

VPLIVI NA KONCENTRACIJO OGLJIKOVEGA DIOKSIDA V ZRAKU V UČILNICI

Astronomija ali fizika



Osnovna šola Frana Albrehta Kamnik

Avtorici: Katja Perne, 9.a

Šolska ulica 1

Živa Šalamun Prešeren, 9.a

1241 Kamnik

Mentorica: Natalija Podjavoršek

Kamnik, 2026

KAZALO SLIK	2
KAZALO TABEL:	2
KAZALO GRAFOV:	2
ZAHVALA	2
POVZETEK.....	3
ABSTRACT.....	4
1. UVOD.....	4
1.1 CILJI NALOGE:	5
1.2 HIPOTEZE	6
1.3 TEORETIČNI DEL	6
1.4 DOSEDANJE RAZISKAVE V SLOVENIJI:.....	9
2. VSEBINSKI DEL.....	10
2.1 METODE IN PRIPOMOČKI.....	10
2.2 IZVAJANJE MERITEV.....	11
2.3 MERITVE KONCENTRACIJE CO ₂ V ZRAKU V MODELU "HIŠKE"	12
2.3.1 SLIKE MODELA "HIŠKE"	13
2.4.1 PRVE MERITVE V MODELU "HIŠKE".....	14
2.4.2 PREZRAČEVANJE V MODELU "HIŠKE" POSTAVLJENE SREDI UČILNICE.....	15

2.4.3 MERITVE NARAŠČANJA KONCENTRACIJE CO ₂ V ZRAKU V UČILNICAH.....	17
2.4.4 MERJENJE KONCENTRACIJE CO ₂ V ZRAKU NA RAZLIČNIH VIŠINAH	19
2.4.5 UGOTOVITVE PO VSEH OPRAVLJENIH MERJENJIH.....	20
3. RAZPRAVA.....	22
3.1 PREVERJANJE HIPOTEZ	22
3.2 PREVERJANJE CILJEV	27
3.3 PREDLOGI ZA NADALNJE RAZISKAVE.....	28
ZAKLJUČEK.....	29
SEZNAM LITERATURE	31
VIRI SLIK.....	32

KAZALO SLIK:

Slika 1:Prikaz plinov v ozračju	8
Slika 2: Molekula ogljikovega dioksida.	9
.Slika 3: Izmenjava plinov v okolju.	9
Slika 4: Senzor za zaznavanje CO ₂	12
Slika 5: Posoda za zajemanje zraka iz strani	13
Slika 6: Prikaz koncentracij CO ₂ v zraku na zaslonu računalnika	14

Slika 7: Merilnik CO ₂ v modelu "hiške"	15
Slika 8: Odpiranje oken na modelu "hiške"	15
Slika 9: Oštevilčena okna na modelu "hiške"	16

KAZALO TABEL:

Tabela 1: Neveljavni poskus merjenja v hiški	16
Tabela 2: Merjenje v modelu "hiške" (odprto le eno okno)	17
Tabela 3: Prostornine učilnic	18
Tabela 4: Merjenje koncentracije CO ₂ v zraku v učilnici	19
Tabela 5: Merjenje koncentracije CO ₂ v zraku na različnih višinah v učilnice fizike	20
Tabela 6: zmanjševanje koncentracije CO ₂ v zraku skozi več oken	26
Tabela 7: zmanjševanje koncentracije skozi eno okno	26

KAZALO GRAFOV:

Graf 1: Potrditev prve hipoteze.	23
Graf 2: Potrditev druge hipoteze.	24
Graf 3: Potrditev tretje hipoteze.	24
Graf 4: Potrditev četrte hipoteze.	25
Graf 5: Potrditev pete hipoteze.	26

ZAHVALA

Najbolj se zahvaljujema najini mentorici učiteljici Nataliji Podjavoršek, ki naju je skozi celo leto spodbujala, usmerjala ter nama pomagala oblikovati raziskovalno nalogo. Zahvaljujema se tudi učiteljici Poloni Berlec, ki nama je pomagala razrešiti vsa kemijska vprašanja, ki so se nama pojavila med raziskovanjem. Hvala tudi profesorici za vse pametne nasvete. Zahvala gre tudi učiteljici Jani Jus, ki je raziskovalno nalogo slovnično popravila. Seveda pa gre zahvala tudi vsem učiteljem, ki so nama omogočili raziskovanje med poukom.

POVZETEK

Naloga obravnava spreminjanje koncentracije ogljikovega dioksida (CO₂) v zraku v učilnici in dejavnike, ki nanjo vplivajo. Cilj raziskave je bil ugotoviti, kako se koncentracija CO₂ v zraku spreminja glede na število učencev, prostornino učilnice, čas za drževanja brez prezračevanja ter način in učinkovitost prezračevanja. Meritve so bile izvedene v realnih učilnicah med poukom in v modelu »hiške«, kjer so bile kontrolirane spremenljivke, kot so velikost in položaj oken. Rezultati so pokazali, da koncentracija CO₂ v zraku narašča s časom in številom učencev, v manjših prostorih pa hitreje kot v večjih. Prezračevanje skozi večja in nižje nameščena okna učinkovito zmanjšuje koncentracijo CO₂ v zraku, pri čemer večje število odprtih oken pospeši izmenjavo zraka. Fizikalna razlaga temelji na difuziji in konvekciji, ki pojasnjujeta neenakomerno porazdelitev CO₂ v zraku v prostoru in hitrost zmanjševanja pri prezračevanju. Ogljikov dioksid se meri v delcih ppm (delci na milijon). Raziskava potrjuje pomen ustreznega prezračevanja za kakovost zraka in dobro počutje učencev v učilnici.

Ključne besede: ogljikov dioksid, kakovost zraka, učilnica, prezračevanje, ppm

ABSTRACT

The study investigates changes in carbon dioxide (CO₂) concentrations in classrooms and the factors that influence them. The aim of the research was to determine how CO₂ levels vary depending on the number of students, classroom volume, duration of occupancy without ventilation, and both the method and efficiency of ventilation. Measurements were conducted in real classrooms during lessons and in a controlled classroom model, where variables such as window size and position were systematically adjusted.

The results showed that CO₂ concentration increases over time and rises more quickly with a larger number of students, especially in smaller rooms. Ventilation through larger and lower-positioned windows effectively reduces CO₂ levels, and opening multiple windows simultaneously accelerates air exchange. The physical explanation is based on diffusion, convection, and the ideal gas law, which account for the uneven distribution of CO₂ in indoor air and the rate of its reduction during ventilation.

The study confirms the importance of proper ventilation for maintaining indoor air quality and supporting students' well-being.

Keywords: carbon dioxide, air quality, classroom, ventilation, ppm

1. UVOD

Že od malega radi raziskujeva in iščeva odgovore na vprašanja, ki se nama porajajo v vsakdanjem življenju. Zaradi tega sva se odločili, da se preizkusiva v pisanju raziskovalne naloge. V preteklem šolskem letu sva že izdelali raziskovalno nalogo s področja družboslovja (psihologije oziroma pedagogike), ki nama je bila v veliko veselje. Prav pozitivna izkušnja naju je spodbudila, da se letos znova lotiva raziskovalnega dela, tokrat na področju fizike.

Pri pouku pogosto opaziva, da je zrak v učilnici slab, predvsem proti koncu učne ure. Znano je, da kakovost zraka pomembno vpliva na počutje in delovno storilnost ljudi. Ko je zrak slabši, se težje skoncentriramo. Vse to je posledica tega, da možganom primanjkuje kisika. Med učno uro učenci vdihujejo kisik in izdihujejo ogljikov dioksid, zaradi česar se koncentracija kisika zmanjša in koncentracija ogljikovega dioksida poveča. Zato sva se odločili raziskati, kateri dejavniki vplivajo na koncentracijo ogljikovega dioksida v učilnici. Predvsem naju je zanimalo, kako koncentracijo ogljikovega dioksida čim hitreje zmanjšati. Kako torej učilnico čim hitreje prezračiti.

