

Analýza šírenia koronavírusu vo vzdelávacích inštitúciách

Zhanar S. Moldabayeva¹, Peter Procházka²

Abstrakt

Článok sa zaoberá šírením koronavírusu v uzavretých priestoroch. Skúmal sa vplyv hladiny oxidu uhličitého, teploty a vlhkosti vzduchu na šírenie koronavírusu. Počas štúdie sa uskutočnili merania oxidu uhličitého, teploty a vlhkosti vzduchu v rôznych častiach budovy a ukázalo sa, že najnebezpečnejšia je výťahová kabína. Vykonala sa štúdia spôsobov zníženia hladiny oxidu uhličitého a aplikovala sa germicídna lampa. Vypracovala sa schéma zariadenia použiteľného na dezinfekciu priestorov. Vykonalo sa praktické použitie germicídneho žiariča, ktoré preukázalo jej účinnosť a viedlo k zníženiu hladiny oxidu uhličitého.

Kľúčové slová

koronavírus, oxid_uhličitý, teplota, vlhkosť, germicídny žiarič, Arduino

Abstract

The article deals with the spread of coronavirus in closed rooms. The influence of carbon dioxide levels, temperature, and air humidity on the spread of coronavirus has been studied. During the study, measurements of carbon dioxide, temperature and humidity were made in different parts of the building and it was revealed that the elevator room is the most dangerous. A study of ways to reduce the level of carbon dioxide was conducted and the use of a bactericidal lamp was chosen. A schematic diagram of a device designed for disinfection of premises has been developed. The practical use of a bactericidal lamp was carried out, which showed its effectiveness and led to a decrease in the level of carbon dioxide.

Key words

coronavirus, carbon_dioxide, temperature, humidity, bactericidal_lamp, Arduino.

JEL classification

I1

1 Úvod

Pandémia koronavírusu, ktorá zúrila po celom svete, bohužiaľ neobišla ani naše krajiny. Prijali sa početné hygienické a protiepidemické opatrenia, aby sa zabránilo šíreniu infekcie.

Pri návšteve verejných miest bolo potrebné nosiť masky, dodržiavať odstupy a používať antiseptiká. V Kazachstane stredné a vysoké školy zaviedli podmienku 100 % očkovania učiteľov a zamestnancov, každodenný ranný filter všetkých zamestnancov a študentov, zákaz hromadných podujatí, sprísnenie kontroly organizácie stravovania v jedálňach atď. Na Slovensku to bolo veľmi podobné. Na Eurázijskej národnej univerzite, ako aj na Ekonomickej

¹ Euroázijská národná univerzita. L.N. Gumilyov, katedra Počítačového a softvérového inžinierstva, Sauran 14, apt. 31, c. Nur-Sultan, Kazašská republika, e-mail: zh.moldabaeva@gmail.com

² Ekonomická univerzita v Bratislave, Fakulta hospodárskej informatiky, Katedra aplikovanej informatiky, Bratislava, Slovensko, peter.prochazka@euba.sk

univerzite v Bratislave sa prednášky konali väčšinou formou dištančného vzdelávania, neskôr v súlade s pravidlami pre prezenčnú formu s odstupmi a maskami.

Napriek prijatým opatreniam sa však koronavírus naďalej šírila a často spôsoboval vážne následky. Strata ľudí, s ktorými pracujeme, sa znáša obzvlášť ťažko. Ako dôkaz môžeme uviesť smutné štatistiky. Katedra informatiky a softvérového inžinierstva Eurázijskej národnej univerzity, ku ktorej patrí jeden z autorov, utrpela značné straty. Z 15 ľudí 10 ochorelo na koronavírus, 6 z nich bolo hospitalizovaných v kritickom stave a 3 ľudia zomreli. Okrem pedagogických pracovníkov sa veľké percento ochorenia vyskytovalo aj medzi študentmi, ale našťastie vďaka svojmu mladému veku znášali ochorenie lepšie a počet komplikácií bol oveľa nižší.

