



ŽARKO

Aplikativni inovacijski predlogi in projekti

RAZISKOVALNA NALOGA



Avtorja:
Alina Prtenjak
Jure Fludernik

Mentor:
dr. Mihael Gojkošek

Zunanji mentor:
Žan Močivnik, prof. mat. in rač.

Celje, marec 2022

Povzetek

Tema za raziskovalno nalogo je nastala v okviru programa FIRST Lego League (FLL) v šolskem letu 2019/2020, ko smo se člani ekipe ukvarjali s problematiko mest. Za problem smo si izbrali izolativnost naše šole in kako jo pasivno ohladiti v poletnih mesecih, saj smo kot učenci zelo dobro občutili vročino. Sedaj sva dijaka Gimnazije Celje – Center in opažava, da ima ta zgradba enak problem in veliko enakih lastnosti kot prejšnja osnovna šola. Obe zgradbi sta na sončni legi, večina učilnic je obrnjena proti vzhodu, zgradbi pa sta pod spomeniškim varstvom, zato ne moremo vgraditi klimatskega sistema, saj ne smemo uničiti zunanjega izgleda zgradb. Ker imata obe šoli prav tako veliko površino oken, pa bi lahko uporabili našo preteklo rešitev – Žarko, kjer bi lahko na okna namestili polarizatorje. Kot srednješolca sva želela narediti dodatne poskuse in jih primerjati z osnovnošolsko idejo, ali bi lahko polarizatorje uporabljali tudi kot izolatorje.

Ključne besede: polarizator, izolacija zgrad, spomeniško varstvo.

Summary

The topic for this research assignment was created in the framework of the FIRST Lego League (FLL) programme in the school year 2019/2020, where we worked on urban issues. For our problem we chose the insularity of our school and how to passively cool it down during the summer months, as we, as students, were able to feel the heat well. We are now students at Gimnazija Celje Center grammar school and we notice that this building has the same problem and many of the same features as the previous primary school. Both buildings are in a sunny position, most of the classrooms face east, and both are heritage-protected, so we cannot install an air conditioning system because we must not destroy the external appearance of the buildings. However, as both schools also have a large window area, we could use our previous solution - Žarko, where we could install polarisers on the windows. As high school students we wanted to do further experiments and compare them with our primary school idea of whether polarisers could also be used as insulators.

Keywords: polariser, building insulation, conservation.

Kazalo vsebine

1	Uvod	1
1.1	Opis raziskovalnega problema	1
1.2	Hipoteze	2
1.3	Raziskovalne metode.....	2
1.4	Orodja in pripomočki.....	3
2	Teoretični del.....	4
2.1	Segrevanje učilnic.....	4
2.2	Učinki visokih temperatur na človeško telo	4
2.3	Delovanje polarizatorja	5
3	Osrednji del	7
3.1	Opis problemov	7
3.2	Zgradba in površina	8
3.3	Izolacija oken	10
3.4	Testiranje na modelu.....	13
4	Implementacija rešitve	19
4.1	Pot sonca glede na letne čase	19
4.2	Sestava oken.....	21
4.3	Končna rešitev	22
5	Primerjava rezultatov	23
6	Inženirski dnevnik.....	23
7	Cenik	24
8	Sklepi	26
9	Zaključek.....	27
	Viri in literatura	28
	Priloge.....	29

Kazalo slik

Slika 1: Merjenje oken	1
Slika 2: Kako deluje polarizator	1
Slika 3: Prikaz elektromagnetnega valovanja in IR sevanja	4
Slika 4: Absorpcijski polarizator	5
Slika 5: Polarizator na odboj	5
Slika 6: Polarizator z dvolomnostjo	6
Slika 7: Vzhodna stran I. OŠ Celje	8
Slika 8: Vzhodna in južna stran GCC	8
Slika 9: Izgube skozi okna na I. OŠ Celje	9
Slika 10: Energetska izkaznica I. OŠ Celje	9
Slika 11: Preverjanje vpliva polarizatorja na svetlobo	11
Slika 12: Pogovor z učiteljico fizike	11
Slika 13: Mitja Suvajac	12
Slika 14: Slike študenta Maribora	12
Slika 15: Testiranje svetilnosti	13
Slika 16: Meritve z lumen metrom v kontroliranem prostoru	13
Slika 17: Testiranje s termalno kamero	14
Slika 18: Izdelava kocke	15
Slika 19: Težave z osvetljavo zaradi kota sončnih žarkov	15
Slika 20: Izvajanje poskusa	16
Slika 21: Graf meritve	16
Slika 22: Ponovitev eksperimenta	18
Slika 23: Kot žarkov na Zemlji	19
Slika 24: Kot sonca skozi leto	19
Slika 25: Kot sonca skozi leto	19
Slika 26: Vzhodna in južna stran Gimnazije Celje – Center	20
Slika 27: Orientacija Gimnazije Celje – Center	20
Slika 28: Zgradba okna	21
Slika 29: Učinek tople grede	21
Slika 30: Slika rešitve	22

1 Uvod

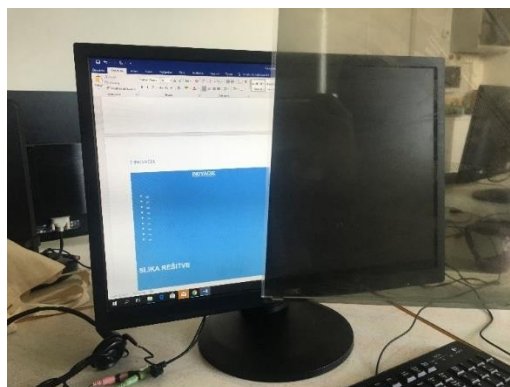
1.1 Opis raziskovalnega problema

Naše raziskovanje se je pričelo s smernicami iz inženirskega priročnika za ekipe. Dobili smo sledeča navodila: »Vedno več mest se sooča z velikimi izzivi, npr. transportom, dostopnostjo in celo okoljskimi težavami. Kaj lahko naredimo za boljšo prihodnost vseh mi sami? Uspe nam lahko le s sodelovanjem, skupinskim delom in uporabo domišljije.« (FLL izziv)

S projektom smo izhajali iz lastnih izkušenj, saj smo sami čez šolsko leto čutili vročino v učilnicah med poletnimi meseci. Odločili smo se, da bomo to težavo bolj raziskali. Opravili smo anketo, kjer smo opazili, da se večina učencev strinja z nami in da se soočajo z enakim problemom. To nam je dalo pogum, da smo raziskovali naprej in prišli do ugotovitve, da je kar 28 % stene pokrite z okni, da se večina učilnic nahaja na vzhodni strani šole, da se šolski prostori hitro segrevajo in da vročina zmanjša koncentracijo učencev. S pomočjo učiteljice fizike smo ugotovili, da bi lahko bila primerna rešitev polarizator. S tem se je začela naša raziskava o učinkih polarizatorja in kako bi nam lahko koristil.

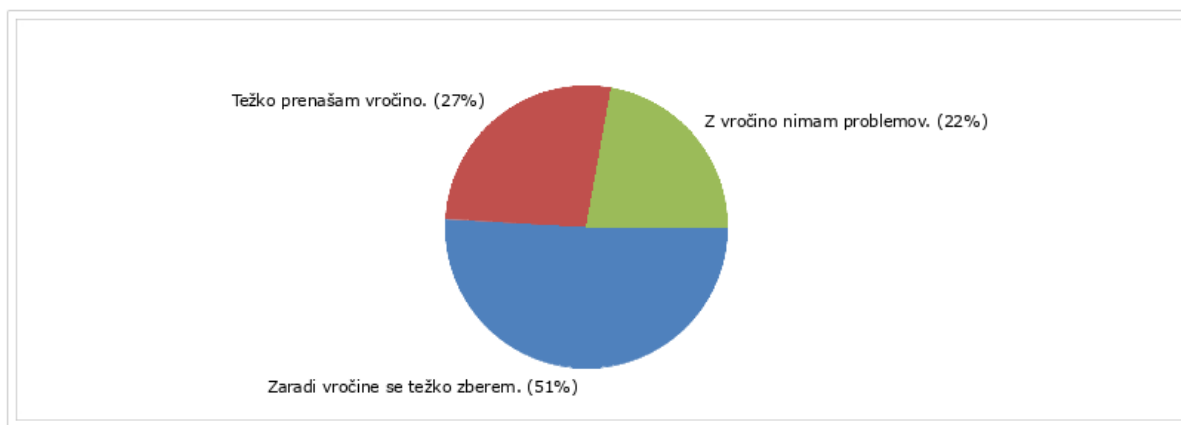


Slika 1: Merjenje oken



Slika 2: Kako deluje polarizator

Kako vpliva vročina na tvoje počutje? (n = 157)



Grafikon 1: Analiza ankete in potreba po ohladitvi prostorov

1.2 Hipoteze

V času najinega raziskovanja sva pregledala literaturo na temo problematike sodobnih mest, predvsem sva se poglobila v stavbe pod spomeniškim varstvom, saj sva se z njimi vsakodnevno srečevala. Odkrila sva, da strogi predpisi, ki nadzirajo spreminjanje zunanjšega izgleda takšnih stavb, prav tako vplivajo na druge stvari, kot so temperatura zraka v učilnicah in stroški. Zato sva se poglobila v raziskovanje rešitev za toplotno izolacijo takšnih stavb in slučajno naletela na polarizator, ki deluje kot svetlobni filter, ki prepušča le žarke določene polarizacije. Ko sva želela odkrite stvari povezati, sva prišla do raziskovalnih vprašanj:

- Ali bi lahko polarizator uporabili kot zaščito pred segrevanjem učilnic?
- Kakšne rešitve že obstajajo za izolacijo oken in ali so te primerne za stavbe pod spomeniškim varstvom?
- Ali bi polarizator dejansko upočasnil segrevanje?
- Ali bi bil polarizator problematičen zaradi predpisov spomeniškega varstva?
- Ali bi bila takšna rešitev cenovno ugodnejša od primernih alternativ?

Glede na zastavljena vprašanja sva oblikovala naslednje hipoteze:

H 1: Pasivno hlajenje s polarizatorjem ne bo vplivalo na zunanji izgled zgradbe.

H 2: V času najtoplejših mesecev med šolskih letom (maj, junij, september) temperatura zraka v učilnici, opremljeni s polarizatorji na oknih, ne bo presegla 28 °C.

H 3: Sistem bi bilo možno vgraditi v proizvodnji.

H 4: Polarizator se lahko uporablja tudi kot izolator.

1.3 Raziskovalne metode

Začetki raziskovanja so zelo pomembni. Ker pri tekmovanju FLL dobimo nekatere smernice, smo v začetku najprej pregledali polje za upravljanje robota, kjer se nekaj misij navezuje ravno na težave mest. Za naše raziskovanje smo tako uporabili metode, opisane v nadaljevanju.