V zadnjih letih so raziskave pokazale, da koncentracija ogljikovega dioksida v zaprtih prostorih pomembno vpliva na koncentracijo, pozornost in počutje učencev (Kranjc, 2018; Petrovič, 2019). Ugotovili so, da se CO₂ hitro kopiči v učilnicah z več učenci in pomanjkljivim prezračevanjem, kar lahko negativno vpliva na učni proces (Petrovič, 2019). Prav tako raziskave potrjujejo, da pravilno prezračevanje z večjimi in nižje nameščenimi okni znatno zmanjša koncentracijo CO₂ in izboljša kakovost zraka (Krašovec, 2017).

1.1 CILJI NALOGE:

Cilj raziskovalne naloge je ugotoviti, kako se koncentracija CO₂ spreminja glede na:

- število učencev v učilnici,
- velikost učilnice,
- čas zadrževanja v prostoru (brez zračenja),
- način prezračevanja,
- položaj in velikost oken.

1.2 HIPOTEZE

Pred začetkom raziskave sva postavili naslednje hipoteze:

Hipoteza 1: Če odpremo okno, se koncentracija CO₂ v zraku v učilnici zmanjša.

Hipoteza 2: Večje število učencev v učilnici pomeni hitrejše naraščanje koncentracije CO₂ v zraku.

Hipoteza 3: V učilnici z manjšo prostornino z enakim številom učencev koncentracija CO₂ v zraku hitreje narašča kot v večjem prostoru.

Hipoteza 4: Velikost odprtine za zračenje vpliva na hitrost padanje koncentracijo CO₂ v zraku.

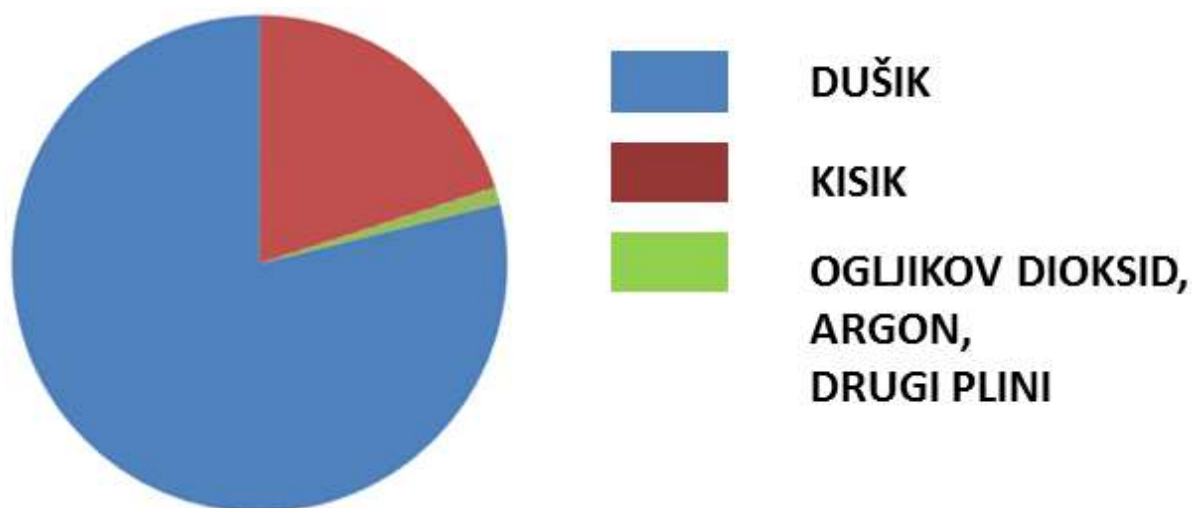
Hipoteza 5: Koncentracija CO₂ v zraku pade hitreje, če so okna nameščena nižje.

Hipoteza 6: Če odpremo več oken hkrati, bo koncentracija CO₂ v zraku hitreje padla.

Hipoteza 7: Dlje časa kot so učenci v učilnici, večja je koncentracija CO₂ v zraku.

1.3 TEORETIČNI DEL

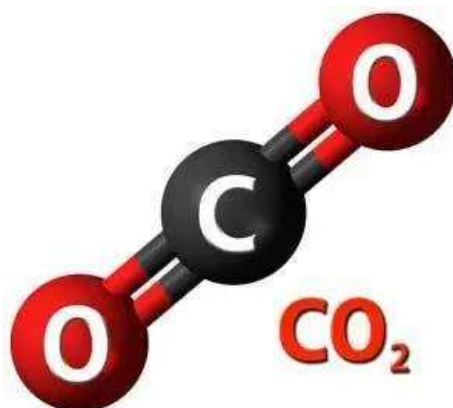
Zrak je zmes plinov, ki obdaja Zemljo in je nujen za obstoj življenja. Njegova sestava je razmeroma stalna. Približno 78 % zraka predstavlja dušik, 21 % kisik, okoli 0,9 % argon, preostanek pa sestavljajo sledovi drugih plinov, med katerimi je tudi ogljikov dioksid (CO_2) ter vodna para.



Slika 1: Prikaz plinov v ozračju

Čeprav je delež ogljikovega dioksida v zraku majhen, ima ta plin pomembno vlogo v naravnih procesih. Njegova koncentracija se lahko bistveno spremeni predvsem v zaprtih prostorih, kjer se zadržuje več ljudi in kjer ni zadostnega prezračevanja.

Ogljikov dioksid (CO_2) je brezbarven plin brez vonja in okusa. Sestavljen je iz enega ogljikovega atoma in dveh kisikovih atomov. Pri normalnih pogojih ne gori in ne podpira gorenja. Nastaja pri dihanju ljudi in živali, pri zgorevanju goriv ter v nekaterih industrijskih procesih.



Slika 2: Molekula ogljikovega dioksida.

V zaprtih prostorih ogljikov dioksid ne obravnavamo kot klasično onesnaževalo, temveč kot kazalnik kakovosti zraka. Glavni vir CO_2 v učilnicah so ljudje, saj z dihanjem porabljajo kisik in izdihujejo ogljikov dioksid. Koncentracija CO_2 je zato odvisna predvsem od števila ljudi, velikosti prostora, časa zadrževanja ter stopnje prezračevanja .



.Slika 3: Izmenjava plinov v okolju.

Koncentracijo ogljikovega dioksida izražamo z enoto ppm (*parts per million*), kar pomeni *delci na milijon*. Ta enota pove, koliko delcev določene snovi je prisotnih v enem milijonu delcev zraka.

Če je koncentracija CO_2 v prostoru 1000 ppm, to pomeni, da je v enem milijonu delcev zraka 1000 delcev ogljikovega dioksida. Enota ppm se uporablja predvsem pri izražanju zelo majhnih koncentracij plinov, saj omogoča natančne in primerljive meritve.

Zunanja koncentracija ogljikovega dioksida v naravnem okolju znaša približno 400–420 ppm, v zaprtih prostorih pa se brez prezračevanja lahko hitro poveča tudi nad 2000 ppm.

Prezračevanje je proces izmenjave zraka med notranjim prostorom in zunanjim okoljem. Njegov namen je zagotavljanje ustrezne kakovosti zraka ter odstranjevanje odvečnega ogljikovega dioksida in vlage. Poznamo naravno prezračevanje, ki poteka skozi okna in vrata, ter mehansko prezračevanje s pomočjo prezračevalnih sistemov.

Koncentracija CO_2 v učilnici je zato neposredno povezana s številom prisotnih oseb, prostornino prostora in časom zadrževanja brez prezračevanja (Kranjc, 2018).

Plini se v prostoru širijo zaradi difuzije, ki je posledica neprestanega toplotnega gibanja delcev. Delci se gibljejo iz območij z večjo koncentracijo v območja z manjšo koncentracijo, dokler se koncentracija ne izenači. V večjih prostorih je proces difuzije počasnejši, zato se ogljikov dioksid ne porazdeli takoj enakomerno po celotnem prostoru (Novak, 2016).

Difuzija pojasnjuje postopno naraščanje koncentracije CO₂ v učilnici med poukom, ko učenci ne prestando izdihujejo ogljikov dioksid, hkrati pa ni dovolj izmenjave zraka.

Poleg difuzije na gibanje zraka pomembno vpliva tudi konvekcija, ki nastane zaradi temperaturnih razlik v prostoru. Topel zrak ima manjšo gostoto in se zato dviga proti stropu, hladnejši zrak pa se spušča proti tlorisu (Horvat, 2020).