2 Materiály a metódy

Vysoký výskyt vírusu medzi ľuďmi navštevujúcimi tú istú budovu nás podnietil k tomu, aby sme preskúmali príčiny vysokého výskytu vírusu a hľadali príčiny jeho šírenia. S týmto cieľom sme uskutočnili štúdiu prioritne na 8. poschodí v priestoroch katedry informačných technológií. Po analýze nasledujúcich zdrojov (Marziali, 2021), (Terzic-Supic, 2021), (Baloch, 2019) sme dospeli k záveru, že najväčší vplyv na šírenie vírusu mali tieto faktory:

(a) Teplota - V štúdiu Marzialiho (Marziali, 2021) sa zistilo, že koronavírus sa lepšie prenáša pri nízkych teplotách, od 8 °C do 18 °C. Akonáhle teplota dosiahla 20 °C, jeho aktivita okamžite klesla. Pri 30 °C bola miera infekcie nulová.

b) Vlhkosť vzduchu - koronavírus je najaktívnejší pri relatívne nízkej vlhkosti vzduchu medzi 35 a 50 %. (Terzic-Supic, 2021)

c) CO₂ - index oxidu uhličitého vo vzduchu. Hladina CO₂ v školských triedach v rozsahu 350-700 ppm sa považuje odborníkmi za zdravotne vhodnú. (Baloch, 2019) Vyššia koncentrácia do 1200 ppm CO₂ vo vzduchu znamená maximálnu akceptovateľnú hladinu. Nad touto hladinou už hovoríme o nedostatku čistého vzduchu, čo môže viesť k rôznym zdravotným ťažkostiam a k zvýšenému riziku výskytu koronavírusov (Csobod et al., 2014).

Na monitorovanie uvedených faktorov sme sa rozhodli merať tieto parametre v rôznych častiach budovy. Keďže Mukanova poukazuje na vplyv plynov na ľudskú činnosť (Mukanova, 2021), rozhodli sme sa okrem hlavných faktorov merať aj formaldehyd (HCHO), prchavé organické zlúčeniny (TVOC), oxid uhoľnatý (CO), metán (CH₄) a kyslík (O₂). Na tieto merania sme použili tieto zariadenia: teplomer-vlhkomer, detektor oxidu uhličitého.

Na meranie teploty a vlhkosti sme použili teplomer s externou sondou a vlhkomerom, ktorý meria vlhkosť a teplotu vzduchu s vysokou presnosťou. Zariadenie má vnútornú pamäť a môže ukladať maximálne a minimálne hodnoty vlhkosti a teploty.

Obr. 1: Teplomer s externou sondou a vlhkomerom



Zdroj: <https://www.priceorcan.sk/verk-01763-meteorologicka-stanica>

Na meranie hladiny oxidu uhličitého CO₂, oxidu uhoľnatého CO, metánu CH₄ a kyslíka O₂ sme použili detektor Bosean k-600, ktorý má vysoko citlivý snímač a zabudované čerpadlo na diagnostiku hladiny uvedených plynov vo vzduchu. Pri prekročení prahovej hodnoty CO₂ detektor vydá zvukový signál a na bočných paneloch sa rozsvietia výstražné svetlá.

Obr. 2: Bosean K-600 multiplynový monitor vzduchu vrátane oxidu uhličitého



Zdroj: Vlastné spracovanie

Tester vzduchu sme používali na meranie HCHO (formaldehydu) a TVOC (prchavých organických zlúčenín), čo umožnilo rýchlo a presne stanoviť obsah uvedených plynov vo vzduchu.