Anketa – v okolju 1KA.si smo ustvarili spletno anketo, s katero smo ugotovili, ali se tudi ostali učenci strinjajo, da je v učilnicah prevroče, in ali to tudi njim povzroča težave pri koncentraciji.

Intervju – intervjuji so bili ključnega pomena za razvoj naše rešitve. Opravljali smo jih na različne načine. Srečali smo se z učiteljico fizike, ki nam je pomagala pri razumevanju težave in delovanju rešitve. Bili smo v prostorih MIK Celje, kjer so nam pokazali proizvodnjo oken in se pogovorili o naši rešitvi. Kontaktirali smo tudi Zavod za varstvo kulturne dediščine o omejitvah, ki jih imajo upravniki stavb, ki so pod spomeniškim varstvom. Govorili smo tudi s študentom fizike, ki nam je s poskusi pojasnil delovanje polarizatorjev.

Sistematični pregled literature – metoda, s katero sistematično preverimo raziskovalno področje in primerjamo svoje ugotovitve.

Eksperiment – na šoli sva naredila manjši model sobe, kjer sva opravila nove meritve s fizikalnimi instrumenti. V času osnovne šole pa smo imeli dostop do IR kamere, kjer smo lahko preverili posamezno segrevanje materialov.

1.4 Orodja in pripomočki

Za naše raziskovalne metode in izdelavo idejnega projekta smo potrebovali sledeča orodja.

1KA.si je spletno orodje za opravljanje anket. Z njeno pomočjo lahko oblikujemo ankete ali kvize. Mi smo jo uporabili kot anketo za pridobivanje prvih informacij o aktivnosti učencev.

Videokonferenčni sistem Zoom je program, ki omogoča videokonferenčne sestanke na daljavo. Tako lahko več ljudi hkrati sodeluje v pogovoru, medtem pa omogoča delitev vsebine na zaslone uporabnikov, pisanje po zaslonu, delitev dokumentov in še ostalo. Z njegovo pomočjo smo lahko imeli sestanke na daljavo in delili svoje dokumente, kar je pripomoglo k lažji komunikaciji.

Wordpress je okolje za postavljanje spletnih strani. Naša ekipa ima v tem okolju svojo spletno stran, na katero lahko zapisujemo svoje reference in pretekle projekte. Dostopna je na povezavi: <http://www.fllbw.si/projekt-2019-zarko>.

Google Drive je okolje, ki vsebuje urejevalnik dokumentov, ustvarjanje elektronskih prosojnic in ustvarjanje map za odlaganje dokumentov. Zaradi enostavnosti omogoča hitro odlaganje dokumentov preko mobilnih naprav in računalnika.

Facebook Messenger je spletno orodje, ki je namenjeno klepetu. V njem je mogoče ustvariti skupino in tako na enostaven način o dogajanju obveščati ostale člane pogovora. Prav tako omogoča deljenje datotek in povezav.

SketchUp je računalniški program za 3D modeliranje objektov. Razvilo ga je podjetje Google, ki ga je kasneje prodalo podjetju Trimble. V njem lahko naredimo izris 3D modelov, ki jih potrebujemo in postavimo preko drugih aplikacij v realno okolje. Program omogoča risanje modelov v realnem merilu in z vsemi podrobnostmi, ki jih lahko preko drugih programov pripravimo za produkcijo.

Office 365 je okolje za urejanje dokumentov, ki ga je razvilo podjetje Microsoft. Paket vsebuje urejevalnik besedil, planer, izdelavo elektronskih prosojnic, hrambo dokumentov in še kaj. Pripomoček smo uporabili za pisanje raziskovalne naloge in odlaganje dokumentov.

2 Teoretični del

2.1 Segrevanje učilnic

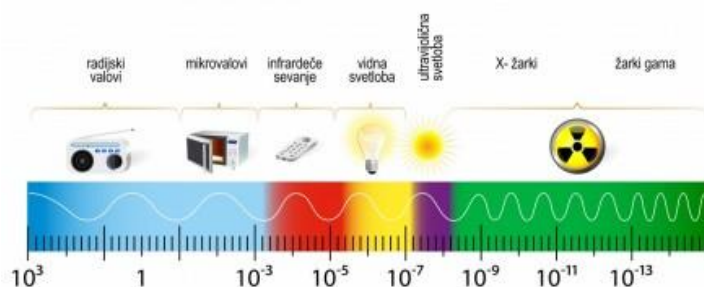
Učilnice se največ segrevajo s svetlobo, ki prihaja v prostore skozi okna. Poznamo različne vrste svetlobe, ki jih delimo med seboj po tem, kje se njihova valovna dolžina nahaja na spektru svetlobe. Mi vidimo tako imenovano vidno svetlobo. Večino energijskega toka, ki povzroča segrevanje, pa v učilnico prinaša infrardeča svetloba, ki ima večjo valovno dolžino kot vidna svetloba.

Predmeti zaradi svoje temperature v okolico sevajo svetlobo. Da predmet oddaja vidno svetlobo, mora biti segret na visoko temperaturo. Večina predmetov v naši okolici pa zaradi nižje temperature seva v infrardeči svetlobi, ki je naše oči ne zaznajo.

S sevanjem se v prostor razširja toplotni tok, zato infrardeča svetloba segreva predmete, ki jih zadene. Na takšen princip se segreva Zemlja in tako delujejo tudi moderni sistemi IR panelov za ogrevanje stanovanja.

V poletnih mesecih pristanejo žarki infrardeče svetlobe na površje pod večjim kotom, kar povzroča hitrejše segrevanje učilnic, s tem pa tudi veliko višjo temperaturo v učilnici. Pri tem moramo upoštevati tudi učinek tople grede, saj se sončnim žarkom ob stiku spremeni valovna dolžina.

ELEKTROMAGNETNI SPEKTER



Slika 3: Prikaz elektromagnetnega valovanja in IR sevanja

2.2 Učinki visokih temperatur na človeško telo

Raziskave NIJZ ugotavljajo, da višje temperature negativno vplivajo na naše telo in učne sposobnosti.

Vroči dnevi lahko povzročijo dehidracijo, toplotno izčrpanost in veliko drugih problemov. Vroči dnevi so povezani tudi z večjim tveganjem za številne druge bolezni, za katere se običajno ne zdi, da so povezane z vročino, na primer težave z ledvicami, okužbe kože in prezgodnji porod pri nosečnicah. Vročinski udar, toplotna izčrpanost in dehidracija pravzaprav predstavljajo razmeroma majhen del vseh zdravstvenih problemov, povezanih z dnevi ekstremne vročine.

Vse več dokazov kaže, da dnevi visokih temperatur negativno vplivajo tudi na naše duševno zdravje. Nedavna študija v New Yorku je pokazala, da so vroči dnevi povezani z večjim tveganjem za obisk urgence zaradi zlorabe substanc, motenj razpoloženja, shizofrenije in demence. Druge študije kažejo, da je vroče vreme povezano z nižjo uspešnostjo pri standardiziranih testih, večjim tveganjem napak pri presoji in večjim tveganjem za poškodbe pri delu. Čeprav je treba opraviti še veliko raziskav, da bi dobili celotno sliko, lahko predvidevamo, da ima toplota pomembne učinke na kondicijske sposobnosti, razpoloženje in druga področja našega duševnega zdravja.

2.3 Delovanje polarizatorja

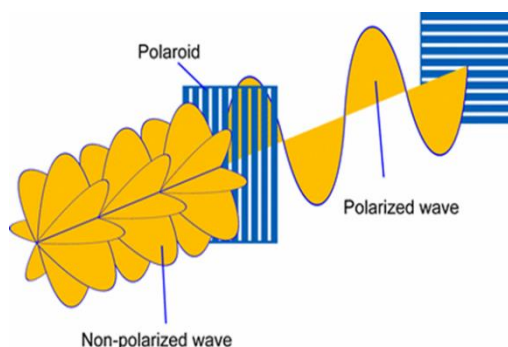
Polarizator je optični filter, ki omogoča svetlobne valove določenega polarizacijskega prehoda in blokira svetlobne valove drugih polarizacij. Lahko pretvori svetlobni žarek nedefinirane ali mešane polarizacije v žarek natančno določene polarizacije, to je polarizirane svetlobe. Polarizator delimo v dve veliki skupini:

- absorpcijski polarizatorji in
- polarizatorji z razdeljevanjem žarka.

1. Absorpcijski polarizatorji

Najenostavnejši je linearni polarizator, ki ima vzporedne osi. Kadar nanj pravokotno pada žarek nepolariziranega valovanja, dobimo na drugi strani polarizirano elektromagnetno valovanje. Valovi, ki padajo vzporedno z osmi, se lahko prebijajo skozi polarizator. Na drugi strani mreže dobimo valovanje, ki je polarizirano vzporedno na smer osi.

Izvedba takšne vrste polarizatorjev zahteva razdalje med vzporednimi osmi, ki so manjše od valovne dolžine svetlobe. Zaradi tega so polarizatorji te vrste uporabljali samo za mikrovalovno in za infrardečo svetlobo.



Slika 4: Absorpcijski polarizator

2. Polarizatorji z razdeljevanjem žarka

Polarizatorji z razdeljevanjem žarka razdelijo žarek na dva dela, ki imata različno polarizacijo.

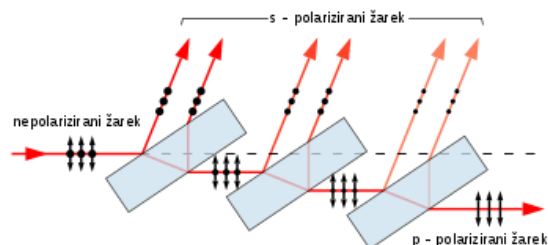
Te vrste polarizatorji so lahko:

- polarizatorji na odboj in
- polarizatorji z dvolomnostjo.

a) Polarizatorji na odboj

Kadar se svetloba odbije na meji dveh prozornih snovi, je odbojnost različna za svetlobo, ki je polarizirana v vpadni ravnini (ravnina, ki povezuje vpadni žarek in odbiti žarek), v primerjavi s tisto, ki je polarizirana v pravokotni smeri nanjo. Za svetlobo, ki je polarizirana v vpadni ravnini, pravimo, da ima p-polarizacijo, za svetlobo, ki je polarizirana v pravokotni ravnini, pa pravimo, da ima s-polarizacijo.

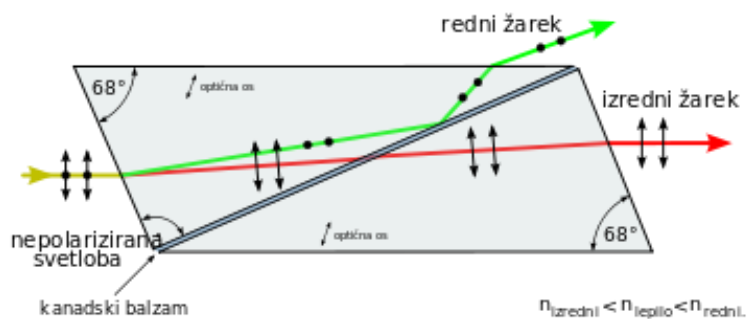
Preprost polarizator te vrste sestavlja nekaj steklenih ploščic, na katere pade pod Brewstrovim kotom svetlobe. Na vsaki ploščici se odbije nekaj s-polariziranih žarkov. Če je ploščic več, dobimo na koncu p-polarizirano svetlobo.



