



Srednja šola
Slovenska Bistrica

RAZISKOVALNA NALOGA

PRIMERJAVA KOLIČINE IZDIHANEGA OGLJIKOVEGA DIOKSIDA POD ZAŠČITNIMI MASKAMI

Kemija in kemijska tehnologija

Mentorica:

mag. Damijana Gregorič

Avtorica:

Anja Kokol, 3. b

Slovenska Bistrica, 2021

KAZALO VSEBINE

1	UVOD.....	6
2	TEORETIČNI DEL	7
2.1.	ZAŠČITNE MASKE.....	7
2.1.1.	MEDICINSKE OBRAZNE MASKE	8
2.1.2.	ZAŠČITNA MASKA TIPA KN95.....	8
2.1.3.	ZAŠČITNA MASKA IZ BLAGA.....	9
2.2.	DIHANJE	9
2.3.	MERJENJE OGLJIKOVEGA DIOKSIDA.....	10
2.3.1.	OGLJIKOV DIOKSID	10
2.3.2.	VERNIERJEV SENZOR ZA MERJENJE KONCENTRACIJE CO ₂	11
3	EKSPERIMENTALNI DEL	13
3.1.	MERITVE, IZVEDENE V UČILNICI.....	14
3.1.1.	MERJENJE KONCENTRACIJE OGLJIKOVEGA DIOKSIDA IN KISIKA V PROSTORU.....	14
3.1.2.	MERJENJE KONCENTRACIJE IZDIHANEGA OGLJIKOVEGA DIOKSIDA POD MASKAMI	14
3.2.	MERITVE, IZVEDENE V SOBI	15
3.2.3.	MERJENJE KONCENTRACIJE IZDIHANEGA OGLJIKOVEGA DIOKSIDA IN KISIKA POD MASKO PRI STAREJŠI OSEBI	16
3.3.	MERJENJE KONCENTRACIJE OGLJIKOVEGA DIOKSIDA IN KISIKA POD MASKO MED IZVAJANJEM ŠPORTNE AKTIVNOSTI.....	17
4	REZULTATI.....	18
4.1.	SPREMLJANJE SPREMINJANJA KONCENTRACIJE OGLJIKOVEGA DIOKSIDA V UČILNICI	18
4.2.	SPREMLJANJE SPREMINJANJA KONCENTRACIJE OGLJIKOVEGA DIOKSIDA V SOBI	21
4.2.1.	PRI MLAJŠI OSEBI (OSEBA 1).....	22
4.2.2.	PRI STAREJŠI OSEBI (OSEBA 2).....	24
4.3.	SPREMLJANJE SPREMINJANJA KONCENTRACIJE OGLJIKOVEGA DIOKSIDA MED GIBANJEM.....	25
5	ANALIZA REZULTATOV	27
5.1.	ANALIZA REZULTATOV V RAZLIČNIH PROSTORIH.....	27

5.2.	ANALIZA REZULTATOV RAZLIČNIH TIPOV ZAŠČITNIH MASK.....	27
5.3.	ANALIZA REZULTATOV PRI MLAJŠI IN STAREJŠI OSEBI	29
5.4.	ANALIZA REZULTATOV PRI RAZLIČNIH AKTIVNOSTIH.....	29
6	ZAKLJUČEK	31
7	VIRI IN LITERATURA.....	33

KAZALO SLIK

Slika 1:	Naprava LabQuest in senzor za merjenje koncentracije CO ₂ (Vir: osebni arhiv).....	13
Slika 2:	Uporabljene vrste zaščitnih mask (Vir: osebni arhiv)	14
Slika 3:	Merjenje koncentracije v sobi (Vir: osebni arhiv)	15
Slika 4:	Merjenje koncentracije CO ₂ in O ₂ pri mlajši osebi (Vir: osebni arhiv)	16
Slika 5:	Merjenje koncentracije CO ₂ in O ₂ pri starejši osebi (Vir: osebni arhiv).....	17
Slika 6:	Merjenje koncentracije CO ₂ in O ₂ med hojo po stopnicah (Vir: osebni arhiv)	18

KAZALO GRAFOV

Graf 1:	Naraščanje koncentracije CO ₂ v atmosferi po letih	11
Graf 2:	Spreminjanje koncentracije CO ₂ v učilnici.....	19
Graf 3:	Spreminjanje temperature v prazni učilnici in učilnici, polni dijakov.....	20
Graf 4:	Spreminjanje koncentracije CO ₂ pri mlajši osebi, ko ta ni govorila	21
Graf 5:	Spreminjanje koncentracije CO ₂ v sobi	22
Graf 6:	Spreminjanje koncentracije CO ₂ pri mlajši osebi med govorjenjem.....	23
Graf 7:	Spreminjanje koncentracije CO ₂ pri mlajši osebi, ko ta ni govorila	23
Graf 8:	Spreminjanje koncentracije CO ₂ pri starejši osebi med govorjenjem	24
Graf 9:	Spreminjanje koncentracije CO ₂ pri starejši osebi, ko ta ni govorila.....	25
Graf 10:	Spreminjanje koncentracije CO ₂ med gibanjem	26

POVZETEK

Zaščitne maske so v zadnjem času postale vsakdanji in nepogrešljiv pripomoček. Njihov namen je zaščititi uporabnika pred okužbami iz okolice ter tudi preprečiti, da uporabnik ne okuži drugih. Zaščitne maske imajo različne funkcije in se med seboj ločijo po namenu uporabe, obliki in po stopnji zaščite. Z raziskovalno nalogo sem ugotavljala, katera maska bi bila najbolj primerna za nošenje in bi služila prav temu namenu. Zanimalo me je, koliko naraste koncentracija ogljikovega dioksida pod masko, kadar govorimo ali smo tiho, oziroma med izvajanjem športne aktivnosti in kako starost osebe vpliva na koncentracijo izdihanega ogljikovega dioksida. Meritve sem izvajala v šolski učilnici, v svoji sobi in na hodniku, in sicer z napravo LabQuest ter Vernierjevim senzorjem za merjenje koncentracije ogljikovega dioksida. S pomočjo grafov, oblikovanih v programu Logger Pro, sem ugotovila, da koncentracija izdihanega CO₂ najbolj naraste pri medicinski obrazni maski. Zato je prav medicinska maska najprimernejša, saj ima najmanjšo možnost prenosa okužbe, ker zadrži največ kapljic. Potrdila sem tudi, da se pri mlajši osebi iz telesa sprosti več CO₂ kot pri starejši, saj nam s starostjo dihanje oslabi in ne vdihnemo več toliko zraka. Izkazalo se je, da največ CO₂ izdihamo v okolje med gibanjem, takrat namreč potrebujemo več kisika za delovanje mišic. V svoji raziskovalni nalogi sem tudi spremljala spreminjanje koncentracije ogljikovega dioksida v prostoru ter v različnih okoliščinah.

ZAHVALA

Za mentorstvo, prijazno pomoč, svetovanje in vodenje pri raziskovalni nalogi se zahvaljujem mag. Damijani Gregorič, za jezikovni pregled pa mag. Gregorju Arniku.

1 UVOD

Čas in okoliščine, v katerih smo se znašli sedaj, torej v času, ko na Zemlji kraljuje koronavirus, so prispevali k uvajanju varnostnih ukrepov, med katerimi je verjetno najpomembneje omeniti nošenje zaščitne maske, če ni zagotovljene primerne fizične razdalje. Z vzpostavitvijo tega preventivnega ukrepa pa je med ljudmi prišlo do številnih nasprotnih pogledov. S tem so se v vsakem posamezniku izoblikovale predstave in tudi odnos do nove »obvezne opreme«. Nekateri so prepričani, da imajo lahko maske usodne učinke, saj naj bi obvezno nošenje povzročalo zastrupitev z ogljikovim dioksidom kot posledico slabše izmenjave plinov. Na drugi strani pa nasprotniki teh teorij trdijo in razlagajo, da to ni mogoče. Opravljajo različne poskuse, s katerimi z meritvami dokazujejo primerne količine kisika v krvi tudi po daljšem času nošenja. Lahko se opredelimo, komu verjamemo, vendar se lahko vsi strinjamo, da so maske včasih zelo ovirajoče, predvsem če jih moramo nositi med izvajanjem športnih aktivnosti.

Ker je ta aktualna tema pri meni vzbudila veliko pozornosti in neodgovorjenih vprašanj, sem se jo odločila raziskati. Po pregledu literature in posvetovanju s profesorico sem svoj eksperiment želela izvesti tako, da bi v raziskovanje vključila različne tipe mask. Med seboj sem jih želela primerjati in tudi končno ugotoviti, pri kateri maski bi bila koncentracija ogljikovega dioksida, ki se zadržuje pod njo, najmanjša in hkrati najbolj primerna. Zanimalo me je tudi, kako telesna aktivnost vpliva na količino izdihanega CO₂. Prav zato se je moje raziskovalno vprašanje glasilo: *Kako različni tipi zaščitnih mask vplivajo na koncentracijo izdihanega dioksida, ki se zadržuje pod njo?*

Pred začetkom raziskovanja sem predpostavila naslednje hipoteze:

Hipoteza 1: Koncentracija ogljikovega dioksida bo najmanj narasla pri zaščitni maski iz blaga, saj ima ta najnižjo učinkovitost bakterijske filtracije.

Hipoteza 2: Največ ogljikovega dioksida se bo sprostilo iz telesa med izvajanjem športne aktivnosti.

Hipoteza 3: Pri meritvah bodo koncentracije izdihanega ogljikovega dioksida nižje pri starejši osebi v primerjavi z mlajšo.

Hipoteza 4: Medicinska obrazna maska tipa BFE1 in zaščitna maska tipa KN95 imata enako učinkovitost bakterijske filtracije, zato bodo izmerjene vrednosti koncentracije ogljikovega dioksida pod maskama primerljive.