Obr. 3: Detektor HCHO a TVOC

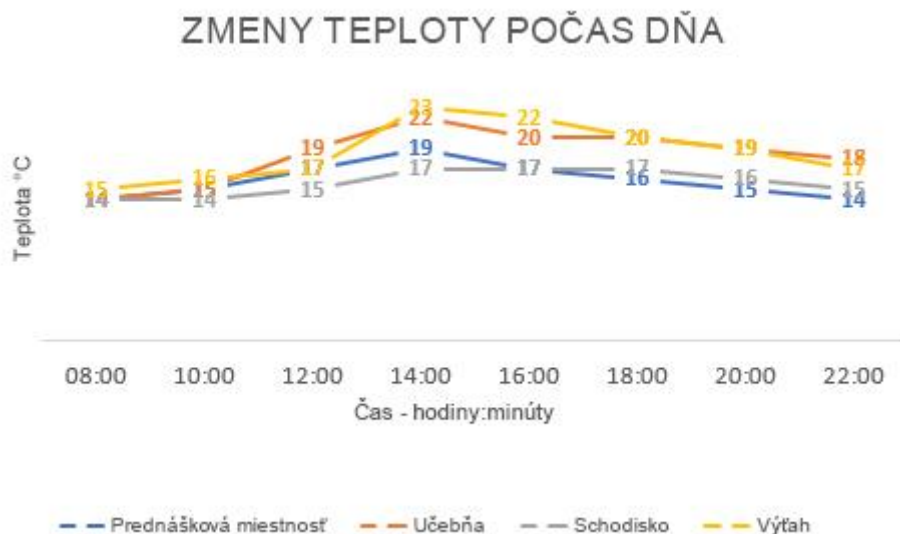


Zdroj: <https://www.aliexpress.com/item/32737200153.html>

3 Výsledky

Po výbere potrebných zariadení sme zmerali mikroklimu v rôznych častiach budovy, najmä prednáškové miestnosti (približne 100 m²), učebne (približne 30 m²), schodisko na jedno poschodie (približne 8 m²) a výt'ah (približne 2 m²). Merania sme uskutočnili od 8:00 do 22:00 v dvojhodinových intervaloch. Výsledky meraní sa zaznamenali do tabuľky a následne sa previedli do grafickej podoby.)

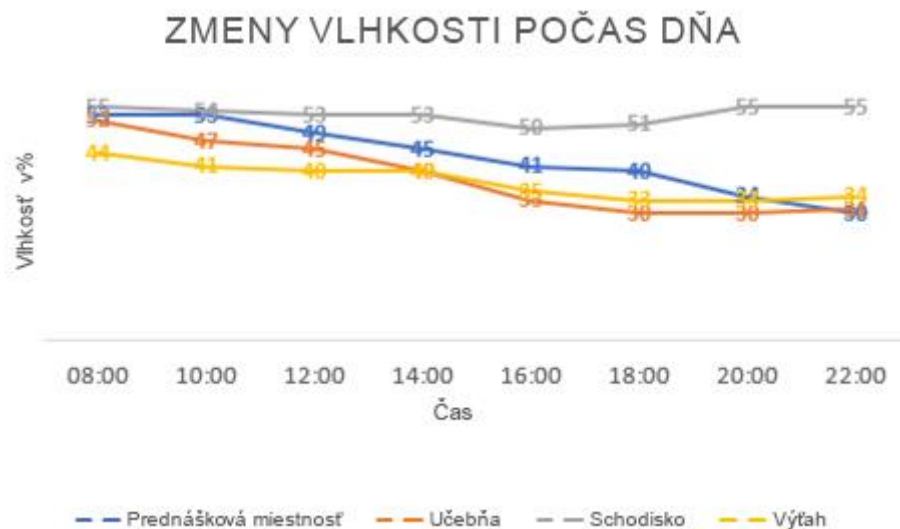
Obr. 4: Zmeny teploty počas dňa



Zdroj: Vlastné spracovanie

Prvým posudzovaným parametrom bola teplota, ako je vidieť z grafu, počas dňa sa teplota vo všetkých miestnostiach zvýšila a večer došlo znova k poklesu teploty. Okrem toho sa rozsah teplotných zmien čiastočne zhodoval s teplotou, ktorá je priaznivá pre šírenie koronavírusu +8-+18 °C