Slika 5: Polarizator na odboj

b) Polarizatorji z dvolomnostjo

Polarizatorji te vrste izkoriščajo dvolomnost, ki je lastnost nekaterih kristalov. Pri vpadu svetlobe na takšen kristal se vpadajoči žarek razcepi na dva žarka. Vsak od teh dveh žarkov ima drugačno polarizacijo. Žarka imenujemo redni in izredni žarek.



Slika 6: Polarizator z dvolomnostjo

3 Osrednji del

3.1 Opis problemov

Začetki raziskovalne naloge segajo še v čas najinega osnovnošolskega izobraževanja. V sedmem razredu sva namreč sodelovala v projektu FIRST Lego League, ki je predstavljen zgoraj. Tematika takratne sezone je bila oblikovanje mest oz. največji problemi bivanja v mestih. Tako smo začeli raziskovati in odkrili probleme z odvodnjavanjem, toplotno izolacijo, smetmi, kanalizacijo in drugim.

Odločili smo se za problem s toplotno izolacijo, saj smo ga vsakodnevno občutili tudi sami. Najina takratna I. osnovna šola Celje je bila namreč zaradi svoje dolgoletne zgodovine, izgleda in dogodkov, ki so se zgodili, pod zaščito spomeniškega varstva. To je onemogočalo namestitev klim ter tudi dobro zunanjo energetske sanacije, kot je fasada. Kot pravita 28. in 29. člen Zakona o varstvu kulturne dediščine, je treba za vsakršen zunanji poseg pridobiti dovoljenje. To vključuje tudi namestitev zunanjega ohišja klim, ki morajo biti na zunanji strani objekta, za kar šola ne more dobiti dovoljenja, saj takšne spremembe vplivajo na avtentičnost izgleda poslopja.

I. osnovna šola Celje prav tako leži na sončni strani, kjer se sonce vanjo upira vse od jutra do popoldneva. Tako smo kot takratni učenci v spomladanskih mesecih ter tudi na začetku šolskega leta v septembru občutili veliko vročino, ki med drugim vpliva na možnost učenja. Višje temperature zmanjšajo možnost koncentracije, pretopen prostor pa tudi uspava. Zaradi vsesplošne neprijetnosti smo se učenci pogosto zadrževali na hodniku, ki je bil hladen zaradi starih betonskih tal, obloženih s ploščicami. To je povzročilo vsesplošen nered, nad čimer učitelji niso bili zadovoljni. Neinformiranost učencev in njihovo slabo počutje so privedli tako do izgrediv v razredih kot tudi do preprirov z učitelji, saj je dokazano, da »neprijetne visoke temperature lahko glede na raziskave povišajo verjetnost za pojav fizične agresije in nasilja« (Anderson in Anderson, 1998).

Problemi se poznajo tudi pozimi, saj šola nima dovoljenja za namestitev fasade z izolacijo iz stiropora. Namesto tega je dovoljen le tanek 3–4-centimetrski sloj izolacije, ki bi naj nadomestil večji nanos stiropora in tako preprečil izhajanje toplote. Zaradi tega toplota izhaja skozi stene, to pa povzroči potrebo po večjem ogrevanju in posledično višjih računih za ogrevanje. Problem se poveča še z dejstvom, da kar 30 % sten prekrivajo dvoslojna okna. Ta pozimi povečajo izgubo, poleti pa pohitrijo segrevanje.

Ko sva letos začela šolanje na Gimnaziji Celje – Center, sva dokaj hitro opazila, da se problemi ponavljajo. Gimnazija Celje – Center (v nadaljevanju okrajšava GCC) je prav tako kot najina nekdanja šola pod spomeniškim varstvom. Ker je stavba zgrajena v obdobju secesije, ima temu primeren izgled, torej okna prekrivajo večino stavbe. Večina učilnic je tudi tu v času pouka obrnjena proti soncu, kar poleti prostore hitro segreva. Šola je svoje probleme z vročino poskusila rešiti oz. vsaj ublažiti z namestitvijo rekuperatorjev zraka. Ti naj bi pozimi mrzel zunanji zrak malo segreli, poleti pa ga ohladili, vendar se to v tako velikih prostorih ne kaže prav veliko. Pri tem je potrebno upoštevati, da je v vsaki učilnici po 30 ljudi, kar dodatno prispeva k ogrevanju prostora. Kot dijaka sva prav tako opazila, da večina profesorjev rekuperatorje ugaša, saj je zvok moteč, ali pa poleg njihove uporabe odpre tudi okna, kar njihov učinek zmanjša oz. izniči. Še ena slabost teh naprav je, da so velik stroškovni zalogaj, zato so nameščeni le v pritličnih učilnicah. Namestitev po vseh drugih prostorih niti ne bi bila mogoča, saj je ohišje rekuperatorja veliko, zato ga zaradi posebne oblike secesijske zgradbe ne bi bilo mogoče namestiti v vse učilnice.

Zaradi videnih in občutenih dogodkov sva se odločila, da sedmošolski projekt s pridobljenim znanjem in idejami nadgradiva in prilagodiva potrebam nove šole.

PROBLEM	I. OŠ Celje	GCC	OPIS
Velika površina oken	✓	✓	Na obeh zgradbah okna prekrivajo približno 30 % zgradbe.
Spomeniško varstvo	✓	✓	Tako I. osnovna šola Celje kot Gimnazija Celje – Center sta pod spomeniškim varstvom.
Alternativne rešitve	x	✓	Na Gimnaziji Celje – Center so v času koronavirusa želeli nadgraditi prezračevalni sistem z rekuperatorji zraka. V manjšem odstotku pripomorejo tudi pri ohlajevanju zraka, a se pri veliki količini ljudi to ne pozna pri temperaturi.
Stroškovni zalogaj	✓	✓	Vse redko uporabljene rešitve so dražje od drugih, česar pa si šoli ne moreta kar tako privoščiti, saj šolski sklad za takšne investicije ni dovolj velik.

Tabela 1: Primerjava obeh zgradb in sorodni problemi

POSLEDICE	I. OŠ Celje	GCC	OPIS
Višji stroški ogrevanja	✓	✓	Obe zgradbi imata zaradi starosti gradnje slabo izolacijo sten, prav tako pa se velike izgube kažejo tudi pri izgubljanju skozi okna.
Nezadovoljstvo osebja in učencev	✓	✓	Z anketo in ustnim povpraševanjem smo ugotovili, da v poletnih mesecih prihaja do velikega nezadovoljstva in pritoževanja med prisotnimi na obeh šolah.
Težave s koncentracijo	✓	✓	Povišane temperature prostorov vplivajo na koncentracijo in počutje, kar se kaže pri učencih in dijakih.

Tabela 2: Pojav težav zaradi neustrezne temperature v prostoru

3.2 Zgradba in površina



Slika 7: Vzhodna stran I. OŠ Celje



Slika 8: Vzhodna in južna stran GCC

Že zaradi starosti obeh zgradb lahko predvidevamo, da so se materiali v času njune gradnje precej razlikovali od današnjih. Čeprav so betonske in opečnate stene na prvi pogled primerne zaradi svoje debelosti, niso dobro izolacijske. To je velik problem, ki ga občutita obe šoli tako pozimi kot poleti. Namestitve fasade žal ni med možnostmi, saj predpisi o zaščiti stavb pod spomeniškim varstvom to omejujejo oz. prepovedujejo. Po pogovoru z vodstvom I. osnovne šole Celje sva ugotovila, da je edina

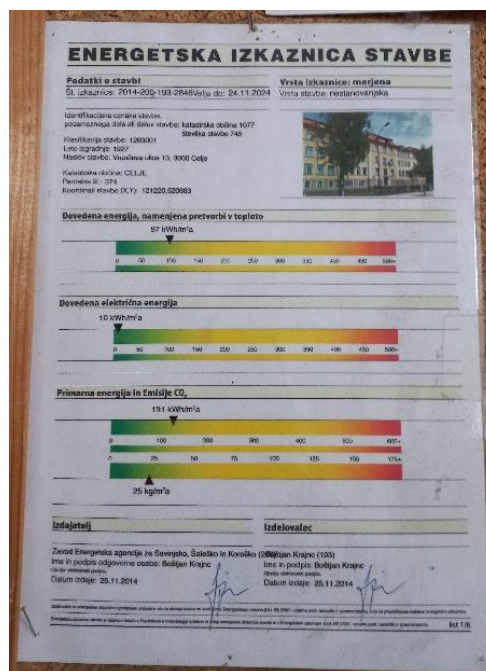
možnost namestitve 3–4-centimetrskega premaza, ki naj bi deloval kot izolacija, čeprav izgleda stavbe ne bi spremenil. Uporaba tega premaza je na I. osnovni šoli Celje predvidena v prihajajoči energetske sanaciji, vendar so sami povedali, da premaz ni tako učinkovit kot fasada in je hkrati dražji. Prav tako velik problem pa je tudi energetska izguba skozi okna. Zaradi možnosti izposoje kamere med zimskimi počitnicami ta razlika ni očitno vidna, saj notranjost šole ni bila ogrevana. Prisojni strani Gimnazije Celje Center in I. osnovne šole Celje sta namreč pokriti s približno 30 % steklenih površin. Ta problem je opazen tako poleti kot pozimi. Poleti se šoli skozi okna zelo segrejeta, pozimi pa so skozi okna tudi največje izgube.



Slika 9: Izgube skozi okna na I. OŠ Celje

Razen navadnih dvoslojnih oken obstajajo tudi 3-slojna okna, vendar ta nikakor niso primerna. Pozimi, ko so topli sončni žarki prav prijetni, bi ta to toploto preprečevala. Prav tako se zaradi treh slojev stekla in dveh vmesnih plasti plina spremeni svetloba. To nikakor ni zanemarljivo, saj je večina učilnic ves čas samo pod vplivom naravne in ne umetne svetlobe. Nastopi pa tudi tretji problem, ki se nanaša na spomeniško varstvo. Ker so 3-slojna okna debelejša, pride do problema s predpisi o spremembah zunanosti. Na I. osnovni šoli Celje so nama tako povedali, da bi za namestitev takšnih oken morali spremeniti notranjost, da debelejša okna ne bi vplivala na izgled.

Obe šoli imata zaradi trga brez primernih rešitev probleme, saj ti višajo stroške. Raziskave kažejo, da s spremembo toplotnega vira prihraniš 10 % energije, kar bi se na računih pozitivno poznalo. Vendar ta prihranek nikakor ni mogoč, saj se tako velika zgradba, kot je šola, ne mora enostavno prestaviti na drug vir ogrevanja. Še večji prihranek pa se pokaže s spremembo oz. splošno namestitvijo izolacije, in sicer kar 30–40 % energije. Vendar tudi to ni mogoče zaradi zgoraj naštetih razlogov.