2 TEORETIČNI DEL

Virusi nenehno spremljajo življenje vsakega posameznika, precej verjetno že od njegovih začetkov. Življenjski cikel je vezan na živo celico gostitelja, kajti virus nima svojega lastnega metabolizma. Tako je v naša življenja vstopil tudi SARS-CoV-2 ali nam bolj znano ime: koronavirus. Ta ima kapljice v velikosti 50–200 nm, ki so v primerjavi z velikostjo molekul ogljikovega dioksida in kisika več kot tisočkrat večje. [1]

Da bi preprečili širjenje COVID-19, smo morali v svoj vsakdan vnesti številne previdnostne ukrepe in tako zaščitili sebe in druge. Eden najpomembnejših ukrepov, ki smo jih vzpostavili, je nošenje zaščitne maske, če ni zagotovljene primerne fizične razdalje. Potreben je bil čas, da smo se navadili na uporabo tovrstne zaščitne opreme, ki je bila pred izbruhom bolezni večini nepoznana.

Čeprav so zaščitne maske iz različnih materialov postale že neizogibna obveza, so v uporabi še na mnogih drugih področjih, kjer prav tako služijo za zaščito uporabnika. Nošenje mask je potrebno tudi v industrijskih obratih, kjer se pri delu sproščajo majhni delci ali toksične kapljice. Uporaba zaščitnih mask je nekaj običajnega tudi pri medicinskem osebju. Uporabljajo jih predvsem zato, da pri delu ne okužijo pacientov, predvsem takrat, ko mora delo potekati v sterilnem okolju, in sicer v primerih različnih operacij in drugih aseptičnih postopkov. Po drugi strani pa lahko maske tudi ščitijo zdravstvene delavce, da jih ne okužijo pacienti. [2]

Kadar nosimo masko, pa vanjo izdihujemo ogljikov dioksid, ki skupaj z vodo nastane kot produkt celičnega dihanja. Ogljikov dioksid je nestrupen brezbarvni plin, ki nastaja tudi v kmetijstvu (izpusti toplogrednih plinov) in industriji (proizvodnja električne energije, avtomobilski izpusti), prav tako pa občutno vpliva na okolje, saj je glavni povzročitelj že dobro poznanega pojava tople grede. [3]

2.1. ZAŠČITNE MASKE

Poglavitna funkcija maske je zaščititi uporabnika pred morebitno okužbo. Pomembno je, da sami upoštevamo higienske ukrepe, kot so pravilno kašljanje, kihanje, pravilno umivanje rok ter izogibanje dotikanju obraza in sluznic, saj tako še dodatno zmanjšujemo nevarnost prenosa

okužbe v času epidemije. Zelo pomembni so tudi pravilna namestitve maske, nošenje in njena odstranitev. Med nošenjem se maske ne smemo dotikati. Tako zmanjšamo možnost prenosa virusa z rok v naše telo. Ker se virusni delci lahko širijo tudi prek izločkov iz nosu, je nujno, da imamo prekrito tako nos kot tudi usta. Stopnja zaščite je odvisna predvsem od materiala, iz katerega je maska izdelana. Kljub temu da maske zmanjšajo tveganje za okužbo, pa nikoli ne zagotavljajo popolne zaščite. Nošenje mask skupaj z drugimi varnostnimi ukrepi ima pomembno vlogo v kirurgiji, saj tako zdravniki zaščitijo pacienta in sebe, nosijo pa jih tudi delavci v industriji, če so v stalnem stiku z nevarnimi snovmi. [4]

Različne vrste mask so primerne za različne namene, zato je resnično pomembno, da za določen namen izberemo ustrezno masko, ki bo temu zadoščala. Zaščitne maske na različne načine absorbirajo vlago iz izdihanega zraka. Posledično je zato maska uporabna samo določen čas. Tako maske, ki bolje absorbirajo vlago, v medicini ohranjajo svojo funkcijo tudi pri dalj časa trajajočih operacijah. Slabše maske se lahko uporabljajo predvsem za krajše posege. [5]

2.1.1. MEDICINSKE OBRAZNE MASKE

Medicinske obrazne maske so oblikovane tako, da lahko ščitijo pacienta in njegovo okolje. Poznamo dva osnovna tipa medicinskih obraznih mask: prvi, imenovan BFE1, se uporablja za paciente z namenom, da se zmanjša tveganje za širjenje okužb, in drugi, tip BFE2, ki je namenjen uporabi medicinskih delavcev pri operacijah in aseptičnih posegih. Medicinske maske se pogosto nosijo od 2 do 8 ur, odvisno od stopnje zaščite in kontaminacije maske. Učinkovitost bakterijske filtracije (BFE) je > 95 %.

Medicinska obrazna maska za enkratno uporabo je narejena iz mehkega materiala, iz netkane tkanine, iz steklenih vlaken in antibakterijskega filtrirnega papirja. Ima tri plasti z vgrajeno aluminijasto sponko za nosni nastavek in dve okrogli elastiki za ušesa. Zunanja plast je odporna na brizge tekočine, ki pa je ne prepušča v notranjost. V notranjosti je bela hipoalergenska plast celuloze. Plast mikrobne filtracije je narejena iz občutljivih organskih vlaken. [5]

2.1.2. ZAŠČITNA MASKA TIPA KN95

Zaščitna maska tipa KN95 zagotavlja visoko stopnjo zaščite pred kapljičnimi aerosoli, kot so bakterije in virusi. Zaščitna maska KN95 ima filtracijo, ocenjeno s 95 %, in tako zadrži kapljice, ki se ob kašljanju in kihanju sproščajo v okolico. S svojo filtracijo zraka nas varuje pred možnimi zunanjimi dejavniki. [6]

Maska ima pet zaščitnih plasti. Vseh pet plasti je netkanih, kar omogoča popolno zaščito. Zunanji sloj je narejen iz dveh plasti netkanega polipropilena, osrednji filter je dvoslojna, taljena, polipropilenska tkanina in notranji sloj pa netkani polipropilen. Nosni predel služi za boljše zatesnitev in lego na obrazu. Te maske nimajo dodatnega ventila, ki oslabi samo filtracijo maske, saj zrak pobegne skozi ventil. Ventil ni filter, ampak je filter sama maska. [7]

2.1.3. ZAŠČITNA MASKA IZ BLAGA

Za zaščitne maske iz blaga, imenovane tudi pralne maske, velja, da je stopnja zaščite odvisna od uporabljenega materiala in ni visoka. Vseeno pa lahko delno zadržijo pot kapljic, ki se sproščajo v okolico ob kašljanju, kihanju, prav tako tudi govorjenju, in v katerih so lahko prisotni povzročitelji nalezljivih bolezni. Tako se do določene mere zmanjša tudi možnost prenosa okužbe na druge ljudi. Pralne maske je treba pred ponovno uporabo oprati.

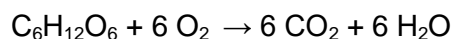
Maske, tkane iz gostega bombaža, kot je poplin, v dveh slojih zadržijo kar 80 odstotkov delcev. Za zaščito so manj primerne kuhinjske krpe, saj te običajno niso zelo gosto tkane. Pri nekaterih vrstah blaga je dvomljiva možnost sterilizacije, saj pranje mask iz materialov pri visokih temperaturah ni mogoče, skozi takšno blago je tudi težje dihati, kar povzroči, da začne zrak uhajati ob stiku maske z obrazom, predvsem ob nosnem korenu, ob licih in pod brado. [8]

2.2. DIHANJE

Dihanje je eden temeljnih in najosnovnejših procesov, ki omogočajo preživetje vsakega posameznika. Pri tem telo uporablja kemične in mehانيčne procese, da lahko pripelje kisik do vsake celice in iz nas odstrani ogljikov dioksid, ki nastane kot odpadni produkt tega procesa. Respiratorni sistem s svojimi prevodnimi in dihalnimi enotami prinaša zrak iz okolja v pljuča in olajša izmenjavo plinov tako v pljučih kot v celicah. [9]

Poenostavljen prikaz celičnega dihanja, ki je eksotermni proces, prikazuje spodnja enačba:

glukoza + kisik → ogljikov dioksid + voda



Vsakodnevni procesi v telesu, kot so prebava, premikanje mišic ali že samo razmišljanje, potrebujejo kisik. Ob potekanju teh procesov nastaja ogljikov dioksid kot odpadni produkt. [10]

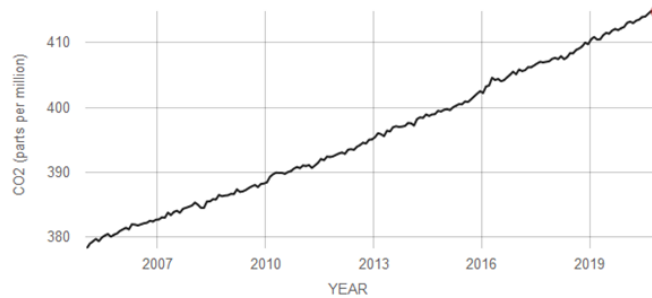
Naloga naših pljuč je omogočiti osnovne procese s kisikom in odstraniti odvečni ogljikov dioksid iz sistema. Naši možgani neprekinjeno pridobivajo signale iz telesa, ki prepozna količino kisika in ogljikovega dioksida v krvi. Možgani pošljejo signale mišicam, ki so vključene v proces dihanja. Te prilagodijo tvoj dihalni ritem glede na aktivnost. Ko smo aktivni, se naše dihanje pospeši od štirideset- do šestdesetkrat na minuto, da smo lahko kos dodatni obremenitvi. Pospeši se tudi dovajanje kisika mišicam, da lahko tako bolj učinkovito opravijo svoje delo. Močnejše dihanje zagotavlja, da v krvnem obtoku ne pride do kopičenja ogljikovega dioksida. [11]

Staranje ima velik vpliv na spremembe, ki se začnejo dogajati v našem telesu, na procese in delovanje organov. Kostni se začno tanjšati in spreminjati obliko. Tako se spremeni tudi oblika reber, kar posledično vpliva na to, da se naša rebra med dihanjem ne razširijo in skrčijo več tako učinkovito kot v mlajših letih. Tudi trebušna prepona, mišica, ki podpira naše dihanje, oslabi. Njena šibkost nam lahko prepreči, da bi vdihnili in izdihnili dovolj zraka. Te spremembe v kosteh in mišicah znižajo raven kisika v telesu, tako tudi iz telesa odstranimo manj ogljikovega dioksida. Posledici sta lahko utrujenost in oteženo dihanje. [12]

2.3. MERJENJE OGLJIKOVEGA DIOKSIDA

2.3.1. OGLJIKOV DIOKSID

Ogljikov dioksid je brezbarven plin z molekulsko formulo CO_2 in je poznan tudi kot toplogredni plin, ki se sprošča s človekovimi dejavnostmi, kot so krčenje gozdov in izgorevanje fosilnih goriv, pa tudi z naravnimi procesi, na primer z dihanjem in izbruhi vulkanov. Spodnji graf prikazuje atmosferske ravni ogljikovega dioksida v zadnjih letih, izmerjene v observatoriju Mauna Loa na Havajih, z odstranjenim povprečnim sezonskim ciklom.