Čeprav je ogljikov dioksid gostejši od zraka, se izdihan zrak zaradi višje temperature najprej dvigne. Zaradi tega se lahko v zgornjih delih prostora pojavljajo višje koncentracije CO₂, kar pojasnjuje razlike v izmerjenih vrednostih na različnih višinah prostora (Krašovec, 2017).

Prezračevanje temelji na izmenjavi zraka med notranjim prostorom in zunanjim okoljem. Z odpiranjem oken omogočimo odtok zraka z višjo koncentracijo ogljikovega dioksida in dotok svežega zraka z nižjo koncentracijo CO₂ (Krašovec, 2017).

Hitrost zmanjševanja koncentracije ogljikovega dioksida je odvisna od površine odprtih, njihovega števila in razporeditve ter temperaturne razlike med notranjim in zunanjim zrakom. Večja okna in hkratno odpiranje več oken omogočajo večji pretok zraka in s tem učinkovitejše prezračevanje prostora (Petrovič, 2019).

1.4 DOSEDANJE RAZISKAVE V SLOVENIJI:

V Sloveniji je bilo v zadnjih letih izvedenih več raziskav, ki so obravnavale kakovost notranjega zraka in koncentracijo ogljikovega dioksida (CO₂) v vzgojno-izobraževalnih ustanovah.

Ena izmed pomembnejših raziskav je bila izvedena pod okriljem Nacionalnega inštituta za javno zdravje. V zborniku *Kakovost zraka v notranjih prostorih* (2017) so predstavljeni rezultati meritev koncentracije CO₂ v slovenskih vrtcih in šolah. Ugotovili so, da koncentracija CO₂ v učilnicah pogosto presega priporočene vrednosti, predvsem zaradi nezadostnega prezračevanja in velike zasedenosti prostorov. Raziskava poudarja pomen rednega in učinkovitega prezračevanja za zagotavljanje ustrezne kakovosti zraka v učilnicah.

Druga obsežna slovenska raziskava je nacionalna presečna študija *Identification of Indoor Air Quality Factors in Slovenian Schools* (2023), v kateri so raziskovalci analizirali dejavnike notranje kakovosti zraka v več kot 450 osnovnih šolah po Sloveniji. Raziskava je pokazala, da na koncentracijo CO₂ v učilnicah pomembno vplivajo število učencev, velikost prostora ter način prezračevanja. Avtorji ugotavljajo, da se v učilnicah brez ustreznega prezračevanja koncentracija CO₂ hitro poveča, kar lahko negativno vpliva na počutje in zbranost učencev.

Rezultati obeh raziskav potrjujejo ugotovitve najine raziskovalne naloge, saj kažejo, da je koncentracija ogljikovega dioksida v učilnicah močno odvisna od prezračevanja, prostornine prostora in števila prisotnih oseb.

2. VSEBINSKI DEL

2.1 METODE IN PRIPOMOČKI

Meritve sva izvajali z merilnikom ogljikovega dioksida (Gas senzor – Vernier). V učilnici sva meritve izvajali tako s pomočjo merilne posode, ki je priložena merilniku, kot tudi brez merilne posode. V modelu »hiške« sva vedno merili brez merilne posode.

Pri meritvah z merilno posodo sva zrak zajeli tako, da sva odprto posodo gibali v obliki osmice na določeni višini v učilnici. Na ta način sva zagotovili, da se je posoda napolnila z zrakom, ki je bil v trenutku merjenja prisoten na mestu merjenja.

V modelu »hiške« merilne posode nisva uporabljali, saj je model dovolj majhen, da njena uporaba ni potrebna. Na podlagi večkratnih meritev v učilnici, kjer sva meritve preverili na oba

načina, sva ugotovili, da so rezultati primerljivi, zlasti kadar spremljamo spremembe koncentracije ogljikovega dioksida (naraščanje in padanje koncentracije CO₂).



Slika 4: Senzor za zaznavanje CO₂



Slika 5: Posoda za zajemanje zraka iz strani

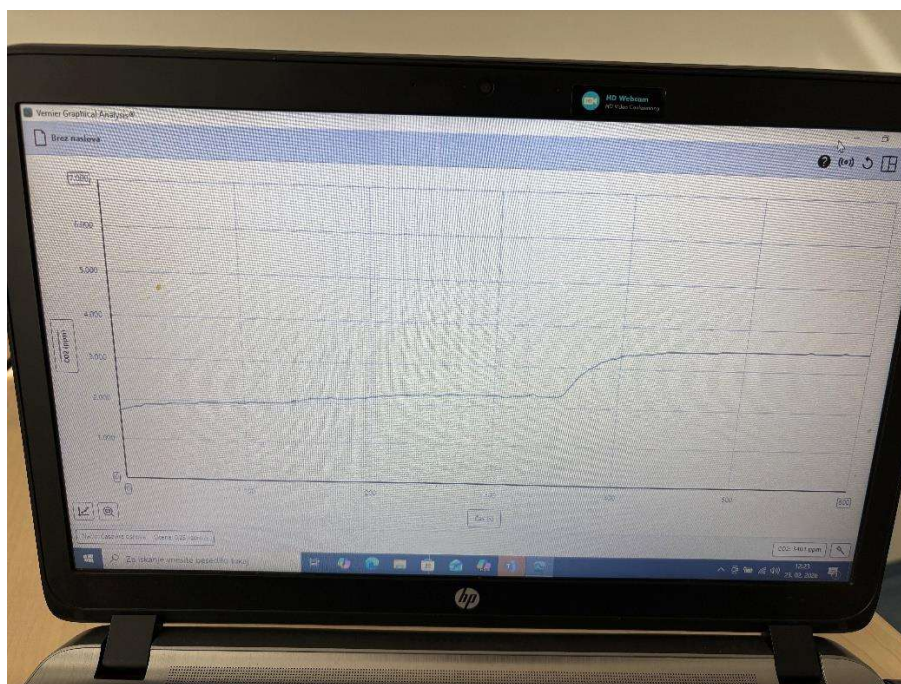
2.2 IZVAJANJE MERITEV

Meritve naraščanja koncentracije ogljikovega dioksida sva izvajali v štirih različnih tipih učilnic v času, ko je v njih bilo različno število učencev, kar sva pri meritvah zabeležili. Pri interpretaciji podatkov sva bili pozorni, da se je vedno spreminjala samo ena spremenljivka

(samo velikost učilnice, samo število učencev, samo višina merjenja, samo čas merjenja...) Z merilnikom CO₂ sva izmerili koncentracijo v zraku:

- na začetku ure,
- po 20 minutah,
- po 40 minutah.

Pred začetkom merjenja sva se vedno potrudili učilnico dobro prezračiti, v času merjenja pa oken nisva odpirali. Kmalu sva ugotovili, da je nemogoče poenotiti začetno koncentracijo CO₂ v zraku v različnih učilnicah. Ne veva točno zakaj, a v nekaterih učilnicah je kljub vsem odprtim oknom koncentracija CO₂ v zraku padala zelo počasi, drugje pa precej hitro. V času pet minutnih odmorov sva zato koncentracijo CO₂ v zraku znižali na različne startne vrednosti. To sva sprejeli kot dano dejstvo in se bolj kot na vrednosti CO₂ v zraku osredotočili na spremembe le teh.



Slika 6: Prikaz koncentracij CO₂ v zraku na zaslonu računalnika

2.3 MERITVE KONCENTRACIJE CO₂ V ZRAKU V MODELU "HIŠKE"

Z namenom lažjega kontroliranja spremenljivk in natančnejšega preučevanja vpliva velikosti in položaja oken na prezračevanje sva del meritev izvedli tudi na modelu »hiške«. Uporaba

modela je omogočila bolj nadzorovane pogoje merjenja, saj v realni učilnici ni mogoče spreminjati velikosti, števila in lege odprtin.

Model hiške ima šest odprtin na različnih višinah. Odprtine 1, 2 in 3 imajo površino 100 cm², odprtine 4, 5 in 6 pa 400 cm². S tem sva lahko primerjali vpliv velikosti odprtin ter njihove lege na hitrost zmanjševanja koncentracije ogljikovega dioksida.

Hiško sva izdelali iz tankega lesa in jo zasnovali tako, da se sestavi kot sestavljenka. Po izrezu odprtin z vibracijsko žago izžagali les in model sestavili. Vse robove zatesnili z vročo lepilno pištolo. Ob odprtinah sva dodatno pritrdili karton za boljše tesnjenje ter odprtine oštevilčili, da je bilo med meritvami jasno, katera odprtina je odprta.