Slika 10: Energetska izkaznica I. OŠ Celje

3.3 Izolacija oken

Po pogovoru z vodstvom I. osnovne šole Celje sva ugotovila, da bi energetski problem najbolje rešili, če bi rešili problem z izgubo skozi okna, zato sva se poglobila v raziskovanje že obstoječih rešitev za problem. Našla sva jih precej, vendar nobena od njih ni bila konkretno namenjena preprečevanju izgube energije in toplote.

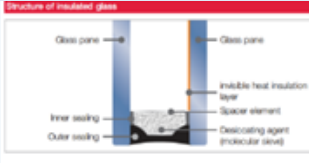
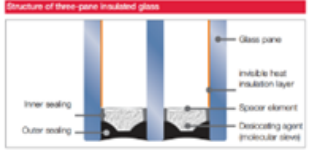
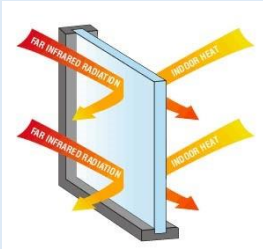
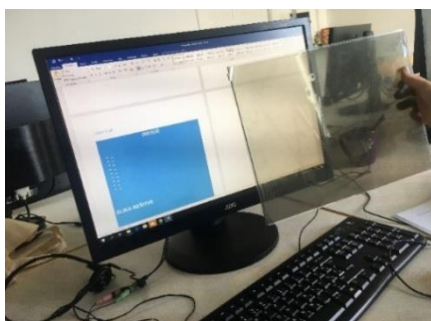
	PREDNOSTI	SLABOSTI
IZOLACIJSKO STEKLO (2 SLOJA, MEDSTEKELNI DISTANČNIK) 	– uporaba za zasteklitev stanovanjskih hiš in drugih ogrevanih objektov; – preprečevanje toplotnih izgub pri ogrevanju; – zvočna zaščita.	– dolžine življenjske dobe ni mogoče napovedati (odvisna je od postopka spajanja in tesnjenja pri robovih); – učinkovitost ni zagotovljena.
IZOLACIJSKO STEKLO (3 SLOJI, MEDSTEKELNI DISTANČNIK) 	– zadržuje več toplote med zimo; – zmanjša vhod toplote med poletjem.	– manjši prehod vidne svetlobe skozi okno.
NIZKOEMISIJSKI NANOS 	– omogoča neoviran prehod kratkovalovnega sončnega sevanja; – ne prepušča dolgovalovnega toplotnega sevanja (infrardeči spekter) predmetov s sobno temperaturo.	– obvaruje le pred UV in infrardečimi žarki.
NOTRANJE ROLETE/ŽALUZIJE 	– zasebnost.	– ne preprečujejo vdora toplote; – prostor zatemnijo.
ZUNANJE ROLETE 	– zasebnost; – okna varujejo pred zunanjimi vplivi.	– prostor zatemnijo; – delno preprečujejo vdor toplote.

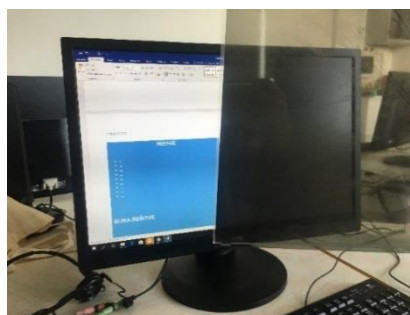
Tabela 3: Vpliv posameznih dejavnikov na toplotno izolacijo s strani ponudnikov

Po vseh pregledanih sorodnih rešitvah sva ugotovila, da nobena ne rešuje najine problematike. Najbližje je bil nizkoemisijski nanos, ki je bil stroškovno izjemno neugoden. Sicer sva slišala tudi za nekatere druge podobne rešitve, vendar so bile vse cenovno neugodne, še posebej za ustanove, kot so šole, ki same nimajo denarnih sredstev za takšne investicije. Ugotovila sva torej, da na trgu ni nobene primerne rešitve za stavbe s spomeniškim varstvom. Odločila sva se, da problem rešiva sama.

Začela sva z raziskovanjem snovi in različnih načinov, ki odbijajo in preprečujejo vhod in izhod toplote skozi okna. Tako sva naletela na polarizator, ki omeji prehod žarkov skozenj. Poglobila sva se v raziskavo in odkrila, da ga nezavedno uporabljava v vsakodnevnem življenju. Ta namreč omogoča prikaz slike v vseh računalniških napravah. Tako sva še kot osnovnošolca razstavila nedelujoč šolski monitor ter iz njega dobila tanko plast polarizatorja. Prvi preizkus je bil preprosto opazovanje prehoda svetlobnih žarkov skozenj. To sva opravila tako, da sva polarizirano plast postavila pred računalnik in opazila, da se ni zgodilo nič. Slika se je skozenj videla enako kot brez polarizatorja. Potem sva polarizator poskusila obrniti za 90° . Pri tem sva opazila spremembo. Slika, prikazana na računalniku, ni bila več vidna. Videla sva le še temnino.



Slika 11: Preverjanje vpliva polarizatorja na svetlobo

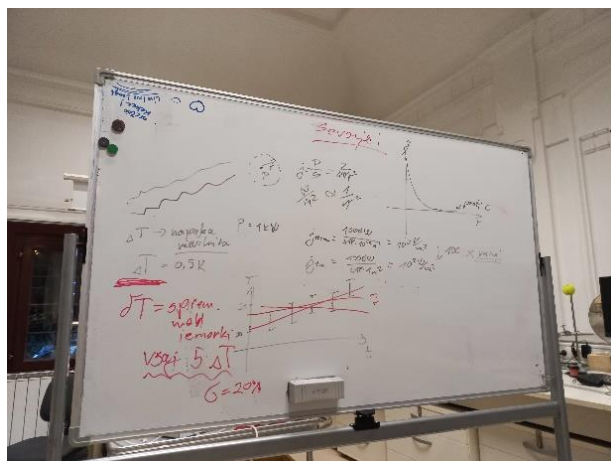
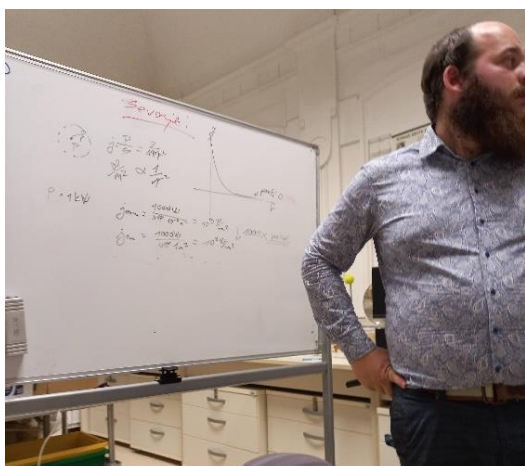


Zaradi raziskave sva nekaj o polarizatorju sicer že vedela, vendar koncepta še nisva popolnoma razumela, zato sva za pomoč prosila učiteljico fizike iz I. osnovne šole Celje. Ta nama je razložila, da je svetloba valovanje, pojasnila je, kaj so infrardeči žarki in da je svetloba vrsta energije, ki se izraža kot toplota. Na primeru polariziranih sončnih očal nama je prikazala dejanske učinke polarizatorja v vsakodnevnem življenju. Razložila nama je tudi, da polarizator deluje kot rešetke, ki skozenj spuščajo le določeno usmerjenost žarkov.



Slika 12: Pogovor z učiteljico fizike

Ko sva staro idejo ponovno začela razvijati v srednji šoli, sva za ponovno razlago prosila študenta fizike Mitjo Suvajaca, ki na Gimnaziji Celje – Center pomaga pri raznih projektih na področju fizike. Ta nama je delovanje polarizatorja demonstriral ter nama razložil tudi teorijo.



Slika 13: Mitja Suvajac

Po razlagi sva določila in razjasnila idejo za rešitev. To je bila polarizirana plast, ki bi se jo nalepilo na okno. Ta bi skozenj spuščala le vodoravne svetlobne žarke in s tem omejila segrevanje. Za naslednji korak sva za pomoč prosila študenta fizike iz Maribora. Ta je s termalno kamero opazoval segrevanje objekta za polarizatorjem.



Slika 14: Slike študenta Maribora



3.4 Testiranje na modelu

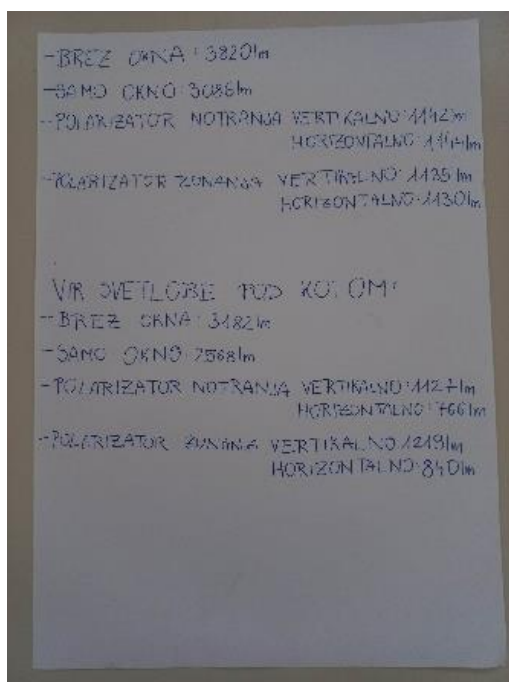
Naslednji korak je bil samostojno opravljanje testov. Prvi med njimi je bil merjenje svetilnosti. To sva opravila tako, da sva polarizator postavila na zunanjo in nato še na notranjo stran okna ter primerjala rezultate. Ugotovila sva, da s polarizatorjem na notranji strani izgubimo približno 10 % več svetlobe kot s polarizatorjem na zunanji strani. Pri tem poskusu smo preverjali tudi vpliv prepustnosti polarizatorja glede na postavitev. Naš rezultat je bil, da polarizator, obrnjen navpično, skozi prepusti 30 % več svetlobe kot polarizator, obrnjen vodoravno.



Slika 15: Testiranje svetilnosti

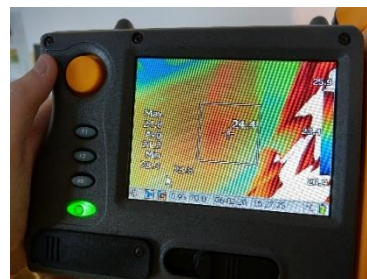


Ker pa so se nama rezultati po prvem testu zdeli pretirani, sva se odločila, da eksperiment ponoviva v kontroliranih pogojih. Najine ugotovitve so bile, da v pogoju, ko je vir svetlobe vzporedno z lumen metrom, ni važna orientacija polarizatorja, temveč le pozicija na notranji ali zunanji strani okna. Če imata lumen meter in vir svetlobe podoben kot kot sonce na površje, je orientacija pomembnejša od postavitve polarizatorja.