Graf 1: Naraščanje koncentracije CO₂ v atmosferi po letih

V zadnjih 170 letih so človeške dejavnosti zvišale atmosferske koncentracije CO₂ za 47 % (v primerjavi s predindustrijskimi ravnmi, izmerjenimi leta 1850). To je več, kot se je zgodilo naravno v obdobju 20.000 let (od zadnjega ledeniškega maksimuma do 1850, s 185 ppm na 280 ppm). [13]

Vrednost ogljikovega dioksida na svežem zraku naj bi bila od 350 ppm do 450 ppm. Višja vrednost CO₂ je v notranjem prostoru, in sicer od 400 ppm do 1200 ppm. Maksimalna dovoljena vrednost koncentracije ogljikovega dioksida v delovnem prostoru ob osemurnem delovniku je 5000 ppm. Če se vrednost približa 100.000 ppm, to povzroča slabost, bruhanje, izgubo zavesti ali v najslabših primerih celo smrt. [14]

2.3.2. VERNIERJEV SENZOR ZA MERJENJE KONCENTRACIJE CO₂

Vernierjev senzor za CO₂ meri stopnje plinastega ogljikovega dioksida s spremljanjem količine infrardečega sevanja, ki ga absorbirajo njegove molekule. Na senzorju lahko nastavimo obseg merjenja: manjši obseg (0–10.000 ppm) in višji (0–100.000 ppm). Senzor uporablja LED kot vir za ustvarjanje infrardečega sevanja. Vir infrardečega senzorja je na enem koncu gredi senzorjev, na drugem koncu pa je infrardeči senzor, ki meri, koliko radiacije preide skozi vzorec, ne da ta absorbira molekule CO₂. Detektor beleži infrardeče sevanje v ozkem pasu, centriranem pri 4360 nm. Večja kot je koncentracija absorpcijskega plina v cevki za vzorčenje, manj sevanja bo prešlo od vira skozi senzorsko cev do IR-detektorja. Povišanje temperature v infrardečem senzorju ustvari napetost, ki jo okrepi in odčita Vernierjev vmesnik ali CBL 2 (vmesnik za grafične kalkulatorje). Plin ogljikov dioksid se z difuzijo skozi dvajset odprtih v cevki senzorja premika v senzorsko cev in iz nje.

Plinski senzor CO₂ meri koncentracijo ogljikovega dioksida v enotah ppm (*angl. parts per million*). V plinastih zmesih se en del na milijon nanaša na en volumski del v enem milijonu volumskih enot celote. Koncentracija 600 ppm za CO₂ bi preprosto pomenila, da je na vsakih 1.000.000 litrov zraka 600 litrov plina CO₂ ali 0,6 mililitra CO₂ na en liter zraka. Za primerjavo se je raven ogljikovega dioksida v zemeljski troposferi postopoma povečala s 317 ppm leta 1960 na sedanjo raven okoli 400 ppm. Človeški izdih ima koncentracijo ogljikovega dioksida približno 38.000 ppm. [15]

3 EKSPERIMENTALNI DEL

V svoji raziskovalni nalogi sem želela proučiti, kako različni tipi zaščitnih mask vplivajo na koncentracijo izdihanega ogljikovega dioksida, ki se zadržuje pod masko. Želela sem raziskati, kateri tip je najbolj primeren in ima najbolj optimalne rezultate. Prav tako so me zanimale vrednosti kisika, zato sem tudi te vključila v svoje raziskovalno delo. Kasneje, ko sem analizirala rezultate, sem ugotovila, da senzor za kisik ni izmeril realnih rezultatov, zato sem te meritve izključila iz raziskovalne naloge. Želela sem raziskati difference v koncentracijah CO₂ v dveh vsakdanjih situacijah – kadar pod masko govorimo in kadar smo tiho. Meritve sem izvajala v dveh prostorih, v učilnici in svoji sobi. Meritve sem opravljala pri osebi, stari 17 let, in pri osebi, stari 80 let. Želela sem raziskati in pridobiti podatke tudi v primeru izvajanja športne aktivnosti.

Pripomočki:

- naprava LabQuest,
- program Logger Pro,
- Vernierjev senzor za merjenje koncentracije CO₂,
- Vernierjev temperaturni senzor.



Slika 1: Naprava LabQuest in senzor za merjenje koncentracije CO₂ (Vir: osebni arhiv)

3.1. MERITVE, IZVEDENE V UČILNICI

3.1.1. MERJENJE KONCENTRACIJE OGLJIKOVEGA DIOKSIDA IN KISIKA V PROSTORU

Na začetku sem pritrdila senzorja za merjenje koncentracije CO₂ in O₂ na stojalo v razredu, in sicer na višino metra in pol nad tlemi. Senzorja sem obesila navpično na podlago. Pritrdila sem tudi temperaturni senzor, da sem lahko spremljala, kako se je temperatura spreminjala v času pouka. Te senzorje sem priklopila na napravo LabQuest. Prvo meritev sem izvajala v učilnici, polni dijakov (25 oseb), učilnico smo občasno tudi prezračili, vendar ne več kot pet minut. Drugo meritev sem ponovila v prazni učilnici. Čas merjenja sem nastavila na 300 minut.

3.1.2. MERJENJE KONCENTRACIJE IZDIHANEGA OGLJIKOVEGA DIOKSIDA POD MASKAMI

Merila sem koncentracijo ogljikovega dioksida pod tremi različnimi tipi mask. Zaščitne maske, uporabljene pri raziskavi, so prikazane na Sliki 2.



Slika 2: Uporabljene vrste zaščitnih mask (Vir: osebni arhiv)

Meritve sem izvajala na sebi (starost sedemnajst let). Senzor za merjenje koncentracije sem priklopila na napravo LabQuest in tako pričela z eksperimentom. V tem primeru nisem govorila. Dihala sem enakomerno in skozi nos. Na obraz sem si najprej pritrdila medicinsko masko in nato senzor za merjenje CO₂ na notranjo stran maske, tako da se je dotikal obraza, od ust pa je bil oddaljen tri centimetre. Meritev sem opravljala in beležila 10 minut (600 sekund). Enako meritev sem opravila še z zaščitno masko tipa KN95 in nato še z masko iz blaga.

V drugem primeru sem merila koncentracijo CO₂ tako, da sem meritve izvajala ob glasnem branju knjige. Senzor sem povezala z napravo LabQuest, meritve so se izrisovale v obliki grafa in se samodejno shranjevale v tabelo. Postopek sem ponovila trikrat, in sicer z različnimi tipi mask: z medicinsko masko, z masko KN95 in masko iz blaga.

3.2. MERITVE, IZVEDENE V SOBI

3.2.1. MERJENJE KONCENTRACIJE OGLJIKOVEGA DIOKSIDA IN KISIKA V PROSTORU

Na začetku sem pritrdila senzorja za merjenje koncentracije CO₂ in O₂ na knjižni regal v sobi. V prostoru sem izmerila temperaturo 23 °C. Senzorja sta bila nameščena na višino metra in pol nad tlemi. Obesila sem ju navpično na podlago. Čas merjenja sem nastavila na 300 minut. Povezala sem ju z napravo LabQuest in začela z meritvijo. Na merilniku se je ves čas izrisoval graf in v tabeli so se beležile vrednosti v rangu 0,25 vzorca/min in v intervalu 4 s. Sobe med merjenjem nisem zračila.



Slika 3: Merjenje koncentracije v sobi (Vir: osebni arhiv)

3.2.2. MERJENJE KONCENTRACIJE IZDIHANEGA OGLJIKOVEGA DIOKSIDA IN KISIKA POD MASKO PRI MLAJŠI OSEBI

Meritve koncentracije CO₂ in O₂ sem izvajala na sebi (starost sedemnajst let) v medicinski obrazni maski, maski KN95 in maski iz blaga. Senzorja za merjenje koncentracije sem priklopila na napravo LabQuest in pričela z eksperimentom. V tem primeru nisem govorila. Dihala sem enakomerno, skozi nos. Na obraz sem si nadela masko in nato senzorja za merjenje CO₂ in O₂ pritrdila znotraj maske. Meritev sem opravljala in beležila 10 minut (600 sekund) z vsako vrsto maske.

V drugem primeru sem meritve izvajala ob glasnem branju knjige. Vsaka meritev je prav tako trajala 10 minut, vsakič izvedena z maskami, izbranimi za raziskovanje.



Slika 4: Merjenje koncentracije CO₂ in O₂ pri mlajši osebi (Vir: osebni arhiv)

3.2.3. MERJENJE KONCENTRACIJE IZDIHANEGA OGLJIKOVEGA DIOKSIDA IN KISIKA POD MASKO PRI STAREJŠI OSEBI

Te meritve sem opravljala pri osebi, stari osemdeset let. Na obraz sem ji najprej namestila medicinsko masko, nato zaščitno masko KN95 in na koncu še masko iz blaga. Vsako meritev sem izvajala 10 minut. Na obrazu (pod masko) so bili nameščeni senzorji, ki so bili povezani z

merilnikom LabQuest. Merilnike je oseba podpirala z roko, vendar to ni vplivalo na končne rezultate. Pri prvih treh meritvah je bila oseba tiho, dihala je enakomerno in počasi.

Pri drugem sklopu meritev pa je starejša oseba ob merjenju glasno prebirala knjigo. Koncentracije izdihanega CO₂ in O₂ so se ob tem izrisovale v grafu in tabeli na merilniku.