Na začetku meritev sva naleteli na več težav. Ugotovili sva, da so meritve zelo nezanesljive, če je hiška postavljena preblizu stene ali če so med meritvami odprta okna v učilnici, saj takrat hitro nastane preprih. Kasneje sva ugotovili, da je najbolj ustrezno, če hiško postaviva na sredino učilnice in med meritvami zapreva vsa okna v prostoru.

Pri modelu hiške, sva vedno startali z enako koncentracijo CO₂ v zraku. To sva dosegli tako, da sva skozi eno od odprtin toliko časa vpihovali zrak iz najinih pljuč, da je koncentracija narastla na zeleno vrednost. Koncentracijo sva ves čas kontrolirali z merilnikom.

2.3.1 SLIKE MODELA "HIŠKE"



Slika 7: Merilnik CO₂ v modelu "hiške"



Slika 8: Odpiranje oken na modelu "hiške"



Slika 9: Oštevilčena okna na modelu "hiške"

2.4 REZULTATI MERITEV IN KOMENTARJI

2.4.1 PRVE MERITVE V MODELU "HIŠKE"

Model hiške sva postavili na mizo ob steno v fizikalnem kabinetu. Skozi eno od manjših oken sva nadihali v model zrak iz pljuč, v katerem je vedno velika koncentracija CO₂. To sva počeli toliko časa, da je koncentracija CO₂ v zraku v modelu "hiške" narasla na 10000 ppm. V nadaljevanju sva odpirali po eno od odprtin in merili čas potreben zato, da koncentracija CO₂ v zraku pade na 5000 ppm). Merilnik sva imeli postavljen na višino 2 dm od tal, saj sva ugotovili, da se v primeru, če je merilnik postavljen na tla hiške, koncentracija skoraj na spreminja. Razlog je ta, da sva vdihovali topel zrak in z zračenjem začeli še preden se je ta zrak ohladil. Zato se CO₂ v zraku še ni spustil v nižje lege.

PRI ZRAČENJU ODPRTO OKNO	ČAS PREZRAČEVANJA DO KONCENTRACIJE 5000 ppm
Okno 4	108 s
Okno 5	128 s
Okno 6	252 s
Okno 1	364 s
Okno 3	421 s
Okno 2	523 s

Tabela 1: Neveljavni poskus merjenja v hiški

To so neveljavni poskusi, saj sva imeli med meritvami odprto okno v kabinetu, prav tako je bila hišica zraven stene in je to povzročilo prepih. To je zelo vplivalo na čas merjenja, zaradi česar sva morali poskuse ponoviti.

Ugotovili sva tudi, da mora biti merilnik ogljikovega dioksida nameščen približno na sredini hiške. Ker sva v hiško vpihovali topel zrak z visoko koncentracijo CO₂ v zraku, se je ta zaradi konvekcije dvigal proti vrhu hiške. To pojasnjuje, zakaj so bile izmerjene koncentracije višje v zgornjem delu modela, kljub temu, da je ogljikov dioksid težji od zraka in se zato v zaprtih prostorih zadržuje blizu tal. To spoznanje se je izkazalo za uporabno tudi pri razlagi meritev v realnih učilnicah. Videli sva tudi, da traja zelo dolgo, da zrak v modelu zniža koncentracijo za 5000 ppm, zato sva v nadaljevanju zniževale samo do koncentracije 8000 ppm.

2.4.2 PREZRAČEVANJE V MODELU “HIŠKE” POSTAVLJENE SREDI UČILNICE

V tem primeru sva najino hiško postavili na sredino velike fizikalne učilnice. Pred začetkom vpihovanja zraka v hiško sva učilnico prezračili, potem pa sva do konca merjenja imeli vsa okna in vrata učilnice zaprta. Meritve sva izvajali v času, ko sva bili v učilnici samo midve. Želeli sva narediti čimbolj enake pogoje meritev. Na začetku sva vpihovali zrak tako dolgo, da je bila koncentracija CO₂ v zraku 10000 ppm. Potem sva zračili skozi eno od odprtih tako dolgo, da je koncentracija CO₂ padla na 8000 ppm. Merili sva zato potreben čas. Merilnik sva postavili približno 2 dm nad tlemi.

PRI ZRAČENJU ODPRTO OKNO	ČAS POTREBEN ZA TO, DA KONCENTRACIJA CO ₂ V ZRAKU PADE IZ 10000 ppm NA 8000 ppm
Okno 1 (10 cm X 10 cm) zgoraj	85 sekund
Okno 2 (10 cm X 10 cm) spodaj	115 sekund
Okno 3 (10cm X 10 cm) na sredini	95 sekund
Okno 4 (20 cm X 20 cm) zgoraj	26 sekund
Okno 5 (20 cm X 20 cm) spodaj	23 sekund
Okno 6 (20 cm X 20 cm) na sredini	19 sekund

Tabela 2: Merjenje v modelu “hiške” (odprto le eno okno)

Rezultati so pokazali izrazite razlike v času prezračevanja glede na velikost in lego odprtih.

Najdaljši čas zmanjševanja koncentracije CO₂ v zraku so imela manjša okna s površino 100 cm² (85 s, 95 s in 115 s), medtem ko so večja okna s površino 200 cm² omogočila bistveno hitrejše zmanjšanje koncentracije (26 s, 23 s in 19 s). To jasno kaže, da večja površina odprtine omogoča večji pretok zraka in s tem učinkovitejše prezračevanje.

Opazna je bila tudi razlika glede na lego odprtih. Okno 6, ki je bilo nameščeno najvišje, je omogočilo najhitrejše zmanjšanje koncentracije CO₂ v zraku. Razlog za to je v tem, da se tople

zrak z večjo koncentracijo ogljikovega dioksida dviga proti vrhu prostora, zato lahko skozi višje odprtine hitreje izteka.

Na podlagi rezultatov v modelu "hiške" lahko zaključiva, da:

- večja okna bistveno pospešijo zmanjševanje koncentracije CO₂,
- lega odprtin pomembno vpliva na učinkovitost prezračevanja,
- zrak v prostoru ni enakomerno premešan,
- konvekcija igra ključno vlogo pri porazdelitvi ogljikovega dioksida.

2.4.3 MERITVE NARAŠČANJA KONCENTRACIJE CO₂ V ZRAKU V UČILNICAH

Meritve sva izvedli v času rednega pouka v več različnih učilnicah. V spodnji tabeli so podane prostornine teh učilnic.

IME UČILNICE	PROSTORNINA UČILNICE
Fizika	303 m ³
Angleščina 1	199 m ³
Angleščina 2	311 m ³
Matematika	199 m ³
Biologija	303 m ³
Glasba	260 m ³
Geografija	311 m ³
Zgodovina	311 m ³

Tabela 3: Prostornine učilnic

Meritve sva izvedli s pomočjo zajemanja zraka v učilnici. Zrak sva zajeli na višini 1,5 metrov. Meritve sva opravili na začetku ure, po 20 minutah in po 40 minutah. Zapisali sva si, koliko učencev je bilo pri pouku in kaj so pri uri počeli. Preračunali sva, za koliko se koncentracija CO₂ v 20 minutah spremeni.