Slika 16: Meritve z lumen metrom v kontroliranem prostoru

Potem sva se odločila pridobiti termalno kamero tudi sama in z njo izmeriti razliko v hitrosti segrevanja predmeta za polariziranim oknom in brez njega. Takratne ugotovitve so bile, da ima polarizator velik vpliv na hitrost segrevanja površin.



Slika 17: Testiranje s termalno kamero

Ker so bili ti poskusi opravljeni v osnovni šoli, rezultati niso bili dovolj natančni za najine potrebe. Ko sva sedaj kot srednješolca še naprej razvijala projekt, sva se odločila poskuse ponoviti in jih hkrati še malo razširiti. Z najinim mentorjem in profesorjem fizike Mihaelom Gojkovškom smo sestavili načrt izvajanja poskusov.

Prvoten načrt je bil ustvariti dve kocki, velikosti 30 cm x 30 cm x 30 cm. Ti bi bili narejeni iz stiropora z luknjo na zadnji strani, skozi katero bi vstavili senzor za meritve. Na sprednji stani bi eno od ploskev zamenjali z oknom, ki bi ga izolirali s poliuretansko peno. Vanj bi postavili na črno pobarvan kovinski kvader, v katerega bi vstavili senzor, in kvader osvetljevali z reflektorjem. Pri tem bi se črna ploskev segrevala, toplotni senzor pa bi nam sporočil meritve. Tako bi dobili izoliran prostor, na katerega ne bi vplivali zunanji vplivi, kar pomeni, da pri računanju ne bi bilo treba upoštevati tudi teh.





Slika 18: Izdelava kocke



Vendar prvotna ideja ni bila uresničljiva, vsaj ne v tistem času. Ko smo namreč poskušali dobiti donirana okna od podjetja MIK, so nam ti sporočili, da imajo na zalogi le velikost 50 cm x 50 cm, za velikost 60 cm x 40 cm pa bi bilo potrebno čakati vsaj kakšen mesec. Ker smo vedeli, da bodo sončni dnevi in tudi čas, ko je sonce na nebu, bolj omejeni, dlje kot odlašamo, smo se odločili vzeti velikost 60 cm x 40 cm.

Ob dobavi oken pa smo ugotovili, da sedaj nimamo dovolj stiropora, da bi okna oblepili. Zaradi težave s ponovno dobavo stiropora in zaradi zavedanja, da bo celotna gradnja izolacijske kocke težek projekt, smo določili spremembo načrta. Tako smo sedaj opustili idejo o kockah in se raje posvetili izvedbi poskusa nekoliko drugače. Vseeno smo želeli uporabiti dobljena okna, zato smo določili nov načrt. Za ta poskus bi že prej omenjene na črno pobarvane kovinske kvadre postavili za okni, kjer bi bilo eno okno normalno brez prilagoditev, na drugo pa bi postavili plast polarizatorja. Na tem mestu smo se odločili dodati še tretji kvader, ki bi meril temperaturo pri segrevanju brez kakršne koli ovire. Pri vseh treh kvadrilih smo se odločili, da so zunanji vplivi tako nizkih vrednosti, da jih lahko zanemarimo.

Vendar se nam je pojavila nova težava, in sicer vpliv narave. Ker je bil v tem času že skoraj konec novembra, je bil kot sončnih žarkov zelo nizek. V času po 14. uri, ko sva oba končala s poukom, je bilo sonce že prenizko, da bi lahko izvajali polurne meritve. Zato smo se odločili test prilagoditi vremenskim razmeram. Namesto osvetljevanja črno pobarvanih kvadrov s sončnimi žarki smo to energijo pridobili z reflektorjem.

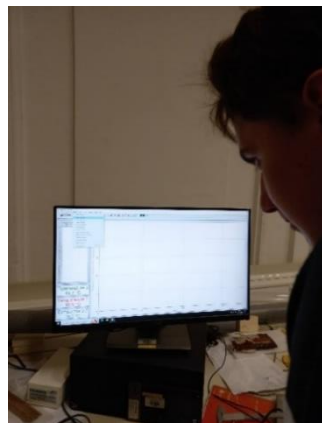


Slika 19: Težave z osvetljavo zaradi kota sončnih žarkov



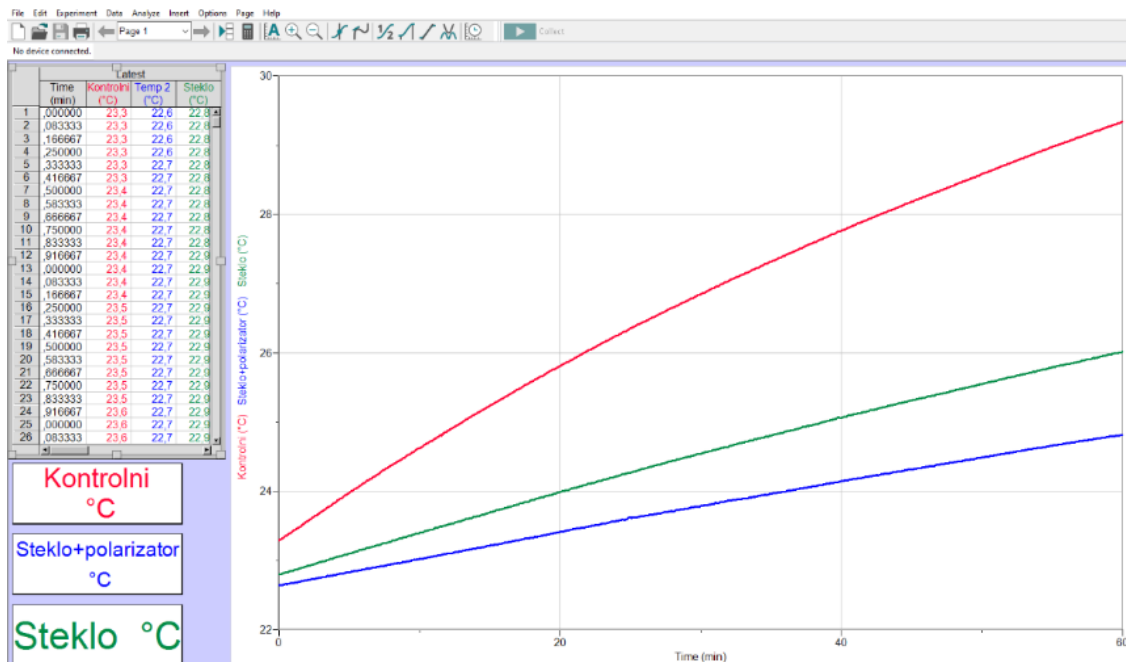
Poskus je potekal tako: najprej sva s sajami pobarvala 3 aluminijaste kvadre, v katerih so bile že vnaprej narejene luknje. Za v luknje sva naročila posebno toplotno prevodno pasto, nato pa sva vanje vstavila tri senzorje za temperaturo. Ti senzorji so vsak v svojem kvadru merili temperaturo pod tremi različnimi pogoji:

- samo pod reflektorjem;
- pod oknom, ki je obsijan z reflektorjem, in
- pod oknom, kjer žarki reflektorja prehajajo skozi polarizator.



Slika 20: Izvajanje poskusa

Poskus sva izvajala 60 minut in pri meritvah dobila naslednji graf.



Slika 21: Graf meritve

Preko meritev sva poskusila določiti, kako okno in polarizator vplivata na gostoto energijskega toka in posledično na segrevanje aluminijastih kvadrov.

Kontrola:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T = 0,407 \text{ kg} \cdot 880 \frac{\text{J}}{\text{kg K}} \cdot 6 \text{ K} = 2148 \text{ J}$$

$$P = \frac{Q}{t} = \frac{2148 \text{ J}}{3600 \text{ s}} = 0,597 \text{ W}$$

$$j = \frac{P}{S} = \frac{0,597 \text{ W}}{0,00005 \text{ m}^2} = 11940 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

Samo okno:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T = 0,407 \text{ kg} \cdot 880 \frac{\text{J}}{\text{kg K}} \cdot 3,2 \text{ K} = 1146,112 \text{ J}$$

$$P = \frac{Q}{t} = \frac{1146,112 \text{ J}}{3600 \text{ s}} = 0,318 \text{ W}$$

$$j = \frac{P}{S} = \frac{0,318 \text{ W}}{0,00005 \text{ m}^2} = 6360 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

Okno s polarizatorjem:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T = 0,407 \text{ kg} \cdot 880 \frac{\text{J}}{\text{kg K}} \cdot 2,2 \text{ K} = 787,952 \text{ J}$$

$$P = \frac{Q}{t} = \frac{787,952 \text{ J}}{3600 \text{ s}} = 0,219 \text{ W}$$

$$j = \frac{P}{S} = \frac{0,219 \text{ W}}{0,00005 \text{ m}^2} = 4380 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

Eksperiment smo ponovili s soncem, a smo morali zaradi slabega vremena testiranje skrajšati. Uporabili smo čas, ko je sonce sijalo neprestano, kar je bilo približno 1 minuto. Ne glede na kratko časovno obdobje so rezultati pokazali, da je razmerje gostote energijskega toka enako kot pri eksperimentu z reflektorjem – polovico energije absorbira okno, tretjino preostale energije pa polarizator.