Slika 5: Merjenje koncentracije CO₂ in O₂ pri starejši osebi (Vir: osebni arhiv)

3.3. MERJENJE KONCENTRACIJE OGLJIKOVEGA DIOKSIDA IN KISIKA POD MASKO MED IZVAJANJEM ŠPORTNE AKTIVNOSTI

Del eksperimenta sem opravljala tudi tako, da sem z vsako masko izvajala lažjo športno aktivnost. Izbrala sem si hojo po stopnicah. V žep sem namestila merilnik, nanj priklopila senzorja za merjenje koncentracije CO₂ in O₂ ter opravila tri različne meritve po 10 minut (600 sekund) s tremi vrstami mask: z medicinsko masko, zaščitno masko KN95 in masko iz blaga. Senzorja za CO₂ in O₂ sem med gibanjem morala držati, da sta bila dobro nameščena pod masko. Meritve sem opravljala na hodniku, kjer sem na začetku izmerila temperaturo 23 °C.



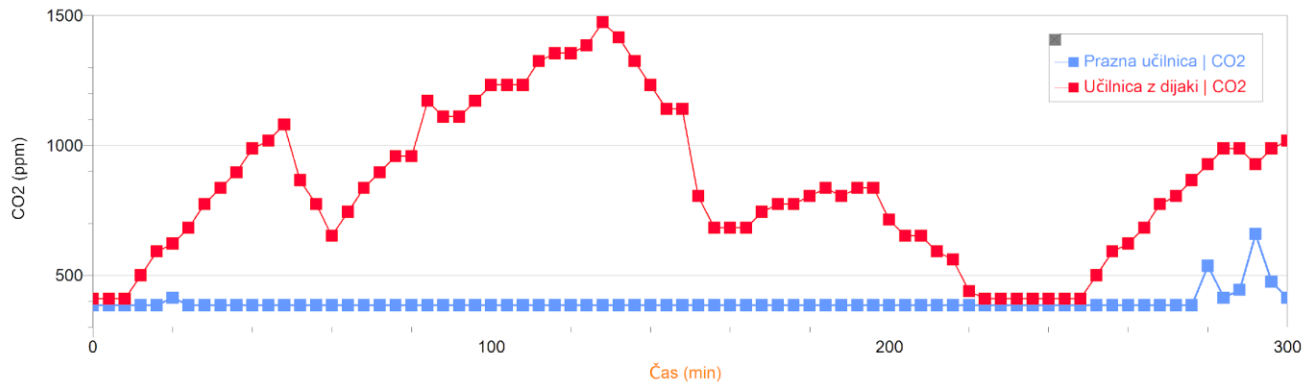
Slika 6: Merjenje koncentracije CO₂ in O₂ med hojo po stopnicah (Vir: osebni arhiv)

4 REZULTATI

4.1. SPREMLJANJE SPREMINJANJA KONCENTRACIJE OGLJIKOVEGA DIOKSIDA V UČILNICI

Spreminjanje koncentracije ogljikovega dioksida sem v učilnici merila dvakrat. Prvič sem meritev izvajala v praznem prostoru, v drugem primeru pa je v učilnici potekal pouk. Iz Grafa 2 je razvidno, kako se je koncentracija spreminjala celotnih 300 minut. Opazimo lahko, da je koncentracija ogljikovega dioksida precej konstantna (modra krivulja), saj je bila takrat učilnica popolnoma prazna in se pogoji niso spreminjali. Koncentracija se je ustalila pri 385 ppm. Majhen preskok lahko opazimo le pri dvajseti minuti, ko je senzor izmeril 414 ppm, in ob koncu merjenja, ko je pri najvišji točki dosegla vrednost 658 ppm. Predvidevam, da se je ta vrednost povečala zaradi mojega vstopa v učilnico. Povprečna vrednost meritev je znašala 394 ppm.

Iz Grafa 2 (rdeča krivulja) lahko razberemo, da je daleč od konstantne, kar sem tudi predvidevala, saj je v učilnici potekal pouk, med odmori pa so dijaki tudi prezračevali učilnico z odpiranjem okna. Začetna koncentracija je bila 410 ppm. Koncentracija je počasi naraščala, se spet spustila in kasneje povzpela do najvišje vrednosti 1474 ppm v 128. minuti. Vzrok padanja koncentracije je zračenje učilnice med glavnim odmorom, okna so bila takrat odprta dlje časa kot med krajšimi odmori. Merjenje se je zaključilo po petih urah in nazadnje izmerjena vrednost je bila 1019 ppm. Povprečna vrednost je znašala 839 ppm. Kljub zračenju se je koncentracija v petih urah povišala za 609 ppm, kar je posledica prisotnosti petindvajsetih dijakov in njihovega dihanja.

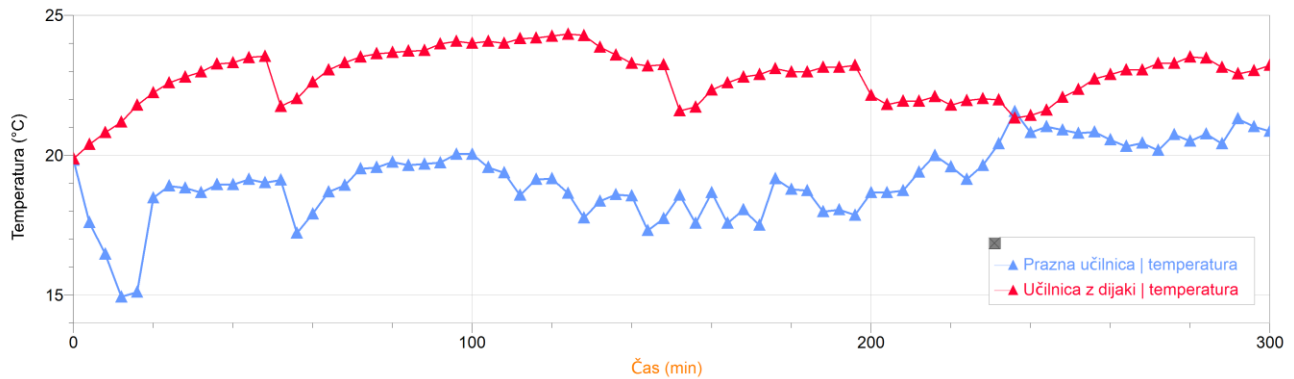


Graf 2: Spreminjanje koncentracije CO₂ v učilnici

V učilnici sem ob merjenju koncentracije CO₂ spremljala tudi spreminjanje temperature v primeru, ko je bila učilnica prazna, in spet drugač, ko je v njej potekal pouk. Iz Grafa 3 (modra krivulja) je razvidno, da je bila začetna temperatura v prazni učilnici 19,8 °C. Zadnja izmerjena temperatura v 300. minuti je bila 20,9 °C. Povprečna vrednost meritev je znašala 19,1 °C. Temperatura v učilnici se je postopoma višala. Učilnica je bila ogrevana, kar lahko pojasni vzrok rahlo povišane temperature.

V učilnici, v kateri so bili dijaki, sem na začetku izmerila temperaturo 19,9 °C. V spodnjem grafu (rdeča krivulja) lahko opazimo, da so se njene vrednosti zelo spreminjale, vzroka za to pa sta človeško telo, ki oddaja toploto v okolje, in zračenje z odpiranjem oken v učilnici med odmori. Vse to pojasni, zakaj se ta graf tako razlikuje od grafa meritev v prazni učilnici. Na koncu sta bili izmerjeni temperatura 23,2 °C in povprečna vrednost 22,8 °C.

Povprečna temperatura v prazni učilnici je bila 19,1 °C, v učilnici z dijaki pa 22,8 °C, kar je posledica oddajanja toplote človeških teles.

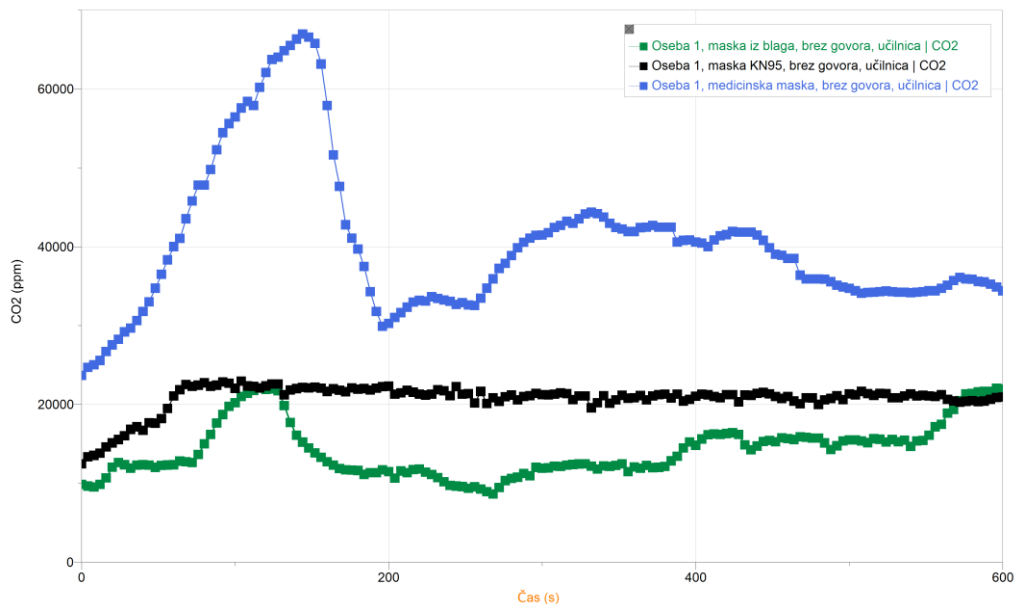


Graf 3: Spreminjanje temperature v prazni učilnici in učilnici, polni dijakov

Graf 4 prikazuje meritve koncentracije CO₂ pod različnimi maskami, ki sem jih izvedla v šolski učilnici. Z modro barvo je označena medicinska obrazna maska, s črno maska tipa KN95 in z zeleno maska iz blaga. Te meritve sem izvajala tako, da pod masko nisem govorila. Razvidno je, da so bile najvišje vrednosti pri medicinski maski, najnižje pa pri maski, narejeni iz blaga. Začetna koncentracija izdihanega CO₂ v medicinski maski je bila 23.682 ppm. Koncentracija je nato začela bliskovito naraščati in dosegla najvišjo vrednost 66.967 ppm v 144. sekundi. Tako visoke vrednosti so bile izmerjene zato, ker sem si senzor namestila preblizu ustom in nosu, kasneje pa sem ga postavila na primernejše mesto (na razdaljo 3 cm). Vrednosti po 200. minuti niso imele prevelikih odstopanj. Zadnja izmerjena koncentracija je bila 34.405 ppm. Povprečna vrednost koncentracij pod medicinsko masko je bila 40.323 ppm.