ŠTEVILO UČENCEV	IME UČILNICE (DEJAVNOST UČENCEV)	KONCENTRACIJA CO ₂ NA ZAČETKU	KONCENTRACIJA CO ₂ PO 20 MINUTAH (ABSOLUTNO POVEČANJE IN POVEČANJE V ODSOTOKIH)	KONCENTRACIJA CO ₂ V NASLEDNJIH 20 MINUTAH (ABSOLUTNO POVEČANJE IN POVEČANJE V ODSOTOKIH)
20	Fizika (razlaga in reševanje nalog)	4000 ppm	4158 ppm +158 ppm (+ 4%)	4662 ppm + 504 ppm (+12%)
16	Fizika (razlaga in reševanje nalog)	4119 ppm	4274 ppm +155 ppm (+ 4%)	4332 ppm +58 ppm (+1%)
16	Fizika (pisanje testa)	3300 ppm	3937 ppm +637 ppm (+19%)	4063 ppm +126 ppm (+3%)
22	Glasba (petje)	2460 ppm	3119 ppm +659 ppm (+ 27%)	3464 ppm +345 ppm (+ 11%)
22	Zgodovina (reševanje učnih listov)	1402 ppm	1935 ppm +533 ppm (+ 38%)	2205 ppm +270 ppm (+ 14%)
22	Biologija (Prepisovanje nove snovi)	2360 ppm	2615 ppm +225 ppm (+ 10%)	2890 ppm +275 ppm (+ 11%)

15	Matematika (Prepisovanje nove snovi)	2172 ppm	2930 ppm +758 ppm (+ 35%)	3119 ppm +189 ppm (+ 6%)
15	Angleščina 1 (razlaga in reševanje nalog)	4101 ppm	4433 ppm +332 ppm (+ 8%)	4818 ppm +358 ppm (+ 8%)
20	Zgodovina (reševanje delovnega lista)	1890 ppm	2016 ppm +126 ppm (+ 7%)	2132 ppm +116 ppm (+ 6%)
20	Zgodovina (reševanje delovnega lista)	1927 ppm	2190 ppm +263 ppm(+ 14%)	2227 ppm +37 ppm (+ 2%)
20	Geografija (razlaga in reševanje nalog)	2394 ppm	2498 ppm +104 ppm(+ 4%)	2600 ppm +102 ppm(+ 4%)
20	Angleščina 2 (razlaga in reševanje nalog)	2223 ppm	2235 ppm +12 ppm(+ 0,5%)	2424 ppm +189 ppm(+ 8%)

Tabela 4: Merjenje koncentracije CO₂ v zraku v učilnici

Ugotavlja, da koncentracija CO₂ v zraku povsod narašča, vendar ni mogoče postaviti nekega preprostega pravila za naraščanje. Vidno je, da narašča hitreje, če je v razredu več učencev. Vidimo tudi, da narašča hitreje, ko učenci pojejo, pišejo test ali aktivno zapisujejo. Skoraj povsod narašča koncentracija CO₂ hitreje v prvih 20 minutah, kot da se naraščanje CO₂ v zraku pri večjih koncentracijah CO₂ upočasni. Lahko pa je to tudi posledica tega, da so učenci v drugem delu ure manj aktivni in zato počasneje dihajo. Uganka so meritve v učilnici zgodovine. Tam koncentracija narašča zelo hitro, čeprav učenci ne delajo ničesar zelo aktivnega. To bi znalo biti povezano s tem, da so bile tam na začetku koncentracije CO₂ zelo nizke.

2.4.4 MERJENJE KONCENTRACIJE CO₂ V ZRAKU NA RAZLIČNIH VIŠINAH

Že pri meritvah na modelu »hiške« sva opazili, da je zelo pomembno, na kateri višini izvajava meritve. Sedaj sva to želi potrditi z meritvami v učilnici. Merjenja sva izvedli v učilnici fizike, kjer sva imeli lestev, da sva lahko merili tudi na višini 3 metre.

SPODAJ NA TLEH	NA VIŠINI 1,5 M	NA VIŠINI 3 M
3036 ppm	2992 ppm	2800 ppm
3263 ppm	3518 ppm	3669 ppm
2245 ppm	2582 ppm	2866 ppm
2331 ppm	2484 ppm	2615 ppm
1040 ppm	1102 ppm	1417 ppm
1513 ppm	1638 ppm	1417 ppm
946 ppm	1135 ppm	1387 ppm
1953 ppm	2142 ppm	3370 ppm

Tabela 5: Merjenje koncentracije CO₂ v zraku na različnih višinah v učilnici fizike

2.4.5 UGOTOVITVE PO VSEH OPRAVLJENIH MERJENJIH

Ugotovili sva, da je v večini primerov koncentracija CO₂ največja na višini 3 metre. Edina razlika je pri prvi, s sivo obarvani meritvi. Ta meritev je bila narejena v ponedeljek zjutraj, po vikendu, ko v učilnici ni bil nihče. Meritev je bila opravljena pred prihodom skupine učencev. To pomeni, da se je zrak v učilnici že ohladil in CO₂ zaradi svoje večje gostote že premaknil v spodnji del učilnice. Znano je, da se CO₂ v zaprtih prostorih brez ljudi vedno nahaja v nižjih legah prostorov. Ostale meritve so bile narejene isti dan, vedno pa so bili prisotni učenci in CO₂ je bil posledica CO₂ v izdihanem toplen zraku teh učencev, ki pa se je dvignil v višje lege.

Kot vidimo, se začetne koncentracije CO₂ zelo spreminjajo, kar je posledica tega, da smo učilnico vmes večkrat prezračili. Meritve v drugi sivo obarvani vrstici so bile na primer izmerjene po 10 minutnem odmoru, ko smo poleg vseh oken odprli še vrata iz učilnice na hodnik in vrata v sosednji kabinet za fiziko, kjer je tudi bil odprt oken in smo tako ustvarili prepih. Večino ostalih odmorov smo odprli le okne učilnice in koncentracija CO₂ v zraku je ostala dosti visoka.

Ugotovili sva, da koncentracija ogljikovega dioksida v učilnici s časom narašča. Opažava, da naraščanje ne poteka po povsem enakem vzorcu, kar kaže na to, da učenci dihajo različno intenzivno. Ugotovili sva tudi, da se koncentracija CO₂ v zraku v povprečju najbolj poveča v prvih 20 minutah učne ure.

Potrdili sva, da v isti učilnici (učilnica za fiziko) ob manjšem številu učencev koncentracija narašča počasneje in za manjšo razliko v ppm, ob večjem številu učencev pa hitreje in za večjo razliko v ppm. Zanimivo je tudi, da je bila pri urah, ko so učenci pisali test zaznana hitrejša rast koncentracije CO₂ v zraku, kar lahko povežemo z hitrejšim dihanjem. Pri urah, kjer so učenci delali v skupinah in so bili bolj sproščeni, je bilo dihanje mirnejše, posledično pa je nastajalo manj ogljikovega dioksida.

Opazili sva tudi, da kadar je začetna koncentracija ogljikovega dioksida nižja, ta v nadaljevanju narašča hitreje, medtem ko pri višjih začetnih vrednostih narašča počasneje. Poleg tega sva v več učilnicah zaznali ponavljajoče se vzorce. V manjših prostorih se koncentracija CO₂ v zraku povečuje hitreje, kar potrjuje vpliv prostornine prostora na hitrost nasičevanja zraka.

Pokazalo se je tudi, da se koncentracije CO₂ v zraku med posameznimi učnimi urami razlikujejo glede na prezračenost prostora pred začetkom merjenja, kar pomeni, da ima začetno stanje prostora pomemben vpliv na nadaljnji potek meritev. Pri nekaterih urah se je koncentracija po 20 minutah povečala zelo malo, kar nakazuje, da lahko mirnejše delo ali boljša razporeditev učencev vplivata na počasnejše kopičenje izdihanega zraka.

Meritve so pokazale tudi, da se ogljikov dioksid v prostoru ne porazdeli enakomerno, kar potrjujejo razlike med izmerjenimi vrednostmi pri tleh in pri stropu. Vse to potrjuje, da na kakovost zraka vpliva več dejavnikov hkrati.