KONTROLA:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T = 0,407 \text{ kg} \cdot 880 \frac{\text{J}}{\text{kg K}} \cdot 0,7 \text{ K} = 250,7 \text{ J}$$

$$P = \frac{Q}{t} = \frac{250,7 \text{ J}}{60 \text{ s}} = 4,2 \text{ W}$$

$$j = \frac{P}{S} = \frac{4,2 \text{ W}}{0,00005 \text{ m}^2} = 84\,000 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

OKNO:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T = 0,407 \text{ kg} \cdot 880 \frac{\text{J}}{\text{kg K}} \cdot 0,4 \text{ K} = 143,3 \text{ J}$$

$$P = \frac{Q}{t} = \frac{143,3 \text{ J}}{60 \text{ s}} = 2,4 \text{ W}$$

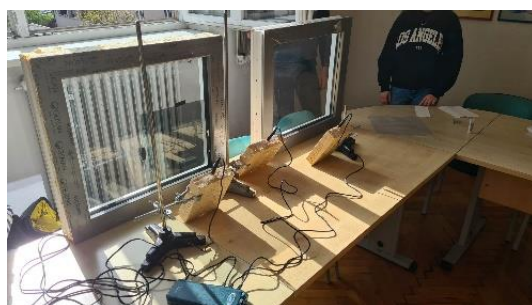
$$j = \frac{P}{S} = \frac{2,4 \text{ W}}{0,00005 \text{ m}^2} = 48\,000 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

OKNO + POLARIZATOR:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T = 0,407 \text{ kg} \cdot 880 \frac{\text{J}}{\text{kg K}} \cdot 0,3 \text{ K} = 107,4 \text{ J}$$

$$P = \frac{Q}{t} = \frac{107,4 \text{ J}}{60 \text{ s}} = 1,79 \text{ W}$$

$$j = \frac{P}{S} = \frac{1,79 \text{ W}}{0,00005 \text{ m}^2} = 35\,800 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$



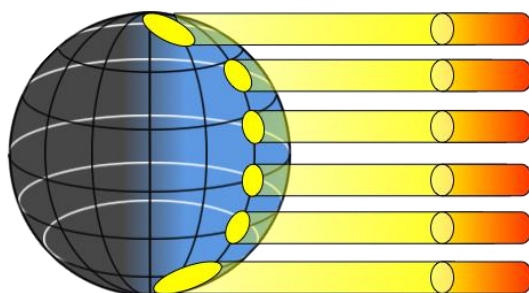
Slika 22: Ponovitev eksperimenta

4 Implementacija rešitve

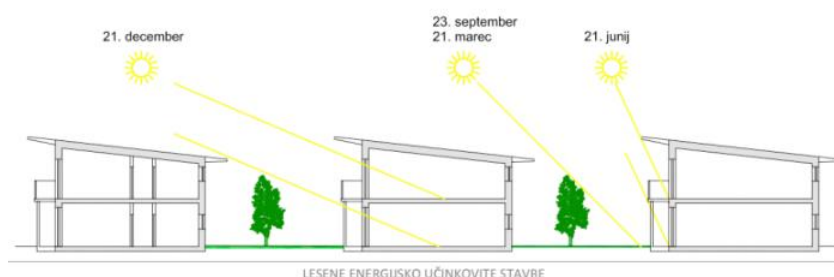
4.1 Pot sonca glede na letne čase

Ker je Zemljina os pod kotom 23.5° , se skozi leto kot, pod katerim padajo sončni žarki na Zemljo, spreminja. Poleti padajo sončni žarki na Zemljo pod večjim kotom kot pozimi. Ko sončni žarki padajo na Zemljo pod večjim kotom, je gostota žarkov na določenem območju večja kot gostota žarkov na območju pod manjšim kotom.

Ker je gostota žarkov poleti večja, se Zemlja takrat bolj segreva. Posledica tega so letni časi, ki si nasprotujejo na severni in južni polobli.

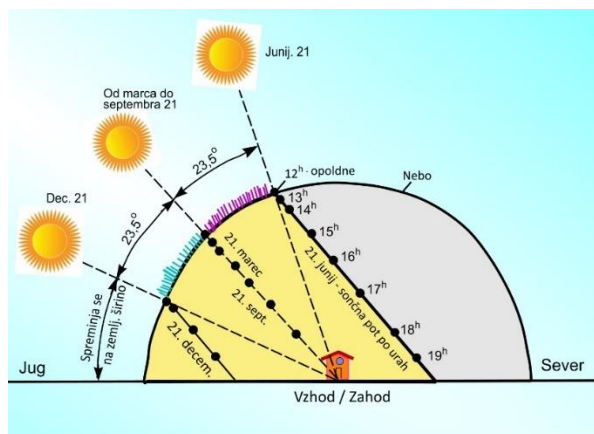


Slika 23: Kot žarkov na Zemlji



Slika 24: Kot sonca skozi leto

Razlike med kotom, pod katerim padajo sončni žarki pozimi in poleti, so velike. Junija je sonce za kar 47° višje kot decembra. Pozimi, ko je Sonce najnižje, je kot žarkov odvisen od zemljepisne višine kraja. Poleti, ko je Sonce najvišje, je kot, pod katerim sije na Zemljo, zemljepisna širina kraja + 47° .

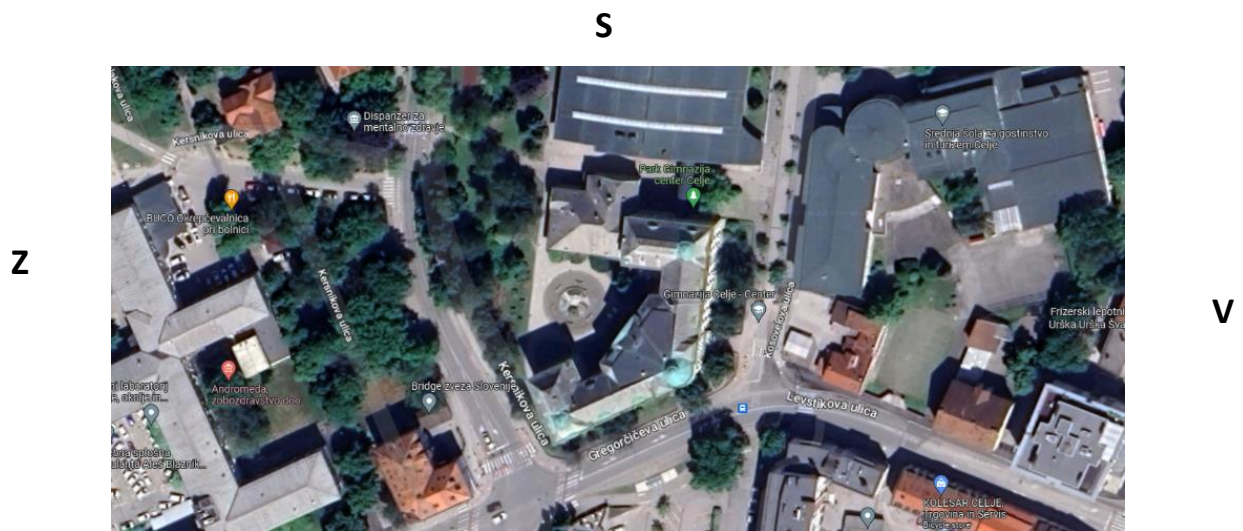


Slika 25: Kot sonca skozi leto

Gimnazija Celje – Center je orientirana na vzhodno in južno stran. Večina učilnic je obrnjena proti vzhodu in jugu. Zaradi tega sonce sije v učilnice ravno takrat, ko imamo dijaki pouk, in jih poleti hitro segreva. 25 od 31 učilnic je usmerjenih proti vzhodu, zato večina učencev preživi večino dneva v teh učilnicah, ki jih sonce hitro segreva in učencem blešči v oči. V poletnih mesecih sonce sije na vzhodno stran šole od šestih zjutraj do dveh popoldne. V tem času padajo žarki na Zemljo s kotom 64° .



Slika 26: Vzhodna in južna stran Gimnazije Celje – Center



Slika 27: Orientacija Gimnazije Celje – Center

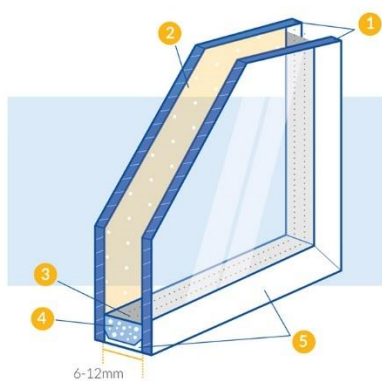
4.2 Sestava oken

Najpogosteje uporabljena okna so:

- dvoslojna okna in
- troslojna okna.

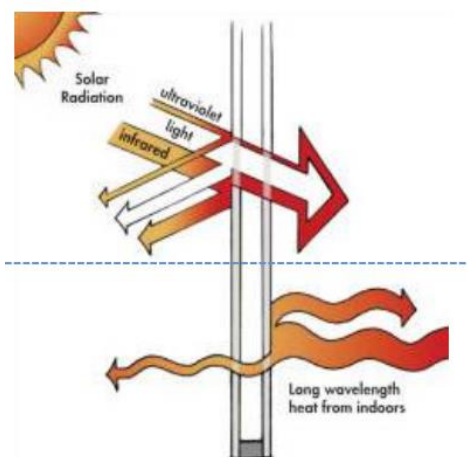
Dvoslojno okno je sestavljeno iz dveh slojev stekla. Med slojema se nahaja plin argon, ki je odličen kot toplotni izolator. Preostali pomembni deli okna so še tesnilo, sušilno sredstvo in distančnik. Troslojno okno je sestavljeno zelo podobno. Edina razlika je, da ima 3 posamezne sloje stekla in ima zaradi tega tudi dva posamezna prostora za argon. Zaradi teh lastnosti je troslojno okno boljši toplotni izolator, je pa tudi dražje od dvoslojnih oken.

1. Sloj stekla
2. Plin argon
3. Distančnik
4. Sušilno sredstvo
5. Tesnilo

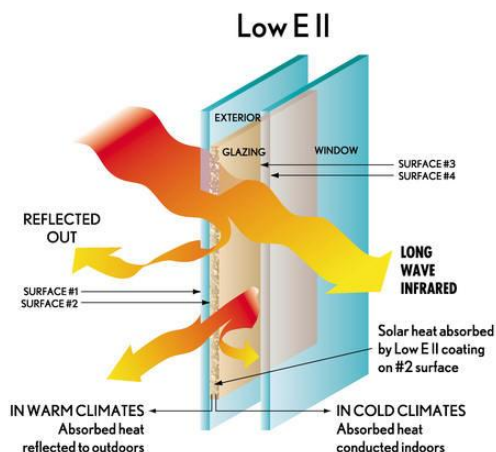


Slika 28: Zgradba okna

Lomljenje svetlobe skozi okna ni problem. Zaradi karakteristik stekla se svetloba ne lomi veliko, kadar potuje skozi steklo, in je to tudi neopazno prostemu očesu. Problem je, ker se žarki, ki so znotraj sobe, odbijajo od stekla nazaj proti sobi in to povzroči učinek tople grede. Eden izmed problemov je tudi odsev sonca od oken, kar segreva ulice pod stavbo in slepi voznike na mimoidočih cestah. Ta problem bi bil prav tako rešen z našo rešitvijo.



Slika 29: Učinek tople grede

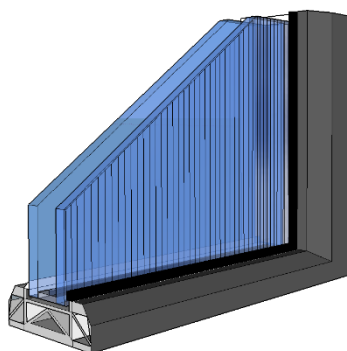


4.3 Končna rešitev

Žarki se gibljejo kot elektromagnetno valovanje. Ob stiku z oknom se zlomijo, kar se izrazi kot toplota. Ti žarki nato ostanejo ujeti v prostoru in ga segrevajo. Polarizator je sestavljen iz majhnih rež, ki skozi pustijo žarke, obrnjene v isti smeri kot polarizator (žarki v nasprotni smeri pa se odbijejo oz. jih polarizator »ne spusti« skozi). V našem primeru bo polarizator postavljen tako, da skozi spušča le navpične žarke. Žarki, ki lahko gredo skozi polarizator, se še vedno izrazijo kot toplota, vendar jih je manj, zato v učilnico s sevanjem vstopa manj toplote. Ker je svetlobnih žarkov manj, je hkrati odstranjen tudi blišč, prostor pa je rahlo bolj zatemnjen. Ker je polarizator rahlo sive barve, se ga od zunaj skoraj ne opazi, kar pomeni, da bi bil primeren tudi za stavbe, ki so pod spomeniškim varstvom.