V Grafu 4 lahko spremljamo tudi spreminjanje vrednosti koncentracije izdihanega CO₂ pri uporabi zaščitne maske KN95. Koncentracija je v tem primeru bolj konstantna in se začne pri 12.472 ppm. Koncentracija se med merjenjem ni povečevala, a tudi padala ni. Povprečna vrednost teh meritev je bila 20.756 ppm, kar je skoraj polovico manj od vrednosti pri uporabi medicinske maske.

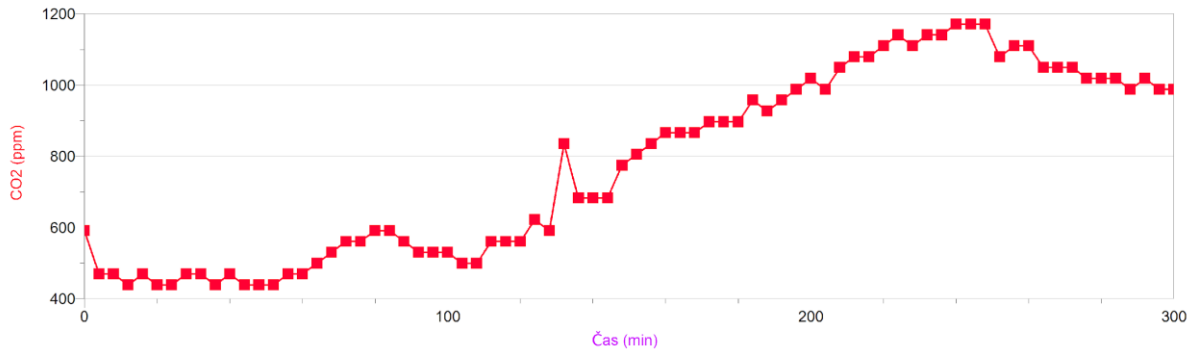
Pri krivulji koncentracije ogljikovega dioksida, izmerjeni pod masko iz blaga, lahko opazimo, da so njene vrednosti skoraj ves merilni čas pod vrednostmi medicinske maske in maske tipa KN95. Začetna koncentracija CO₂ pod masko je bila 9851 ppm. Koncentracija je najbolj narasla le ob koncu merjenja, in sicer do vrednosti 21.941 ppm, kar je končna zabeležena vrednost na grafu. Povprečje meritev je bilo 14.200 ppm.



Graf 4: Spreminjanje koncentracije CO₂ pri mlajši osebi, ko ta ni govorila

4.2. SPREMLJANJE SPREMINJANJA KONCENTRACIJE OGLJIKOVEGA DIOKSIDA V SOBI

Graf 5 prikazuje spreminjanje koncentracije CO₂ v odvisnosti od časa merjenja v sobi. Opazimo lahko, da se vrednost celotnih 300 minut merjenja postopoma zvišuje. Na začetku je bila koncentracija 591 ppm. Takoj zatem je padla na 469 ppm, šele takrat se je merilnik stabiliziral. Najvišja vrednost je bila izmerjena v 240. minuti, in sicer 1171 ppm. V sobi sem bila sama, in ker je bila soba pet ur neprezračena, lahko s tem pojasnimo povišanje koncentracije CO₂ v prostoru zaradi dihanja. Končna izmerjena vrednost je bila 988 ppm. Povprečje vseh meritev je tako 777 ppm.



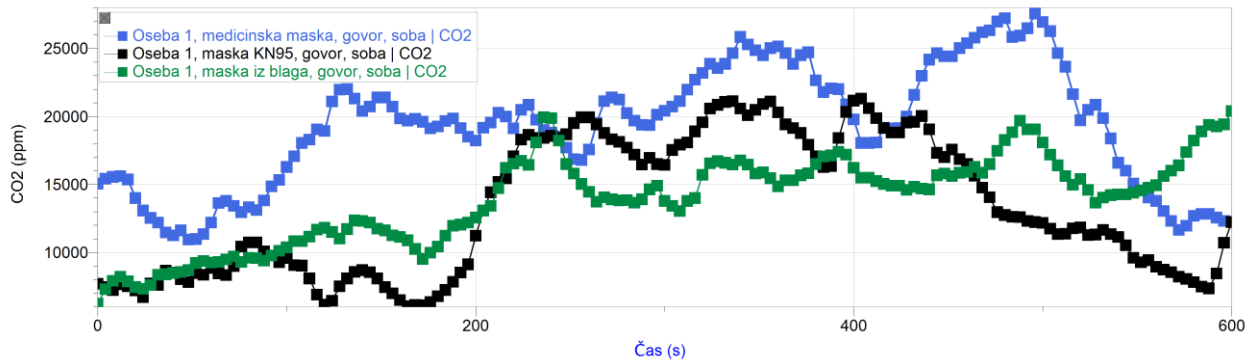
Graf 5: Spreminjanje koncentracije CO₂ v sobi

4.2.1. PRI MLAJŠI OSEBI (OSEBA 1)

V Grafu 6 so zabeležene meritve spreminjanja koncentracije CO₂ pri uporabi treh različnih zaščitnih mask pri mlajši osebi, medtem ko je govorila. Modra barva na grafu označuje medicinsko obrazno masko. Začetna vrednost je bila 15.060 ppm, končna pa 12.228 ppm. Razvidno je, da so pri tej maski izmerjene vrednosti najvišje. Celoten čas merjenja se je koncentracija CO₂ pod masko zelo spreminjala. Čeprav sem se trudila brati knjigo na glas, čim bolj enakomerno in enako glasno, lahko opazimo, da so vrednosti meritev zelo razgibane. Gibljejo se od 10.948 ppm pa vse do 27.549 ppm. Povprečje meritev znaša 19.297 ppm.

Krivulja črne barve prikazuje koncentracijo CO₂ v zaščitni maski KN95. Začne se z vrednostjo 7689 ppm, konča pa pri 12.228 ppm. Povprečje vseh meritev je 13.254 ppm. Če meritve primerjamo z meritvami koncentracije CO₂ pod masko, ko nisem govorila, je razvidno, da izdihamo več CO₂, medtem ko govorimo. Tudi če dihamo enakomerno, se pojavijo razlike v koncentraciji izdihanega CO₂. Predvidevam, da je to odvisno od tega, kako dolgo dih zadržimo med govorjenjem. Če ga zadržimo dlje, posledično izdihamo več CO₂ – in obratno, če ga zadržimo krajši čas.

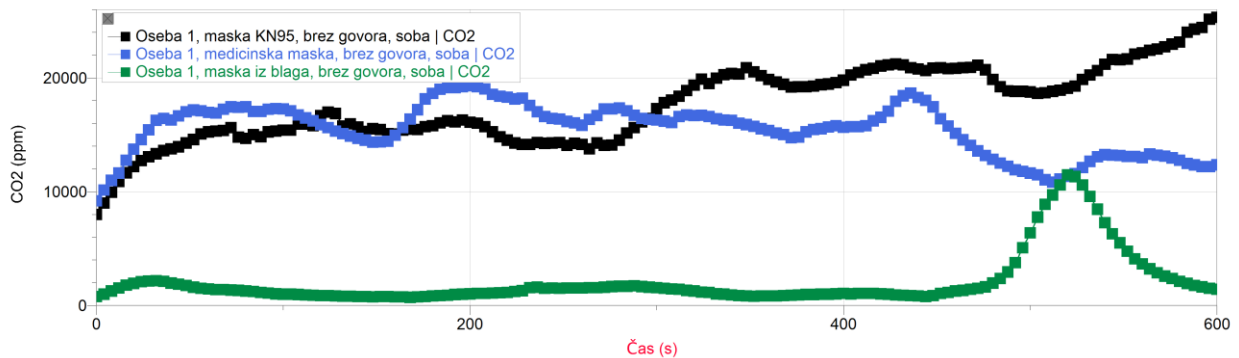
Graf 6 prikazuje tudi spreminjanje koncentracije CO₂ pod masko iz blaga, označeno z zeleno barvo. Začetna koncentracija pod masko je bila 6227 ppm, končna pa 20.391 ppm. Iz teh meritev lahko razberemo, da se krivulji, ki prikazujeta spreminjanje koncentracije CO₂ pod masko iz blaga in masko KN95, nekako prepletata. Povprečna vrednost meritev je 13.929 ppm.



Graf 6: Spreminjanje koncentracije CO₂ pri mlajši osebi med govorjenjem

Graf 7 prikazuje meritve pri mlajši osebi, ko ta ni govorila. Pri medicinski obrazni maski je bila začetna vrednost koncentracije CO₂ pod masko 9182 ppm. Ker sem dihala enakomerno, med izmerjenimi koncentracijami (vsake štiri sekunde) ni prevelikih odstopanj. Končna izmerjena vrednost je bila 12.350 ppm, povprečje vseh meritev pa 15.458 ppm.

Maska KN95 je v prikazu označena s črno. Njena začetna vrednost je 7994 ppm, končna pa 25.297 ppm. Iz grafa je razvidno, da se koncentracija pod masko ves čas povečuje. Povprečna vrednost je 17.601 ppm. Največjo točko graf doseže prav na koncu, in sicer pri 10. minuti.