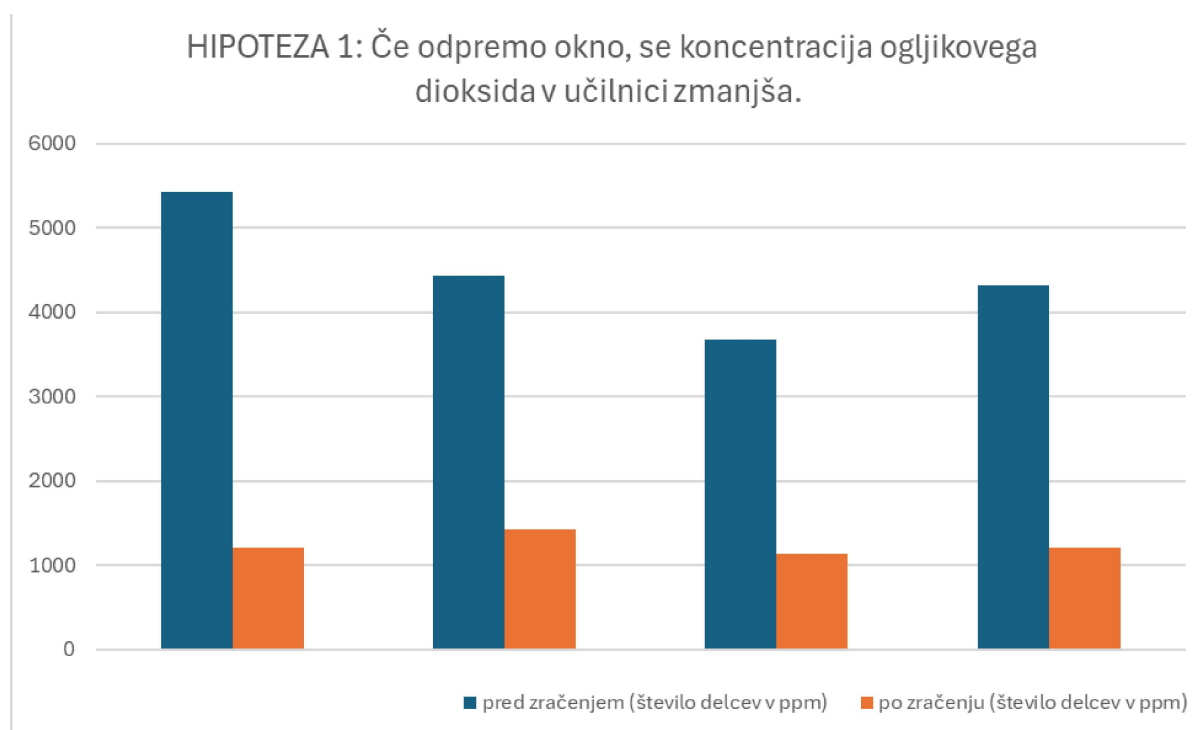
Koncentracija ogljikovega dioksida je močno odvisna od tega, kako aktivni so učenci med uro. Pri dejavnostih, kjer učenci intenzivneje dihajo, kot je petje, se CO₂ v zraku povečuje bistveno hitreje kot pri tihem delu. Tudi stresne situacije, na primer pisanje testa, povzročijo hitrejše dihanje in s tem večjo proizvodnjo CO₂ v zraku. Pri mirnem prepisovanju ali skupinskem delu pa je dvig koncentracije počasnejši, ker je dihanje enakomernejše. Podatki tako jasno kažejo, da dejavnost učencev pomembno vpliva na hitrost kopičenja izdihanega zraka v prostoru. Zato je pri razlagi rezultatov vedno treba upoštevati, kaj so učenci med merjenjem počeli.

3. RAZPRAVA

3.1 PREVERJANJE HIPOTEZ

HIPOTEZA 1: Če odpremo okno, se koncentracija CO₂ v zraku v učilnici zmanjša.

Hipoteza je potrjena.

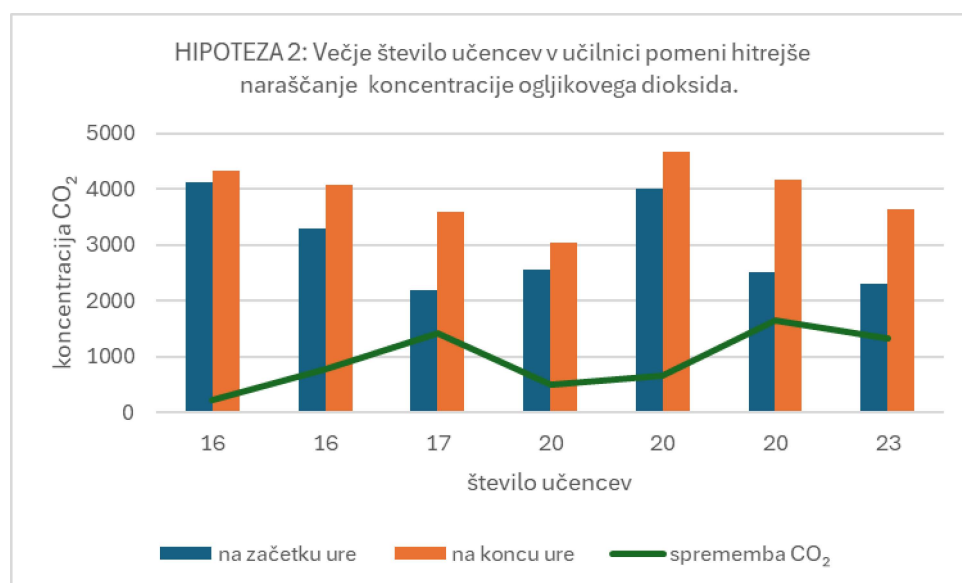


Graf 1: Potrditev prve hipoteze.

Graf prikazuje, da koncentracija ogljikovega dioksida po zračenju pade. Modra barva prikazuje koncentracijo ogljikovega dioksida pred zračenjem, oranžna barva pa po zračenju. Vse meritve sva izvedli v enem dnevu v isti učilnici. Po koncu šolske ure sva odprli vsa okna ter počakali 10 minut. Zapisali sva koncentracijo ogljikovega dioksida pred zračenjem ter po zračenju. Povprečna koncentracija ogljikovega dioksida pred zračenjem je bila 4464 ppm po zračenju pa 1246 ppm. To pomeni, da se je povprečno koncentracija ogljikovega dioksida po zračenju zmanjšala za 3218 ppm.

HIPOTEZA 2: Večje število učencev v učilnici pomeni hitrejše naraščanje koncentracije CO₂ v zraku.

Hipoteza je potrjena.

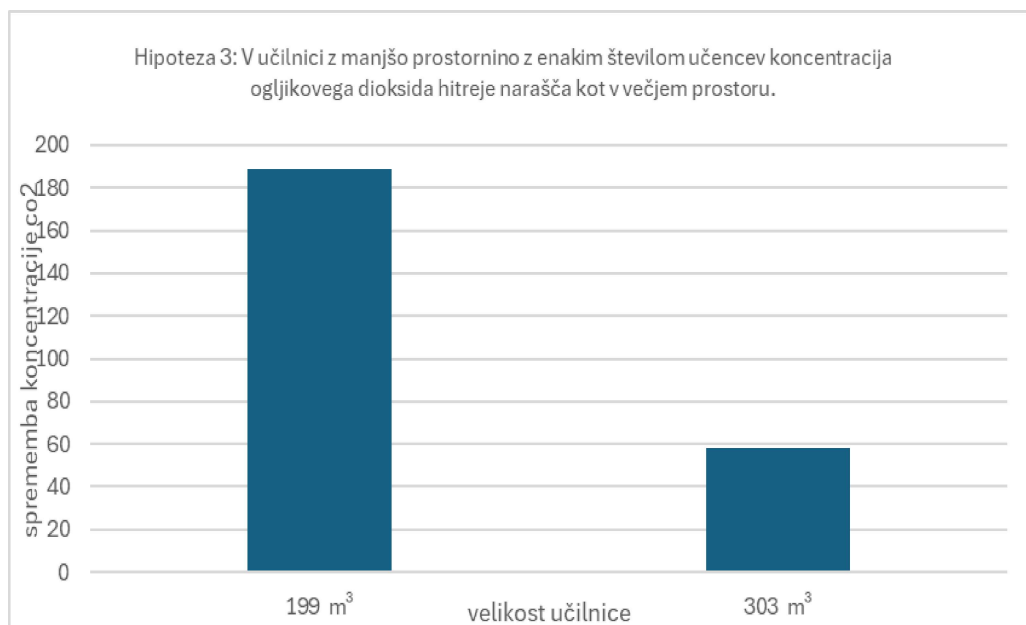


Graf 2: Potrditev druge hipoteze.

Graf prikazuje koncentracijo ogljikovega dioksida v odvisnosti števila učencev. Ugotovili sva, da število učencev vpliva na hitrejše naraščanje koncentracije ogljikovega dioksida. Če je v učilnici z isto prostornino večje število učencev, koncentracija ogljikovega dioksida hitreje narašča. Seveda pa na naraščanje ogljikovega dioksida vpliva tudi aktivnost učencev, ki jo med meritvijo nisva zmogli popolnoma nadzorovati. Tudi tukaj sva meritve izvajale v enaki učilnici z enako prostornino (303 m³).