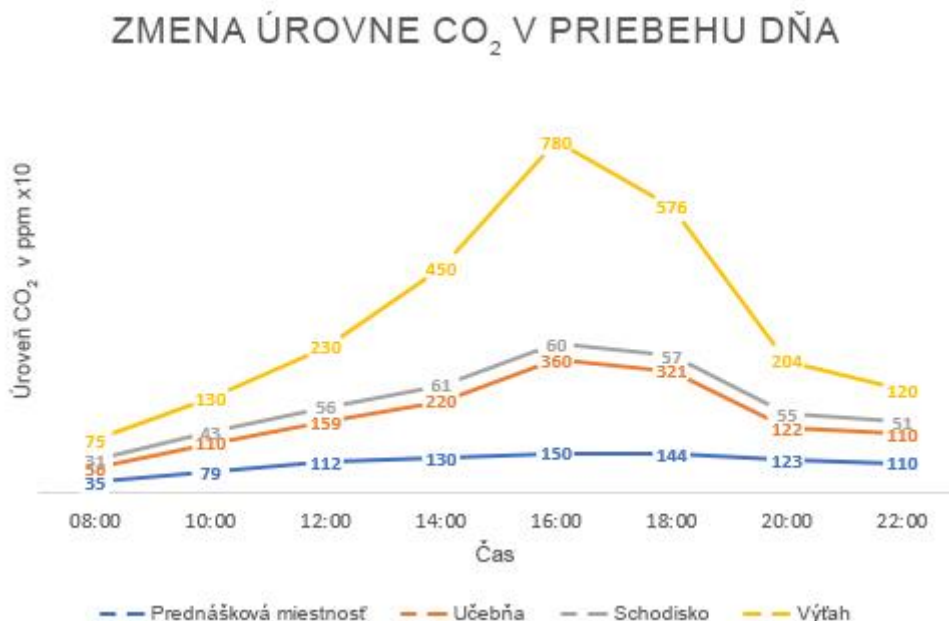
Obr. 5: Zmeny vlhkosti počas dňa



Zdroj: Vlastné spracovanie

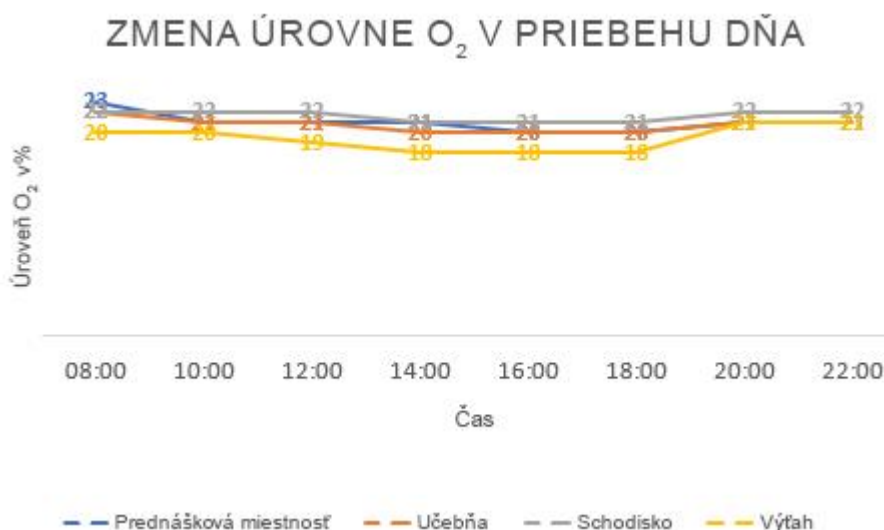
Ďalší parameter - vlhkosť - vykazoval nízke hodnoty, čo bolo spôsobené temperovaním miestností a slabým vetraním priestorov. V priebehu dňa sa postupne znižovali aj hodnoty vlhkosti vo všetkých miestnostiach s výnimkou schodísk, kde vlhkosť zostala stabilná. Ako vidieť z obrázku 5, takmer všetky uvedené hodnoty sú priaznivé pre šírenie koronavírusu, t. j. v rozmedzí 35 - 50 %.

