Diplomaska naloga, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. Repozitorij UL. Pridobljeno 5. 1. 2022 s spletne strani <https://repozitorij.uni-lj.si/Dokument.php?id=85167&lang=slv>
9. Šelekar, N. (2020). Vpliv stopnje prezračevanja na kakovost notranjega zraka v izobraževalnih ustanovah in pisarnah. Magistrsko delo, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. Repozitorij UL. Pridobljeno 3. 12. 2021 s spletne strani: <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=114250>

10. Zbašnik – Senegačnik, M. (2018). Vplivi notranjega prostora na otroke v šolah in vrtcih.
11. Zdrav zrak, zdravi otroci-Kakovost notranjega zraka v osnovnih šolah: priročnik projekta InAirQ: priročnik za izobraževanje učencev in učiteljev osnovnih šol. (2019). Ljubljana: Nacionalni inštitut za javno zdravje. Pridobljeno 8. 11. 2021 s spletne strani https://www.nijz.si/sites/www.nijz.si/files/uploaded/prirocnik-e-izdaja_2.pdf
12. ZSTI SLOVENIJE (2021). Toplotno udobje. Predstavitev toplotnega udobja. Pojasnjevanje postopkov in meritev za oceno toplotnega udobja.

IZJAVA*

Mentor/-ica _Breda Krajnc_____ v skladu z 20. členom Pravilnika o organizaciji mladinske raziskovalne dejavnosti »Mladi za Celje« Mestne občine Celje, zagotavljam, da je v raziskovalni nalogi z naslovom **__TOPLOTNO UGODJE IN OSVETLJENOST ŠOLSKIH PROSTOROV__**, katere avtorji so _ Vid Čujež, Tibor Galesa Čoklc, Nuša Rojc_:

- besedilo v tiskani in elektronski obliki istovetno,
- pri raziskovanju uporabljeno gradivo navedeno v seznamu uporabljene literature,
- da je za objavo fotografij v nalogi pridobljeno avtorjevo dovoljenje in je hranjeno v šolskem arhivu,
- da sme Osrednja knjižnica Celje objaviti raziskovalno nalogo v polnem besedilu na knjižničnih portalih z navedbo, da je raziskovalna naloga nastala v okviru projekta Mladi za Celje,
- da je raziskovalno nalogo dovoljeno uporabiti za izobraževalne in raziskovalne namene s povzemanjem misli, idej, konceptov oziroma besedil iz naloge ob upoštevanju avtorstva in korektnem citiranju,
- da smo seznanjeni z razpisni pogoji projekta Mladi za Celje.

Celje, _7. 3. 2022_

žig šole

Podpis mentorja

Podpis odgovorne osebe

*

POJASNILO

V skladu z 20. členom Pravilnika raziskovalne dejavnosti »Mladi za Celje« Mestne občine Celje je potrebno podpisano izjavo mentorja (-ice) in odgovorne osebe šole vključiti v izvod za knjižnico, dovoljenje za objavo avtorja (-ice) fotografskega gradiva, katerega ni avtor (-ica) raziskovalne naloge, pa hrani šola v svojem arhivu.