HIPOTEZA 3: V učilnici z manjšo prostornino z enakim številom učencev koncentracija CO₂ v zraku hitreje narašča kot v večjem prostoru.

Hipoteza je potrjena.

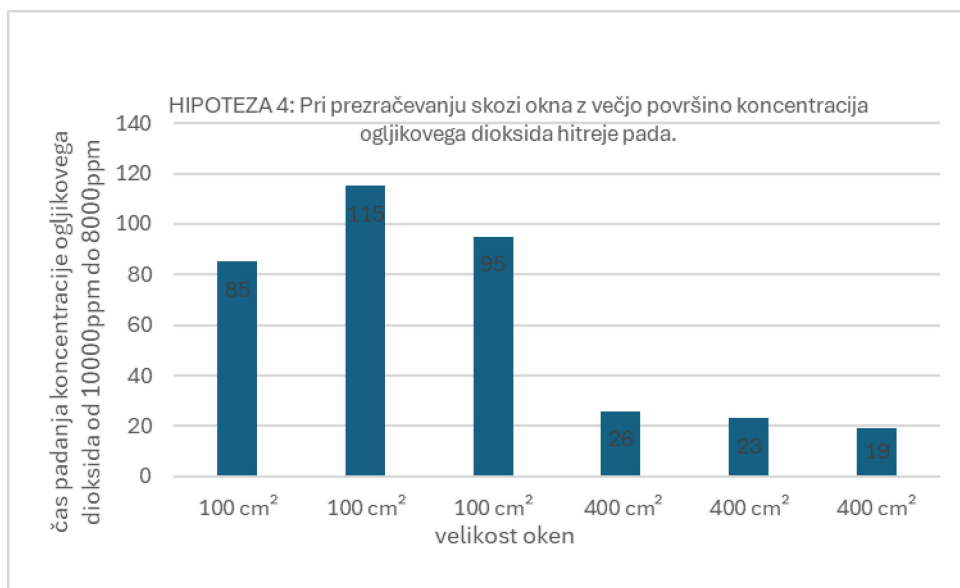


Graf 3: Potrditev tretje hipoteze.

Graf prikazuje spremembo koncentracije ogljikovega dioksida v odvisnosti od velikosti prostora. V obeh primerih je bilo v učilnici 16 učencev. Pri učilnici, ki je 100 m³ manjša, je bila sprememba koncentracije ogljikovega dioksida skoraj trikrat večja. Ta hipoteza je potrjena, saj je bila sprememba koncentracije ogljikovega dioksida v manjši učilnici očitno večja.

HIPOTEZA 4: Velikost odprtine za zračenje vpliva na hitrost padanje koncentracijo CO₂ v zraku.

Hipoteza je potrjena.

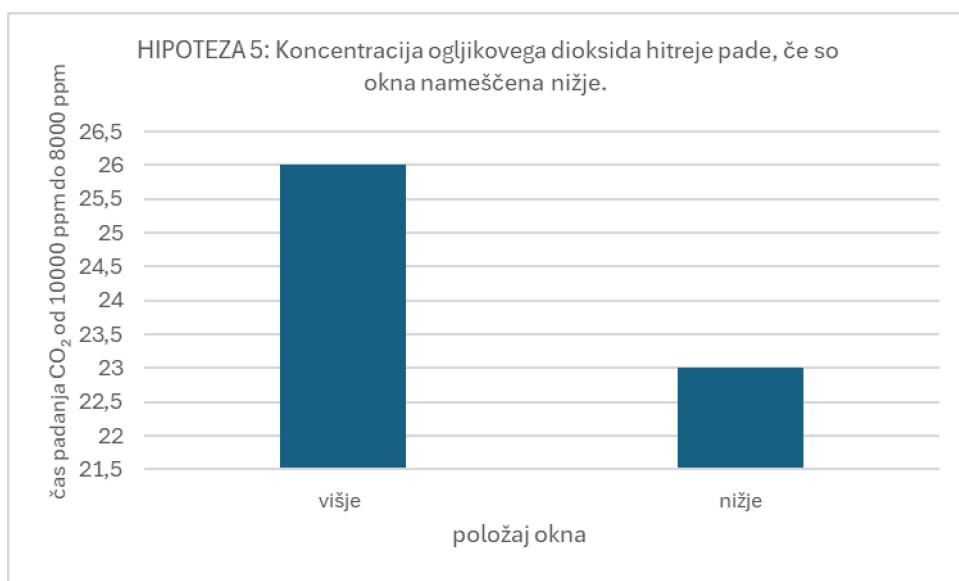


Graf 4: Potrditev četrte hipoteze.

Graf prikazuje čas padanja koncentracije ogljikovega dioksida v odvisnosti velikosti oken (odprtín). Kot prikazuje graf, se je v večjih odprtínah koncentracija ogljikovega dioksida bistveno hitreje zmanjšala. Manjše odprtine (okna), ki so bila skoraj štirikrat manjša od večjih oken, (odprtín) so v povprečju potrebovala kar štirikrat več časa. To prikazuje, da je za hitro zračenje zelo pomembna površina oken, saj to vpliva na zmanjšanje koncentracije ogljikovega dioksida.

HIPOTEZA 5: Koncentracija CO₂ v zraku pade hitreje, če so okna nameščena nižje.

Hipoteza je potrjena.



Graf 5: Potrditev pete hipoteze.

Graf prikazuje čas padanja koncentracije ogljikovega dioksida v odvisnosti položaja odprtine (okna). Obe okni sta bili iste velikost, to pomeni da je bila edina spremenljivka položaj okna. Meritve pa so bile izvedene v modelu hišice. Za to hipotezo sva se odločili, da jo prikaževa v modelu hišice, saj so v učilnicah okna postavljena vedno na isti višini ali položaju. Obe meritvi sva izvajali večkrat, vzeli sva povprečje. Kot je znano, je ogljikov dioksid težji od ostalih plinov, to pomeni, da se zadržuje pri tleh. Seveda pa gre topel zrak gor. Ko mi izdihnemo ogljikov dioksid,, je ta topel in se dviga.

HIPOTEZA 6: Če odpremo več oken hkrati, bo koncentracija CO₂ v zraku hitreje padla.

Tabela prikazuje zmanjšanje koncentracije ogljikovega dioksida iz 6000 ppm do 5000 ppm, ko je odprtih več oken.

1 veliko in 1 malo okno (številka 3 in 5)	2 veliki okni (številki 4 in 5)	2 mali okni (številka 2 in 3)
136 sekund	44 sekund	108 sekund

Tabela 6: zmanjševanje koncentracije CO₂ v zraku skozi več oken

Ugotovili sva, da pri prezračevanju pomembno vlogo igra preprih. To jasno vidimo pri primerjavi enega velikega in majhnega okna, kjer je površina, čez katero zračimo, večja kot pri dveh majhnih, a ker ni prepriha, je čas daljši.

Primerjava časa za zmanjšanje koncentracije od 6000 ppm do 5000 ppm enega odprtega okna z dvema v sekundah.

ENO OKNO	DVE OKNI
126 s (okno številka 2)	108 s (okna številka 2 in 3)
52 s (okno številka 4)	44 s (okna številka 4 in 5)

Tabela 7: Primerjava časa za zmanjšanje koncentracije od 6000 do 5000 enega odprtega okna z dvema.

HIPOTEZA 7: Dlje časa kot so učenci v učilnici, večja je koncentracija CO₂ v zraku.

Hipoteza je potrjena.

To je jasno razvidno v tabeli 4: Merjenje koncentracije CO₂ v zraku v učilnici.

3.2 PREVERJANJE CILJEV

Cilji raziskovalne naloge so bili usmerjeni v preučevanje dejavnikov, ki vplivajo na koncentracijo ogljikovega dioksida (CO₂) v učilnici. Na podlagi izvedenih meritev v realnih učilnicah in v modelu hiške lahko ugotoviva, da so bili zastavljeni cilji v veliki meri doseženi.

Ugotovili sva, da se koncentracija CO₂ povečuje s številom učencev v učilnici in s časom zadrževanja brez prezračevanja. Meritve so pokazale, da se v prvih 20 minutah pouka koncentracija CO₂ pogosto poveča hitreje kot v nadaljevanju ure, kar potrjuje vpliv stalnega dihanja učencev na kakovost zraka.