Graf 7: Spreminjanje koncentracije CO₂ pri mlajši osebi, ko ta ni govorila

Zelena krivulja kaže, da ima maska iz blaga najnižje vrednosti, kar je bilo razvidno že iz grafov prejšnjih meritev. Začetna vrednost je bila 774 ppm, kar je v primerjavi z drugima dvema precej manj. Majhen preskok lahko opazimo po 500. sekundi, ko vrednost doseže 11.466 ppm. Zatem

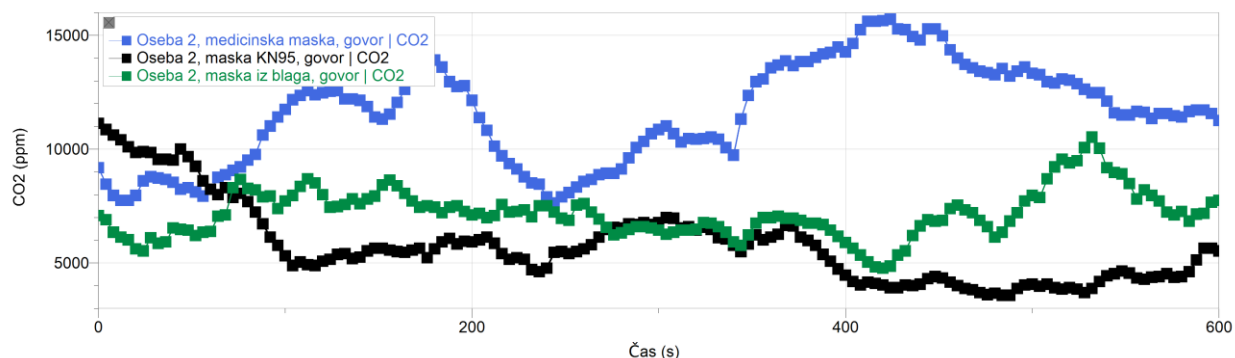
začne vrednost spet padati in se ustali pri koncentraciji 1415 ppm. Povprečna vrednost vseh meritev je 2033 ppm.

4.2.2. PRI STAREJŠI OSEBI (OSEBA 2)

Meritve, ki jih prikazuje Graf 8, sem izvedla s starejšo osebo, staro 80 let, medtem ko je ta govorila. Vrednost koncentracije CO₂ pod medicinsko masko je na začetku bila 9182 ppm, na koncu pa 11.253 ppm. Opazimo lahko podobno kot pri Grafu 6, v katerem so predstavljene meritve mlajše osebe, samo da so tukaj nekoliko nižje vrednosti. Koncentracija se je celotnih 10 minut zelo spreminjala. Povprečna vrednost meritev pod medicinsko masko je bila 11.564 ppm. Nekaj ogljikovega dioksida lahko ponovno vdihnemo, kar lahko pojasni, zakaj količina tolikokrat narašča in pada.

Zaščitni maski KN95 lahko pripišemo najvišjo začetno koncentracijo CO₂, in sicer 11.131 ppm. Končna je bila 5527 ppm in je predstavljala najnižjo vrednost izmed vseh treh. Povprečna vrednost vseh meritev je 5771 ppm. Ker se vrednost CO₂ pod masko niža, lahko to pomeni, da je oseba veliko že izdihanega CO₂ ponovno vdihnila.

Začetna vrednost izdihanega CO₂ pod masko iz blaga je bila 7080 ppm, končna pa 7750 ppm. Povprečje meritev je 7167 ppm. Iz Grafa 8 je razvidno, da se koncentracija zelo spreminja med merjenjem, začetna in končna vrednost pa sta primerljivi. Ker je koncentracija najbolj narasla po 500. sekundi, lahko sklepam, da je oseba takrat vdihnila manj izdihanega CO₂ in se je ta kopičil pod masko.

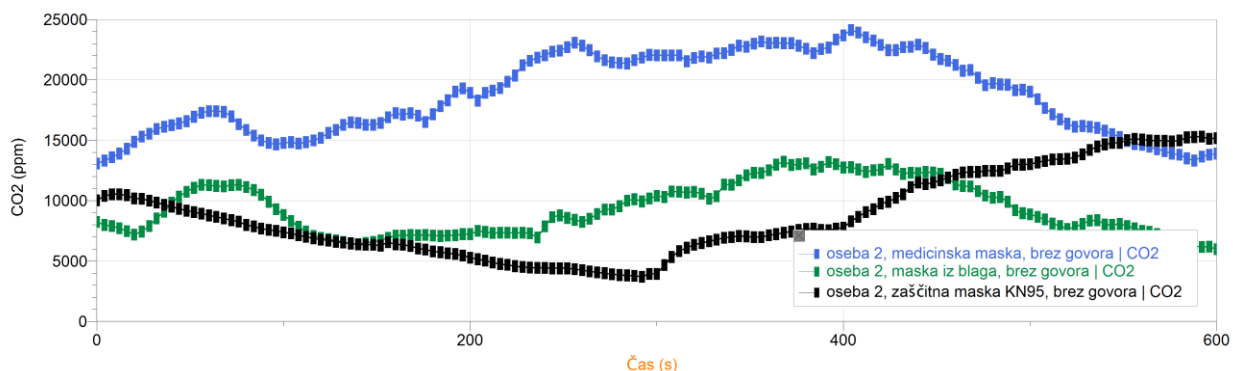


Graf 8: Spreminjanje koncentracije CO₂ pri starejši osebi med govorjenjem

Graf 9 predstavlja meritve pri starejši osebi, in sicer v primeru, ko ta ni govorila. Razvidno je, da koncentracije tokrat manjkrat naraščajo in padajo, kot lahko primerjalno razberemo iz Grafa 8. Začetna vrednost CO₂ pod medicinsko masko je bila 13.081 ppm, končna 13.905 ppm in povprečna vrednost meritev 18.642 ppm. Koncentracija je naraščala nekako do 250. sekunde in se kopičila, po 400. sekundi pa je začela padati, takrat je oseba nekaj nakopičene količine izdihanega CO₂ ponovno vdihnila.

Krivulja zaščitne maske KN95 se začne pri vrednosti 10.035 ppm in konča pri 15.182 ppm. Izračunana povprečna vrednost vseh meritev je 8755 ppm. Tukaj se zgodi ravno obratno kot pri medicinski maski. Razvidno je, da krivulja najprej pada, nato pa koncentracija CO₂ pod masko narašča po 300. sekundi.

Z zeleno barvo so predstavljene meritve pri maski iz blaga. Začetna vrednost koncentracije CO₂ pod masko je bila 8238 ppm, končna 5983 ppm. Povprečna vrednost je 9332 ppm. Če te koncentracije primerjamo s prejšnjim grafom pri enaki maski, vendar pri osebi, ki je govorila, lahko opazimo, da v tem primeru koncentracija pada in narašča postopoma. Situacija je drugačna v prejšnjem grafu, v katerem se koncentracija v hipu spremeni.



Graf 9: Spreminjanje koncentracije CO₂ pri starejši osebi, ko ta ni govorila

4.3. SPREMLJANJE SPREMINJANJA KONCENTRACIJE OGLJIKOVEGA DIOKSIDA MED GIBANJEM

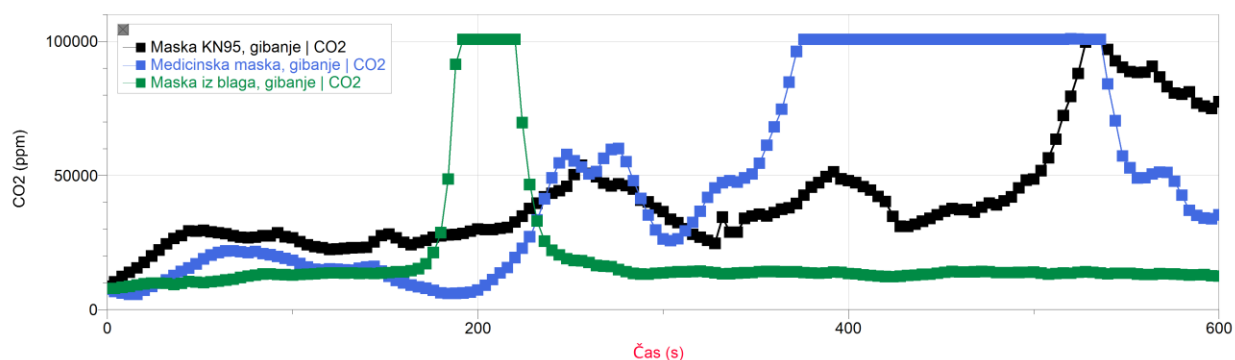
Koncentracijo izdihanega CO₂ sem merila tudi med gibanjem. Začetna vrednost pod medicinsko masko je bila 7509 ppm. Če spremljamo spreminjanje koncentracije (Graf 10) pri tej maski (modra barva), opazimo, da se vrednosti ekstremno povečajo po 300. sekundi. Po izvajanju športne aktivnosti, pa naj bo to hoja po stopnicah ali kakšen izmed ekstremnih športov,

postajamo utrujeni in tako telo potrebuje več kisika, kar pomeni, da dihamo hitreje in globlje. Končna vrednost je bila 35.275 ppm. Količina CO₂ se je precej povečala, še posebej pri 520. sekundi, ko je dosegla vrednost kar 100.883 ppm. Povprečna vrednost meritev je bila 49.604 ppm.

S črno barvo je v grafičnem prikazu predstavljena zaščitna maska KN95. Začetna koncentracija izdihanega ogljikovega dioksida pod masko je bila 8665 ppm, končna pa 77.440 ppm, povprečje meritev za to masko je znašalo 41.386 ppm. Najbolj se je koncentracija povečala in nakopičila v 532. sekundi, in sicer na skupno kar 100.669 ppm, a to ni dosti manj, kot je bila izmerjena maksimalna vrednost pod medicinsko masko.

Pod masko iz blaga je bila na začetku izmerjena koncentracija CO₂ 7902 ppm, na koncu pa 12.503 ppm. Povprečna vrednost meritev je znašala 19.691 ppm. Najvišjo vrednost CO₂ pod masko je merilnik izmeril v 192. sekundi pri 100.688 ppm. Vrednost se je zelo približala največji koncentraciji CO₂ pod masko KN95.

Ker je merilno območje sensorja do 100.000 ppm, so se v prikazu pri modri in zeleni krivulji pojavili ravni odseki. Čeprav v grafu vrednosti niso izrisane, jih je senzor sproti z merjenjem zabeležil v tabelo. Vrednost nad 100.000 ppm nastopi tudi pri maski KN95 (črna krivulja), vendar le za kratek čas.