Po vseh poskusih in pogovorih s strokovnjaki sva rešitev pripeljala do uresničljive oblike. Uresničljivost najine rešitve pa so potrdili tudi rezultati rešitev in izračuni. Uporaba rešitve bi potekala po naslednjem vrstnem redu:

1. Na temeljito očiščeno in pobrisano notranjo stran okna bi pazljivo nanесли tekočino, podobni tisti, ki se uporablja za namestitev zaščitnega stekla za telefon.
Čeprav sva pri poskusih ugotovila, da bi bilo polarizator treba namestiti na zunanjo stran, je bila problematika glede obrabe zaradi zunanjih vplivov večja kot izguba nekaj odstotkov svetlobe. Do ideje za uporabo takšne tekočine sva prišla, ko sva ugotovila, da bi bila uporaba raznih lepil neprimerna. Ta bi namreč zaradi stalne izpostavljenosti sončnim žarkom hitro izgubila prijem, pri čemer polarizator ne bi bil več trdno nameščen na okno. Lepila bi prav tako zmanjšala vidljivost zaradi svoje motnosti. Uporaba tekočine prav tako omogoča odstranitev polarizatorja v primeru obrabe, pri čemer se steklo ne bi poškodovalo.
2. Na tekočino bi previdno nalepili skoraj prozoren polarizator, že vnaprej nalepljen na stekleno površino, pri čemer bi pazili, da zračni mehurčki ne bi ostali ujeti med oknom in polarizatorjem.
Pri posvetovanju z višjo konservatorko smo namreč ugotovili, da bi bila navadna barva polarizatorja pretemna za stavbe pod spomeniškim varstvom. Tako sva naredila ponovno raziskavo, pri kateri sva odkrila polarizator, ki ima 90-odstotno prosojnost. Ta bi bil potrjeno primeren za uporabo, njegova debelina pa bi bila 0,18 cm, saj je takšna najprimernejša za stavbe pod spomeniškim varstvom.
3. Polarizator previdno držimo na oknu in robove oblepimo s silikonskim trakom. Za silikonski trak sva se odločila zato, da bi preprečili uhajanje tekočine in omogočili daljšo življenjsko dobo polarizatorja.



Slika 30: Slika rešitve

Najina rešitev bi s polarizatorjem omejila prehod sončnih žarkov in posledično vdora toplote. Ker ne potrebuje elektrike, je ekološko varčna in dolgotrajna.

5 Primerjava rezultatov

Osnovnošolske meritve so pokazale, da bi polarizator učilnice ohladil, vendar nismo vedeli, za koliko. Poskuse v srednji šoli sva prilagodila okoliščinam, in sicer nisva testirala s sončnimi žarki, pač pa z reflektorjem, ker je bil vpadni kot žarkov v času najinih testov premajhen. Pri tem nismo imeli vpadnega kota sončnih žarkov, ampak skoraj pravokoten vpad reflektorja. Končni testi so pokazali, da se je pri prehodu skozi polarizator gostota zmanjša za $0,262 \text{ J/m}^2$, kar zagotovo pomeni zmanjšan vnos toplote s sevanjem. Koliko bi se zaradi tega znižala ravnovesna temperatura v učilnici, bi morali oceniti z modelom, ki ga načrtujeva narediti v bližnji prihodnosti, saj nama do sedaj še ni uspelo.

6 Inženirski dnevnik

Spremembe rešitve in razloge za spremembe sva beležila v tabeli, imenovani Inženirski dnevnik. Pri tem sva lahko sledila, na katerem koraku razvoja rešitve sva, kaj je potrebno spremeniti in s katerim razlogom sva posamezno spremembo uvedla.

#	Vrsta spremembe	Opis problema	Razlog za spremembo
#1	Odtенок polarizatorja	Temen polarizator	Uporaba temnega polarizatorja.
#2	Večja učinkovitost	Določanje pozicije rešitve	Postavitev na zunanji strani okna bi bolj učinkovito zadrževala toploto znotraj in mraz zunaj.
#3	Pogovor z učiteljico fizike	Razlaga delovanja polarizatorja, loma svetlobe	Dobili idejo, da bi polarizirano plast umestili med dvema plastema okna že pri izdelavi.
#4	Pogovor z delavko v MIK Celje	Proizvodnja	Polarizator bi lahko umestili že med gradnjo oken.
#5	Kontakt študenta fizike	Meritve prehoda toplote skozi polarizator s kamero, ki zaznava infrardečo svetlobo	Ugotovitev: toplota skozi polarizator prehaja zelo počasi.
#6	Kontakt diplomirane inženirke gradbeništva	Pridobivanje dokumentov z obstoječimi rešitvami	Osredotočili smo se, da bi na rešitvi odpravili napake/pomanjkljivosti obstoječih rešitev.
#7	Način lepljenja na steklo	Lepilo	Za pritrditev na okno bi uporabili fino, brezbarvno lepilo.
#8	Material	Polarizirana folija	Folija bi bila preprosta in uporabna.
#9	Odtенок polarizatorja	Določitev barve polarizatorja, pogovor z višjo konservatorko	Skoraj prozoren polarizator, ki ima 38-odstotno prosojnost, je primernejši za stavbe pod spomeniškim varstvom.
#10	Material	Polarizirano steklo	Odkrili polarizirano steklo, ki bi bilo bolj vzdržljivo.
#11	Način lepljenja na steklo	Uporaba posebne tekočine	Posebna tekočina bi bila učinkovitejša (kot pri zaščitnem steklu za telefon). S pomočjo tekočine bi ustvarili vakuum.

#12	Debelina polarizatorja	Namestitev polarizatorja na zunanje steklo	Glede na spomeniško varstvo bi bila debelina 0,18 cm najprimernejša.
#13	Usmerjenost	Usmerjen vodoravno	Skozi prepušča vodoravne žarke.
#14	Poskus svetilnosti	Večja svetlost	Pri poskusu smo ugotovili, da navpično obrnjen polarizator skozi prepusti več žarkov. Obrnjen mora biti navpično na tla.
#15	Večja prehodnost žarkov	Notranja stran	Ugotovili smo, da bi polarizator v primeru, ko bi bil postavljen na notranji strani, skozi spustil 80 % žarkov. Razlika v temperaturi ne bi bila velika, saj bi bilo le za pol stopinje topleje.
#16	Neodvisnost od letnega časa	Kako namestiti polarizator, da bo trajna rešitev	Polarizator bi namestili na notranjo stran.
#17	Odpornost	Silikonski trak	Robove polarizatorja bi zaščitili s silikonskim trakom, da bi preprečili uhajanje tekočine ter še bolj učinkovito preprečili padec z okna.
#18	Odtenek polarizatorja	Prozoren retarder	Odkrili prozoren retarder, ki ima 90-odstotno prosojnost.
#19	Meritve oken	Merjenje obsega	Meritve smo opravili, ker smo želeli vedeti, koliko silikona bomo potrebovali.

Tabela 4: Inženirski dnevnik sprememb

7 Cenik

Po določitvi vseh materialov in drugih stroškov sva naredila cenik. Ta velja za I. osnovno šolo Celje, saj sva imela zanjo natančnejše podatke. Cena je le okvirna, saj so se cene zaradi inflacije in vseh dražitev spremenile in se še spreminjajo, zato jih ne moreva dovolj natančno preveriti.

Material	Cena v €
Polarizirano steklo 1 m ²	70
UV lepilo	4,20
Silikon	6,75
Skupaj	80,95

Cena v trgovini	Cena v €
Material	80,95
Delo v tovarni	5,60
Skupaj	86,55
2x cena v trgovini	173,10
Cena z montažo (25 €/okno)	208,10

Cena za prostor (8,4 m ² oken)	Cena v €
Cena rešitve na učilnico	1.748

Material	Cena v €
Polarizirano steklo 1 m ²	70
UV lepilo	4,20
Silikon	6,75
Skupaj	80,95

Cena rešitve vse učilnice na V	Cena v €
Cena rešitve na učilnico	1.748
Število učilnic na V strani šole	16
Cena rešitve za celo šolo	27.968,20

Cena za prostor (240 m ³)	Cena v €
Klima 7kW, montaža	2.590,00
Letni stroški: servis, električna (3 mesece po 6 ur)	179,20
Skupaj	2.769,20

Cena klime vse učilnice na V	Cena v €
Cena klime	2.769,20
Število učilnic na V strani šole	16
Cena vseh klim	44.307,20

Prihranek pri nabavi na šolo	Cena v €
Cena vseh klim	44.307,20
Cena rešitve	27.968,19
Razlika	16.339

Prihranek za šolo	Cena v €
Prihranek za 10 let	45.011

8 Sklepi

Ob koncu raziskovalne naloge sva ugotovila, da bi bila najina ideja o polarizatorju kot načinu izolacije izvedljiva. Tako lahko sedaj hipoteze potrdiva oziroma ovrževa.

H 1: Pasivno hlajenje ne bo vplivalo na zunanji izgled zgradbe. – **POTRDIVA.**

Ker je bil navaden odtenek polarizatorja pretemen, sva ga nadomestila s polarizatorjem, ki je rahlo sive barve. Tako z zunanje strani zaradi odboja svetlobe namestitev polarizatorja skoraj ni opazna.

H 2: V času najtoplejših mesecev med šolskih letom (maj, junij, september) temperatura zraka v učilnici, opremljeni s polarizatorji na oknih, ne bo presegla 28 °C. – **OVRŽEVA.**

Polarizator ne deluje kot klima, pri kateri lahko nastaviš željeno temperaturo. Učinki polarizatorja na temperaturo torej niso povezani z željami, pač pa s temperaturo zunanjega ozračja in kotom žarkov. Te hipoteze zato ne moreva potrditi.

H 3: Sistem bi bilo možno vgraditi v proizvodnji. – **POTRDIVA.**

Čeprav se sama nisva odločila za uporabo takšne končne rešitve, sva pri podjetju Simer ugotovila, da bi bilo polarizator možno vgraditi v notranjost okna že v proizvodnji.

H 4: Polarizator se lahko uporablja tudi kot izolator. – **POTRDIVA.**

Rezultati poskusa so dokazali, da je prehod toplote skozi polarizator manjši kot brez njega.

9 Zaključek

Kot nekdanja učenca I. osnovne šole in zdajšnja dijaka Gimnazije Celje – Center sva se kot mnogi drugi v toplejših mesecih večkrat pritoževala nad temperaturami v učilnicah. Ker nisva razumela, zakaj šola ne more enostavno kupiti klim tako kot vse ostale šole, sva začela tematiko raziskovati. Pri tem sva prišla do spoznanja, da je za navedeno problematiko odgovorno spomeniško varstvo, ki šolama preprečuje namestitev klimatskih naprav, fasade in drugih rešitev za ohranjanje primerne temperature.