Prav tako sva dosegli cilj ugotavljanja vpliva velikosti učilnice. Rezultati so pokazali, da se v manjših prostorih koncentracija CO₂ pri enakem številu učencev povečuje hitreje kot v večjih, kar je v skladu s teoretičnimi pričakovanji.

Pomemben cilj raziskave je bil tudi preučiti vpliv prezračevanja. Meritve v učilnicah so potrdile, da se koncentracija CO₂ po odprtju oken bistveno zmanjša. Z uporabo modela hiške pa sva dodatno ugotovili, da na hitrost zmanjševanja koncentracije CO₂ vplivajo velikost odprtin, njihovo število in položaj. Večja okna in hkratno odpiranje več oken omogočajo hitrejšo izmenjavo zraka, nižje nameščena okna pa so bila pri prezračevanju učinkovitejša.

S kombinacijo meritev v realnem okolju in v modelu sva dosegli boljše razumevanje fizikalnih procesov, kot sta difuzija in konvekcija ter njun vpliv na porazdelitev ogljikovega dioksida v prostoru. Cilj ugotoviti, kako koncentracijo CO₂ v učilnici čim hitreje zmanjšati, je bil tako uspešno dosežen.

3.3 PREDLOGI ZA NADALNJE RAZISKAVE

Na podlagi izvedene raziskave in dobljenih rezultatov se kaže več možnosti za nadaljnje raziskovanje, ki bi raziskavo nadgradile in razširile na druga področja.

Raziskavo bi bilo smiselno razširiti na druga naravoslovna področja, predvsem na biologijo in kemijo. Z biološkega vidika bi lahko podrobneje raziskali vpliv povišane koncentracije CO₂ na delovanje človeškega telesa, kot so utrujenost, glavoboli, zmanjšana zbranost in sposobnost učenja. Takšna raziskava bi omogočila neposredno povezavo med kakovostjo zraka in počutjem učencev.

Z vidika kemije bi bilo zanimivo razširiti meritve na druge kazalnike kakovosti zraka, kot so relativna vlažnost, temperatura in prisotnost drugih plinov ali delcev. S tem bi lahko celoviteje ocenili notranjo kakovost zraka v učilnicah.

Ker sva v raziskavi že izvedli meritve koncentracije CO₂ na različnih višinah v učilnici, bi bilo v nadaljnjih raziskavah smiselno te meritve razširiti na več učilnic in različne tipe prostorov. Tako bi lahko preverili, ali se neenakomerna porazdelitev ogljikovega dioksida pojavlja v vseh učilnicah ali je odvisna od velikosti prostora, višine stropa in razporeditve oken.

Raziskavo bi bilo mogoče nadgraditi tudi z daljšim časovnim spremljanjem koncentracije CO₂, na primer skozi celoten šolski dan ali več zaporednih dni, kar bi omogočilo natančnejši vpogled v vpliv urnika in pogostosti prezračevanja.

Prav tako bi bilo zanimivo primerjati rezultate meritev v realnih učilnicah z rezultati iz modela hiške pri različnih pogojih prezračevanja ter preveriti, v kolikšni meri model odraža razmere v resničnem prostoru.

ZAKLJUČEK

Z raziskovalno nalogo sva uspešno dosegli vse zastavljene cilje. Ugotovili sva, kako se koncentracija ogljikovega dioksida (CO₂) v učilnici spreminja glede na število učencev, velikost prostora in čas zadrževanja brez prezračevanja ter kako nanjo vplivajo način prezračevanja, velikost in položaj oken.

Na podlagi izvedenih meritev sva preverili tudi vse zastavljene hipoteze. Hipoteze, ki so se nanašale na vpliv odpiranja oken, števila učencev, prostornine učilnice ter velikosti in števila odprtih za prezračevanje, so bile potrjene. Rezultati so pokazali, da se koncentracija CO₂ v učilnici brez prezračevanja povečuje, ob prezračevanju pa se bistveno zmanjša, pri čemer večja in številčnejša okna omogočajo hitrejše zmanjševanje koncentracije.

Hipoteza o vplivu položaja oken je bila prav tako potrjena, saj so meritve pokazale, da prezračevanje skozi nižje nameščena okna omogoča učinkovitejšo izmenjavo zraka. Z meritvami na različnih višinah sva potrdili, da koncentracija CO₂ v prostoru ni enakomerno porazdeljena, kar je v skladu s fizikalnimi pojavi difuzije in konvekcije.

Rezultati raziskave so skladni z zastavljenimi cilji in hipotezami ter potrjujejo, da je ustrezno prezračevanje ključno za zagotavljanje dobre kakovosti zraka v učilnicah. Raziskava prispeva k boljšemu razumevanju vpliva fizikalnih dejavnikov na koncentracijo CO₂ in poudarja pomen rednega prezračevanja za dobro počutje in zbranost učencev.

Največ meritev sva izvajali v učilnici za fiziko, kjer dolgo časa nikakor nismo uspeli znižati koncentracije CO₂ v zraku pod 3000 ppm, kljub rednemu odpiranju vseh oken v njej. Po izkušnjah z zniževanjem koncentracije CO₂ v zraku v modelu »hiške«, kjer sva ugotovili kako zelo preprih vpliva na hitrejše zniževanje koncentracije CO₂, sva začeli učilnico zračiti bolj učinkovito- poleg oken, sedaj odpiramo tudi vrata na hodnik in vrata v sosednji kabinet, kjer med zračenjem prav tako odpremo vsa okna. Sedaj uspemo koncentracijo CO₂ tudi v 5 minutnem odmoru znižati pod 1500 ppm. S tem smo vsi zadovoljni, saj je delo v tej učilnici

postalo bolj prijetno. Zrak se hitro zamenja, učilnica pa se ne ohladi za daljši čas. Z ugotovitvami bova seznanile vodstvo šole in tudi druge učitelje, da prenesemo tak način prezračevanja med odmori v čim več učilnic na šoli.

SEZNAM LITERATURE

1. Novak, J. (2016). *Fizika – plini in toplota*. Ljubljana: DZS.
2. Bukovec, P., Kosec, B. (2014). *Osnove kemije za srednje šole*. Ljubljana: Mladinska knjiga.
3. ARSO (2020). *Podnebne spremembe in toplogredni plini*. Ljubljana: Agencija RS za okolje.
4. Petrovič, M. (2019). *Kakovost zraka v zaprtih prostorih* (diplomsko delo). Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo.
5. Kranjc, S. (2018). *Vpliv kakovosti zraka na počutje učencev* (magistrsko delo). Univerza v Mariboru, Pedagoška fakulteta.
6. Bavec, M. (2015). *Meritve in merske enote v fiziki*. Ljubljana: Fakulteta za naravoslovje in matematiko.
7. NIJZ (2021). *Kakovost zraka v zaprtih prostorih*. Ljubljana: Nacionalni inštitut za javno zdravje.
8. Krašovec, P. (2017). *Prezračevanje stavb*. Ljubljana: Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.
9. Horvat, T. (2020). *Gibanje zraka in toplotni tokovi v zaprtih prostorih* (magistrsko delo). Univerza v Mariboru.
10. Galičič, A., Rožanec, J., Kukec, A., Carli, T., Medved, S., & Eržen, I. (2023). Identification of Indoor Air Quality Factors in Slovenian Schools: National Cross-Sectional Study. *Processes*, 11(3), 841.

VIRI SLIK

Slika 1: <https://eucbeniki.sio.si/nit5/1329/index4.html>

Slika 2: [What Is Carbon Dioxide, And How Does it Affect The Weather & Climate?](#)

Slika 3: <https://eucbeniki.sio.si/nit5/1329/index2.html>

Slika 4: <https://storage.googleapis.com/drbaydukqbrme/vernier-co2-gas-sensor.html>

Slika 5: Lastna fotogalerija

Slika 6: Lastna fotogalerija

Slika 7: Lastna fotogalerija

Slika 8: Lastna fotogalerija

Slika 9: Lastna fotogalerija

Priloga:

IZJAVA

Izjavljamo, da smo pri pripravi raziskovalne naloge upoštevali etična načela in smernice v skladu z veljavnimi pravnimi akti raziskovalnega področja.

Podpisani:

Avtorji: Katja Perne in Živa Šalamun Prešeren

Katja Živa

Mentorji: Natalija Podjavoršek

Natalija