Graf 10: Spreminjanje koncentracije CO₂ med gibanjem

5 ANALIZA REZULTATOV

5.1. ANALIZA REZULTATOV V RAZLIČNIH PROSTORIH

Koncentracija CO₂ v šolski učilnici, v kateri je potekal pouk, je bila pričakovano višja kot pa v primeru, ko je bila učilnica prazna. Povprečna vrednost CO₂ v prazni učilnici je bila 394 ppm, v polni učilnici pa 839 ppm. Če primerjamo povprečne vrednosti meritev, lahko opazimo, da je povprečje v učilnici, polni dijakov, več kot enkrat višje kot pa v prazni učilnici. Ker človeško telo v okolje izdihuje ogljikov dioksid, ki nastane kot produkt celičnega dihanja, se ta kopiči v zraku, v prostoru, zato se takrat koncentracija CO₂ bistveno poviša. Po prezračevanju prostora pride do izmenjave plinov, zato se zniža raven ogljikovega dioksida, poviša pa koncentracija ostalih prisotnih plinov v svežem zraku. Koncentracija ogljikovega dioksida v prazni učilnici je bila konstantna, saj ni bilo dejavnikov, ki bi lahko vplivali na spremembe. V učilnici ni bilo v času merjenja nikogar in prostora nihče ni zračil, kar pomeni, da je raven CO₂ ostala enaka celotnih 300 minut. Nobena od vrednosti ni presegla optimalne vrednosti koncentracije CO₂ v notranjih prostorih, ki znaša 400–1200 ppm.

Izmerjena koncentracija v prazni učilnici je znašala okoli 385 ppm, medtem ko je koncentracija CO₂ v sobi počasi naraščala. Vrednosti so se v sobi gibale med 469 ppm in 1171 ppm. Oba prostora sta bila v času izvajanja meritev neprezračena. Ker sem bila v času merjenja v sobi, je to vplivalo na povišanje koncentracije ogljikovega dioksida, saj sem k temu prispevala s proizvodanjem CO₂ pri dihanju. Soba pa je po površini tudi veliko manjši prostor od učilnice, zato se povišanje koncentracije hitreje opazi v manjšem prostoru, saj je v njem manjša količina zraka. [11]

5.2. ANALIZA REZULTATOV RAZLIČNIH TIPOV ZAŠČITNIH MASK

Če primerjamo povprečne vrednosti različnih tipov zaščitnih mask in tudi grafe opravljenih meritev, lahko ugotovimo, da izkazuje najvišje vrednosti zadržanega CO₂ medicinska zaščitna maska. To je razvidno tudi pri primerjavah povprečnih vrednosti. V primeru meritev v učilnici pri mlajši osebi, ko ta ni govorila, je povprečna vrednost koncentracije izdihanega CO₂ pod medicinsko zaščitno masko 40.323 ppm, vrednosti pod ostalima dvema uporabljenima zaščitnima maskama pa sta 20.756 ppm in 14.200 ppm. Prav tako sem prišla do enakih

ugotovitev pri opravljanju meritev pri starejši osebi – tako so meritve pod medicinsko masko v primeru, ko oseba ni govorila, dosegle povprečno vrednost 18.642 ppm, medtem ko sta bili vrednosti pod masko KN95 in masko iz blaga 8755 ppm in 9332 ppm. Zelo se ji približa zaščitna maska KN95, vendar ima v nekaterih primerih veliko nižje vrednosti. Precej manjšo vrednost meritev doseže pri mlajši osebi, ko ta ni govorila – takrat je bila izmerjena vrednost pod medicinsko masko 40.323 ppm, povprečje pod masko KN95 pa le 20.756 ppm. Prav tako se vidijo velike razlike pri izvajanju meritev s starejšo osebo. V primeru, ko je ta govorila, je bila povprečna vrednost pod medicinsko masko 11.564 ppm, vrednost pod masko KN95 pa 5771 ppm. Tudi ko starejša oseba ni govorila, je povprečje pri medicinski zaščitni maski več kot enkrat višje (18.642 ppm) od povprečja pri maski tipa KN95 (8755 ppm). Pridobila sem podatek, da imata oba tipa mask 95-% učinkovitost bakterijske filtracije, vendar sem v svoji raziskavi ugotovila, da večjo koncentracijo CO₂ zadrži medicinska zaščitna maska tipa BFE1. Če bi to masko nosila okužena oseba, bi bil prenos okužbe manj verjeten kot pri maski KN95. Svojo četrto zastavljeno hipotezo – *Medicinska obrazna maska tipa BFE1 in zaščitna maska tipa KN95 imata enako učinkovitost bakterijske filtracije, zato bodo izmerjene vrednosti koncentracije ogljikovega dioksida pod maskama primerljive* – sem tako morala ovreči. [5]

V rezultatih pri mlajši osebi sem ugotovila najnižje vrednosti izdihanega CO₂ pod masko iz blaga. V Grafih 6, 8 in 9 se krivulja te maske zelo približa meritvam maske KN95, ponekod jih tudi preseže, vendar ima zaščitna maska KN95 še vedno boljše rezultate in zadrži večjo koncentracijo CO₂, kar je razvidno tudi iz povprečne vrednosti. V obeh izvedbah meritev pri mlajši osebi, ko ta ni govorila, izmerjenih enkrat v učilnici in drugič v sobi, je bila povprečna vrednost CO₂ pod masko KN95 20.756 ppm in 17.601 ppm, medtem ko so znašale vrednosti pod masko iz blaga 14.200 ppm in 2033 ppm. Te sklepe sem ovrgla z meritvami pri starejši osebi. Tako je v primeru, ko starejša oseba ni govorila, povprečje koncentracije izdihanega ogljikovega dioksida pod masko KN95 8755 ppm, pod masko iz blaga pa je povprečna vrednost 9332 ppm. Ko je starejša oseba govorila, je znašalo povprečje pod masko tipa KN95 5771 ppm, pod masko iz blaga pa 7167 ppm. Na začetku raziskave sem pridobila podatek, da ima maska iz blaga 80-% učinkovitost bakterijske filtracije, torej najmanj od vseh treh mask, uporabljenih v raziskavi, maska tipa KN95 pa 95-%. Tako sem prvo zastavljeno hipotezo – *Koncentracija CO₂ bo najmanj narasla pri zaščitni maski iz blaga, saj ima ta najnižjo učinkovitost bakterijske filtracije* – potrdila le v svojem prvem delu raziskovanja. Po končanem izvajanju drugega dela, v katerem sem maske testirala na starejši osebi, sem hipotezo morala ovreči. [6]

5.3. ANALIZA REZULTATOV PRI MLAJŠI IN STAREJŠI OSEBI

Med seboj sem primerjala v sobi izmerjene vrednosti pri mlajši in starejši osebi, ko ti nista govorili. Ugotovila sem, da so bile vrednosti mlajše osebe višje samo pri nošenju maske KN95. Ker so bila izračunana povprečja veliko premajhna od normalnih vrednosti, sem to meritev izpustila iz analize, saj merjenje verjetno ni bilo najbolj natančno. Optimalnejše rezultate sem dobila pri izvajanju meritev v učilnici in jih primerjala z meritvami pri starejši osebi, ko ta ni govorila. Povprečja so bila pri vseh tipih mask višja pri mlajši osebi. Pri uporabi medicinske maske in maske tipa KN95 so bile povprečne vrednosti več kot enkrat višje pri meritvah, izvedenih z mlajšo osebo. V primeru meritev v učilnici, in sicer pri mlajši osebi, ko ta ni govorila, je bilo povprečje meritev pod medicinsko masko 40.323 ppm, povprečje meritev pri starejši osebi z medicinsko masko, ko ni govorila, pa je bilo le 18.642 ppm. Povprečna vrednost koncentracije izdihanega CO₂ pri mlajši osebi, in sicer pri maski tipa KN95, je bila 20.756 ppm, pri starejši osebi pa je bila povprečna vrednost v tem primeru 8755 ppm. Pod masko iz blaga je bilo povprečje pri mlajši osebi 14.200 ppm, pri starejši osebi pa le 9332 ppm. Tudi v izvedbah, ko sta osebi govorili, sem po primerjavi ugotovila enako. Pri starejši osebi so bile povprečne vrednosti koncentracije CO₂ pri določenem tipu maske veliko nižje od vrednosti pri mlajši osebi. Pod medicinsko masko je bilo pri mlajši osebi povprečje meritev 19.297 ppm, medtem ko je znašalo pri starejši 11.564 ppm. Pod zaščitno masko tipa KN95 je bilo pri mlajši osebi povprečje 13.254 ppm, pri starejši osebi pa 5771 ppm. In še pod masko iz blaga – v tem primeru je bilo povprečje pri mlajši osebi 13.929 ppm, medtem ko sem pri starejši izmerila 7167 ppm.

Ugotovila sem, da staranje res vpliva na spremembe pri dihanju, saj sčasoma tudi trebušna prepona, mišica, ki podpira naše dihanje, oslabi. Posledično ne vdihnemo več toliko zraka, zniža se raven kisika v telesu in tudi raven ogljikovega dioksida, ki ga izdihnemo. Tako sem svojo tretjo zastavljeno hipotezo – *Pri meritvah starejše osebe bodo koncentracije izdihanega ogljikovega dioksida nižje* – ob koncu raziskovanja potrdila. [12]

5.4. ANALIZA REZULTATOV PRI RAZLIČNIH AKTIVNOSTIH

Med seboj sem primerjala tudi rezultate, ki sem jih izmerila med govorjenjem, molčanjem in gibanjem pri mlajši osebi. Ko sem primerjala povprečne vrednosti, sem ugotovila, da je bila najvišja dosežena koncentracija izdihanega CO₂ pod vsemi tremi tipi mask med gibanjem. Povprečne vrednosti meritev so bile naslednje: 49.604 ppm pri uporabi medicinske zaščitne

maske, 41.386 ppm pri maski tipa KN95 in 19.691 ppm pri maski iz blaga. Vrednosti so pod vsemi tremi vrstami mask v določenem trenutku presegle celo 100.000 ppm. Ugotovila sem tudi, da so bile najnižje izmerjene koncentracije v primerih, ko sem govorila. Povprečje meritev koncentracije izdihanega ogljikovega dioksida med govorjenjem je bilo 19.297 ppm pod medicinsko masko, 13.254 ppm pod masko tipa KN95 in 13.929 ppm pod masko iz blaga. Na drugo mesto pa sem uvrstila rezultate meritev, ko nisem govorila. Povprečna vrednost izdihanega CO₂ pod medicinsko masko je bila 40.323 ppm, pod masko tipa KN95 20.756 ppm, pod masko iz blaga pa 14.200 ppm. Ko govorimo, namreč vdihnemo več že izdihanega ogljikovega dioksida, kar posledično pomeni, da se pod masko zadržuje manj CO₂.