Ob raziskovanju toplote in sončnih žarkov sva naletela na polarizator. Polarizator je sestavljen iz majhnih rež, ki skozi pustijo žarke, obrnjene v isti smeri kot polarizator (žarki v nasprotni smeri pa se odbijejo oz. jih polarizator »ne spusti« skozi). Tako sva prišla do ideje, da bi ga uporabila za upočasnjevanje segrevanja.

Po posvetovanju s strokovnjaki in opravljenih poskusih sva odkrila, da je rešitev uresničljiva. Čez leto sva jo dodelala in jo predstavila tudi podjetju Simer.

Viri in literatura

Mladinović, M. (2022). Prezračevanje in rekuperacija: cena prezračevalnega sistema, prednosti, slabosti in preverjeni ponudniki/inštalaterji. Pridobljeno s <https://omisli.si/nasvet-strokovnjaka/prezracevanje/prezracevanje-rekuperacija-cene-prednosti-slabosti-ponudniki-cenik/> .

Mrak, A. (2018). Uporaba pojmov asertivnost in agresivnost: kvalitativna raziskava: diplomska naloga. pridobljeno s https://www.famnit.upr.si/files/zakljucna_dela_repo/657.

Uvedba polarizatorja. (2017). Pridobljeno s <http://si.panasystech.com/news/the-introduction-of-polarizer-7183937.html>.

Zakon o varstvu kulturne dediščine (ZVKD-1). Dostopno na spletnem naslovu: <http://pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=ZAKO4144>.

Žnidar, T. (1999). Uspešnost učenja, raziskovalna naloga. Pridobljeno 12. 10. 2022 s <https://www.knjiznica-celje.si/raziskovalne/4201302090.pdf> .

Priloge

Priloga 1 – anketna vprašanja

FLL BW - Šola v času poletja

Označite mesece za katere menite, da je zaradi segrevanja sonca v šoli prevroče.

Možnih je več odgovorov

- ☐ April
- ☐ Maj
- ☐ Junij
- ☐ September
- ☐ Oktober

Kako vpliva vročina na tvoje počutje?

- ☐ Z vročino nimam problemov.
- ☐ Zaradi vročine se težko zberem.
- ☐ Težko prenašam vročino.

Na kaj vpliva vročina pri tebi?

Možnih je več odgovorov

- ☐ Nima nobenega vpliva.
- ☐ Vroče mi je.
- ☐ Težko se zberem.
- ☐ Težko poslušam.
- ☐ Težko sodelujem.
- ☐ Težko pišem.
- ☐ Zaradi vročine težko sodelujem pri delu.
- ☐ Občutim veliko žeje.
- ☐ Zaradi vročine mi je velikokrat slabo.

Katere rešitve se ti zdijo primerne?

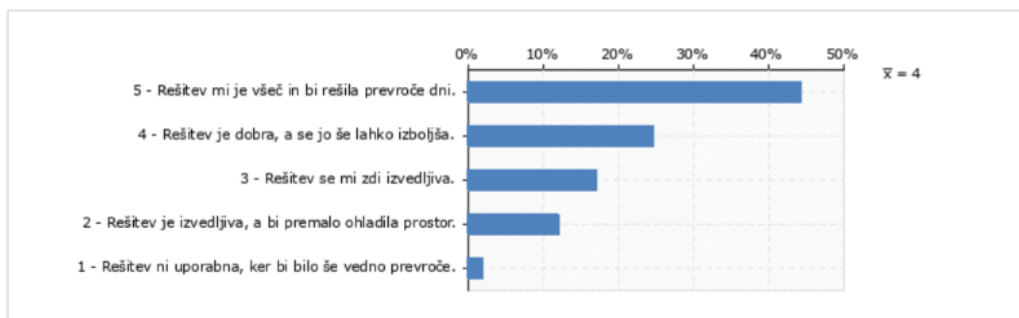
Možnih je več odgovorov

- ☐ Namestitev klimatske naprave.
- ☐ Pouk v popoldanskem času.
- ☐ Pouk v zgodnejših urah.
- ☐ Pouk na prostem.
- ☐ Delo od doma.
- ☐ Prestavitev pouka iz junija v avgust.
- ☐ Boljše prezračevanje v jutranjih urah.
- ☐ Zmanjšanje temperature prostorov za 3°C.

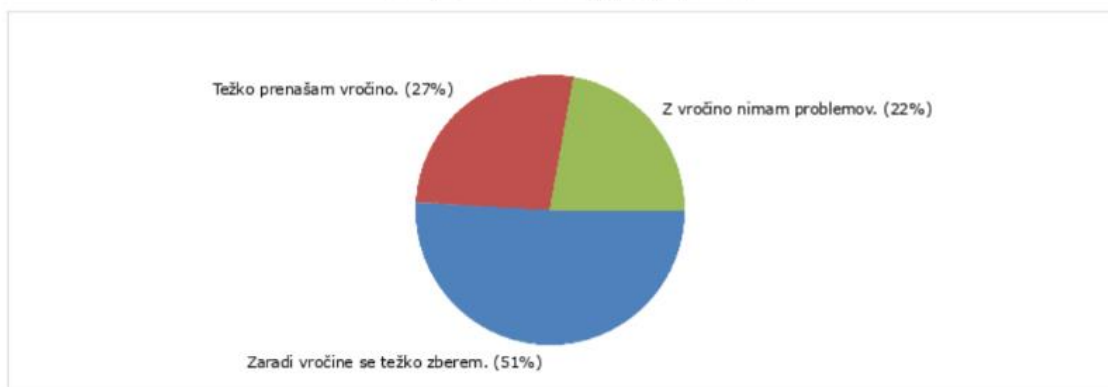
Naša ekipa je izdelala rešitev, ki s pomočjo polarizatorja in pasivnega hlajenja (brez električne energije) ohlaja učilnice. V učilnicah tako ne bi bilo potrebno zastirati oken in bi dobili več svetlobe (podobno kot bi nosili sončna očala), hkrati pa bi bile učilnice za 3°C hladnejše. Zanima nas, kako vidiš našo rešitev. S številom od 1 do 5 oceni našo rešitev, pri čemer je 5 najboljša ocena.

- ☐ 1 - Rešitev ni uporabna, ker bi bilo še vedno prevroče.
- ☐ 2 - Rešitev je izvedljiva, a bi premalo ohladila prostor.
- ☐ 3 - Rešitev se mi zdi izvedljiva.
- ☐ 4 - Rešitev je dobra, a se jo še lahko izboljša.
- ☐ 5 - Rešitev mi je všeč in bi rešila prevroče dni.

Naša ekipa je izdelala rešitev, ki s pomočjo polarizatorja in pasivnega hlajenja (brez električne energije) ohlaja učilnice. V učilnicah tako ne bi bilo potrebno zastirati oken in bi dobili več svetlobe (podobno kot bi nosili sončna očala), hkrati pa bi bile učilnice za 3 °C hladnejše. Zanima nas, kako vidite našo rešitev. S številom od 1 do 5 oceni našo rešitev, pri čemer je 5 najboljša ocena. (n = 158)



Kako vpliva vročina na tvoje počutje? (n = 157)



Priloga 2 – spletna pošta poslana v Houston

Teenage FLL innovators from Slovenia seeking advice on window polarisers



Gapek Be <gapekbe@gmail.com>
Za milliron, Ingrid, Žan ▾

pet., 7. feb. 15:26 ☆ ↶ ⋮

Dear Madam,

We are team Black&White from Slovenia (Europe) and we take part in the project First LEGO League (FLL). We would appreciate your help as an expert in chemical engineering. You work on smart windows, so with your answers you would really help us with the development of our solution.

There are three parts in FLL: project, core values, and robot. Each year there is a topic released. All the teams (kids aged 9-16) in the world discover new things about it through the season, they talk with experts and solve problems with innovative solutions. This year's topic is City shaper, and our team chose a problem about warming of the interior of a building through windows.

Our solution is a polarised, 2-3mm thick layer of glass, which we would attach to the windows with a special fluid similar to the one used for the phone protection glasses. It would solve the problem of overheating in school classes, like the ones in our school, because the building is protected by the historic buildings conservation law, so outer window shutters and air-conditioning can not be used.

We could use polariser in a different way from shading. We tested it with a thermal camera. Glasses behind the polariser were warming up much slower than the one on which the sun shone directly. We also made illumination tests. We lose about 30% of lighting, but in the room we still have around 600 lux.

Can you please answer the following questions:

1. Can you please tell us if you have already used a polariser in your work?
2. Do you have any thoughts on disadvantages of polariser?
3. How would you improve our solution?
4. Which kind of glass do you recommend for us to use?
5. Do you think our solution would be useful in your field of work?

Thank you for your attention. We are looking forward to your reply!

Black&White team from Slovenia

↶ Odgovori

↶ Odgovori vsem

➡ Posreduj

Priloga 3 – spletna pošta poslana na zavod za zaščito kulturne dediščine (višja konservatorka)

pomoč pri raziskovalnem projektu



Tea Belak <tea.belak09@gmail.com>
Za tajnistvo.ce ▾

20. dec. 2019 16:12 ☆ ↩ ⋮

Spoštovani,

sem Tea Belak, učenka I. OŠ Celje. Sodelujem na raziskovalnem projektu FLL-ja. Letošnja tema se imenuje Mesta prihodnosti. Vsaka ekipa si mora izbrati problem povezan s stavbo/javnim prostorom v njihovi okolici. Kot projekt si je naša ekipa izbrala našo šolo (I. OŠ Celje), ki se v poletnem času prekomerno segreva. Ker je šola pod spomeniškim varstvom, zunanje rolete ali klima ne pridejo v poštev. Obstoječe rešitve kot so npr. notranje rolete so neučinkovite, prav tako tudi razni namazi. Zato sem danes prišla v Vašo pisarno, da bi Vam postavila nekaj vprašanj o spomeniškem varstvu, na splošno v Celju. Ker mi danes zaradi odsotnosti na vprašanja niste mogli odgovoriti, smo se v Vaši pisarni dogovorili, da Vam v tej obliki pošljem nekaj vprašanj na to temo.

1. Ali bi lahko na spomeniško zavarovani stavbi steklo rahlo potemnili?
2. Koliko stavb v Celju je spomeniško zavarovanih?
3. Ali obstaja več "vrst" spomeniških varstev? Če jih, ali bi lahko na vseh rahlo potemnili steklo?
4. Zakaj na takšne stavbe ne smemo namestiti zunanje klime?
5. Kaj je Vaš poklic/naziv?

Moj kontakt: 070-600-163

Prosim, če mi lahko odgovorite kot smo se dogovorili (do 6. 1. 2020 oz. čim prej), ker je 11. 1. 2020 že tekmovanje, kjer bi odgovore uporabili.

Najlepša hvala in lep pozdrav

Tea Belak, I. OŠ Celje