Največ ogljikovega dioksida izdihamo med gibanjem, ker se med športno aktivnostjo pospeši dovajanje kisika mišicam, da lahko te učinkoviteje opravijo delo. V telesu se CO₂ ne kopiči, ampak se ga iz telesa sprosti več kot pri mirovanju. Tako sem lahko tudi drugo zastavljeno hipotezo – *Največ CO₂ se bo sprostilo iz telesa ob izvajanju športne aktivnosti* – potrdila. [11]

6 ZAKLJUČEK

Ogljikov dioksid je zelo pomembna spojina. Obkroža nas, četudi se tega zmeraj ne zavedamo. Njegova precej pomembna funkcija je, da nastane kot produkt celičnega dihanja in tako pripomore k procesu fotosinteze pri rastlinah. Eden izmed vzrokov naraščanja koncentracije ogljikovega dioksida v zraku smo mi sami, saj s svojim početjem prispevamo k pojavu tople grede. Koncentracije CO₂ se zadržujejo tudi pod zaščitnimi maskami. Kot zaščitna oprema pa so prav te včasih tudi zelo ovirajoče.

Meritve ogljikovega dioksida sem opravljala v učilnici, v svoji sobi in na hodniku, kjer sem merila koncentracijo CO₂ pod zaščitnimi maskami. Zanimale so me razlike v koncentraciji izdihanega ogljikovega dioksida pri različno starih osebah in tudi pri različnih aktivnostih. V raziskavo sem vključila tri tipe mask: medicinsko obrazno masko, zaščitno masko tipa KN95 in masko iz blaga. Med seboj sem najprej primerjala rezultate koncentracije CO₂ v različnih prostorih. Ugotovila sem, da je koncentracija konstantna, če v prostoru ni dejavnikov, ki bi vplivali na spremembo. Če pa so v prostoru ljudje, ki sproščajo iz telesa izdihani ogljikov dioksid, in če prostor zračimo, so to dejavniki, ki vplivajo na meritve. Tako je v neprezračeni sobi, v kateri sem bila celoten čas merjenja, koncentracija CO₂ postopoma naraščala. V učilnici, v kateri je potekal pouk, pa je se koncentracija spreminjala. Narasla je med uro, upadla pa med odmori, ko smo učilnico prezračili. Zato je pomembno in nujno potrebno, da se prostor po vsaki uri prezračijo, saj se lahko koncentracija CO₂ hitro približa ali celo preseže mejo ugodja (1000 ppm).

V svoji raziskavi sem primerjala razlike med tremi tipi zaščitnih mask. Ugotovila sem, da je najbolj primerna medicinska maska, saj ima največjo učinkovitost bakterijske filtracije in tako tudi zadrži največ ogljikovega dioksida. Poudariti pa je treba, da moramo maske nositi po navodilih, saj so uporabne le za določen čas.

Prvo hipotezo, in sicer da bo koncentracija ogljikovega dioksida najmanj narasla pod zaščitno masko iz blaga, saj ima ta najnižjo učinkovitost bakterijske filtracije, sem delno potrdila. Pri raziskovanju sem ugotovila, da je imela maska iz blaga najnižje rezultate le pri meritvah na mlajši osebi. Pri meritvah s starejšo osebo pa je dosegla maska iz blaga višje vrednosti koncentracije CO₂ kot zaščitna maska tipa KN95, čeprav ima ta večjo učinkovitost bakterijske filtracije.

Analizirala sem rezultate posameznih tipov mask pri določenih aktivnostih. Koncentracija ogljikovega dioksida je najbolj narasla med gibanjem, takrat namreč najhitreje dihamo in mišice

pri tem potrebujejo največ kisika, ki se nato v telesu pretvori v CO₂. Najmanj pa je koncentracija izdihanega ogljikovega dioksida narasla med govorjenjem, ker takrat vdihnemo več že izdihanega ogljikovega dioksida, posledično pa se ga manj zadržuje pod masko. Tako sem potrdila svojo drugo zastavljeno hipotezo, in sicer da se bo največ ogljikovega dioksida sprostilo iz telesa med izvajanjem športne aktivnosti.

V svoji raziskovalni nalogi sem potrdila tudi tretjo hipotezo, ki je predpostavljala, da bodo pri meritvah s starejšo osebo koncentracije izdihanega ogljikovega dioksida nižje. Ker s starostjo oslabijo organi in mišice, ki so ključni pri procesu dihanja, posledično v okolico sprostimo manj ogljikovega dioksida.

S četrto hipotezo sem predpostavila, da bosta imeli medicinska obrazna maska tipa BFE1 in zaščitna maska tipa KN95 primerljive vrednosti izmerjenih koncentracij ogljikovega dioksida, ker imata enako učinkovitost bakterijske filtracije. V raziskavi se je izkazalo, da je kljub njuni 95-% učinkovitosti bakterijske filtracije bolj primerna medicinska obrazna maska, saj je zadržala večjo koncentracijo izdihanega CO₂. Zato sem to hipotezo ob koncu raziskovanja ovrгла.

Pri izdelavi raziskovalne naloge in izvedbi eksperimenta sem se naučila veliko novega, pridobila pa sem tudi bogato znanje o zaščitnih maskah in o pomenu ogljikovega dioksida. Čeprav sem si pri raziskovanju odgovorila na uvodoma zastavljena vprašanja, sem spoznala, da bi lahko v prihodnje svojo raziskovalno nalogo razširila in vanjo vpeljala še več raziskovalnega dela ter metod. Pri tej raziskavi sem primerjala koncentracije izdihanega ogljikovega dioksida pri mladostniku in pri starejši osebi, v prihodnje pa bi lahko v raziskovanje vključila še več starostnih razredov. Prav tako bi lahko dodala bolj ali manj zahtevne športne aktivnosti. Možnosti za raziskovanje je neskončno, potrebni pa sta le motivacija ter želja po raziskovanju.

7 VIRI IN LITERATURA

1. *Vpogled v znanje o koronavirusu za slovensko javnost* [online], 2020. Institut »Jožef Stefan«. Pridobljeno 8. 1. 2021 na spletnem naslovu: <https://www.ijs.si/ijsw/Korona>.
2. *Pravilna uporaba zaščitnih mask* [online], 2020. Lotric.si. Pridobljeno 18. 12. 2020 na spletnem naslovu: <https://www.lotric.si/si/files/default/Lotric/novice/2020/Pravina%20uporaba%20za%C5%A1%C4%8Ditnih%20mask.pdf>.
3. *Kaj je CO₂ in zakaj so toplogredni plini resna grožnja?* [online], 2020. Varčujem z energijo. Pridobljeno 28. 11. 2020 na spletnem naslovu: <https://www.varcevanje-energije.si/ekoloska-zavest-cloveka/kaj-je-co2.html>.
4. *Splošna uporaba zaščitnih mask* [online], 2020. NIJZ, Nacionalni inštitut za javno zdravje. Pridobljeno 18. 12. 2020 na spletnem naslovu: <https://www.nijz.si/sl/splosna-uporaba-zascitnih-mask>.
5. *Medicinske maske za obraz, tip IIR* [online], 2020. PRIMA. Invalidsko podjetje. Pridobljeno 8. 1. 2021 na spletnem naslovu: <https://zascitne-maske.net>.
6. *Brezkompromisna zaščitna maska za obraz KN95* [online], 2020. Delo. Pridobljeno 8. 1. 2021 na spletnem naslovu: <https://www.delo.si/novice/slovenija/brezkompromisna-zascitna-mask-a-za-obraz-kg-95>.
7. *Zaščitna maska KN95* [online], 2021. FMED.EU. Pridobljeno 18. 12. 2020 na spletnem naslovu: <https://www.fmed.eu/trgovina/zascitna-mask-a-kg-95-sterilizirana-kg-95>.
8. *Kaj o maskah vedo na Institutu Jožef Stefan* [online], 2020. Delo. Pridobljeno 8. 1. 2021 na spletnem naslovu: <https://www.delo.si/magazin/zanimivosti/kaj-so-o-maskah-ugotovili-na-institutu-jozef-stefan>.
9. *Celično dihanje* [online]. LUTRA, Inštitut za ohranjanje naravne dediščine. Pridobljeno 8. 1. 2021 na spletnem naslovu: <https://izobrazevanje.lutra.si/celicno-dihanje.html>.

10. Williams, F., Brewer, D., Smith, T., Youngson, R. M., Jackson, A., Payne, F., in Sahota, P. *The Human Body*. London: Dorling Kindersley Limited, 1995.
11. *Why do you breathe?* [online], 2018. British Lung Foundation. Pridobljeno 16. 12. 2020 na spletnem naslovu: <https://www.blf.org.uk/support-for-you/how-your-lungs-work/why-do-we-breathe>.
12. *Aging changes in the lungs* [online]. Medline Plus. Pridobljeno 16. 12. 2020 na spletnem naslovu: <https://medlineplus.gov/ency/article/004011.htm>.
13. *Carbon Dioxide* [online], 2020. NASA. Global climate change. Pridobljeno 8. 1. 2021 na spletnem naslovu: <https://climate.nasa.gov/vital-signs/carbon-dioxide>.
14. *Za boljši zrak v učilnicah in pisarnah – prikazovalniki CO₂* [online]. Elpro. Pridobljeno 8. 1. 2021 na spletnem naslovu: [https://www.elpro.si/tag/merjenje-koncentracije-CO₂](https://www.elpro.si/tag/merjenje-koncentracije-CO2).
15. *CO₂ Gas Sensor User Manual* [online]. Vernier. Pridobljeno 14. 1. 2021 na spletnem naslovu: <https://www.vernier.com/manuals/co2-bta>.