Obr. 6: Zmeny úrovne CO₂ počas dňa



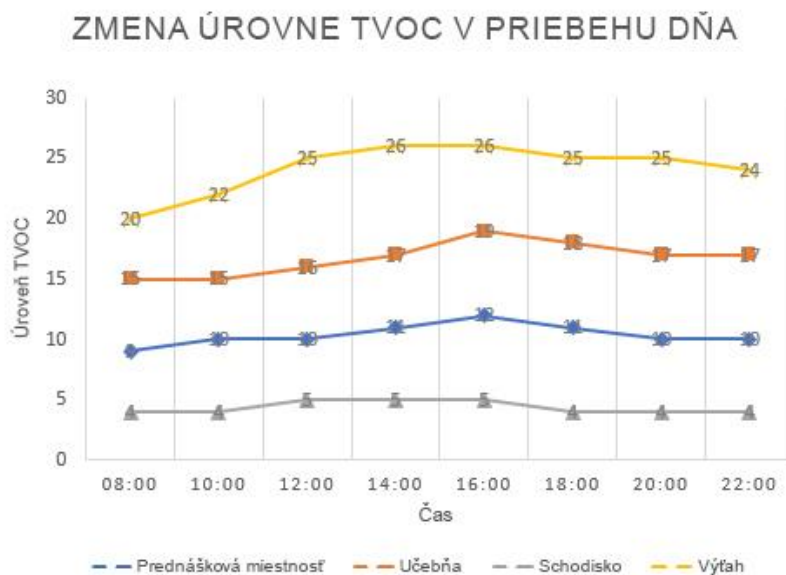
Najpozoruhodnejšie boli výsledky meraní obsah oxidu uhličitého vo vzduchu. Prakticky vo všetkých miestnostiach sa počas dňa zvýšil obsah CO₂, najvýraznejšie vo výťahovej kabíne, kde pri intenzívnej prevádzke senzor vykazoval hodnotu 7800 ppm, čo je mierne nad odporúčanou hodnotou (Csobod et al., 2014), čo je pre ľudskú činnosť neprijemné a môže prispieť k šíreniu vírusu. Tento skok sa dá vysvetliť malým priestorom výťahu a veľkým počtom ľudí v ňom (5-8 ľudí naraz), keďže v snahe neprísť neskoro na hodinu študenti často zanedbávali sociálnu vzdialenosť a vzdialenosť medzi ľuďmi sotva presahovala 20 cm.

Obr. 7: Zmeny úrovne O₂ počas dňa



Popri veľkých rozdieloch v hodnotách oxidu uhličitého sa vyskytli výkyvy aj v hodnotách kyslíka, ktoré však boli nevýznamné. Boli však nepriamo úmerné obsahu CO₂.

Obr. 8: Zmeny úrovne TVOC počas dňa



Zdroj: Vlastné spracovanie

Do úvahy sa brali aj údaje zo senzorov prchavých organických zlúčenín TVOC. Najvyššia koncentrácia bola zaznamenaná v najviac uzavretej a nevetranej miestnosti, vo výťahu, a najnižšia v dobre vetranej miestnosti. Tento parameter je dôležitý, pretože koronavírus môže medzi organickými zlúčeninami prežívať.

Okrem uvedených parametrov sa meral aj formaldehyd, HCHO, oxid uhoľnatý (CO) a metán, CH₄. Obsah týchto pre človeka nebezpečných plynov sa však našťastie prakticky blížil k nule. Preto sme sa rozhodli tieto parametre nezahrnúť do ďalšej analýzy.

4 Diskusia

Z uvedených výsledkov vyplýva, že kombinácia parametrov - priaznivá teplota, vlhkosť, úroveň oxidu uhličitého a znížená kvalita ovzdušia vedie k riziku šírenia koronavírusovej nákazy hlavne v malých priestoroch, najmä vo výťahu.

Ak chceme tento problém vyriešiť je nevyhnutná účinná dekontaminácia. V štúdiách (Atanov, 2012) a (Seitbattalov, 2021) sa navrhuje použitie germicídnej lampy s kremenným sklom na ošetrovanie miestnosti. Toto svietidlo možno použiť v miestnostiach, kde sa nenachádzajú ľudia alebo iné živé organizmy, ako zvieratá či izbové rastliny. Zvyčajne sú tieto priestory určené na lekárske účely - miestnosti na liečbu zápalových ochorení, sanitárne a zdravotnícke strediská.

Obr. 9: Germicídna lampa s kremenným sklom

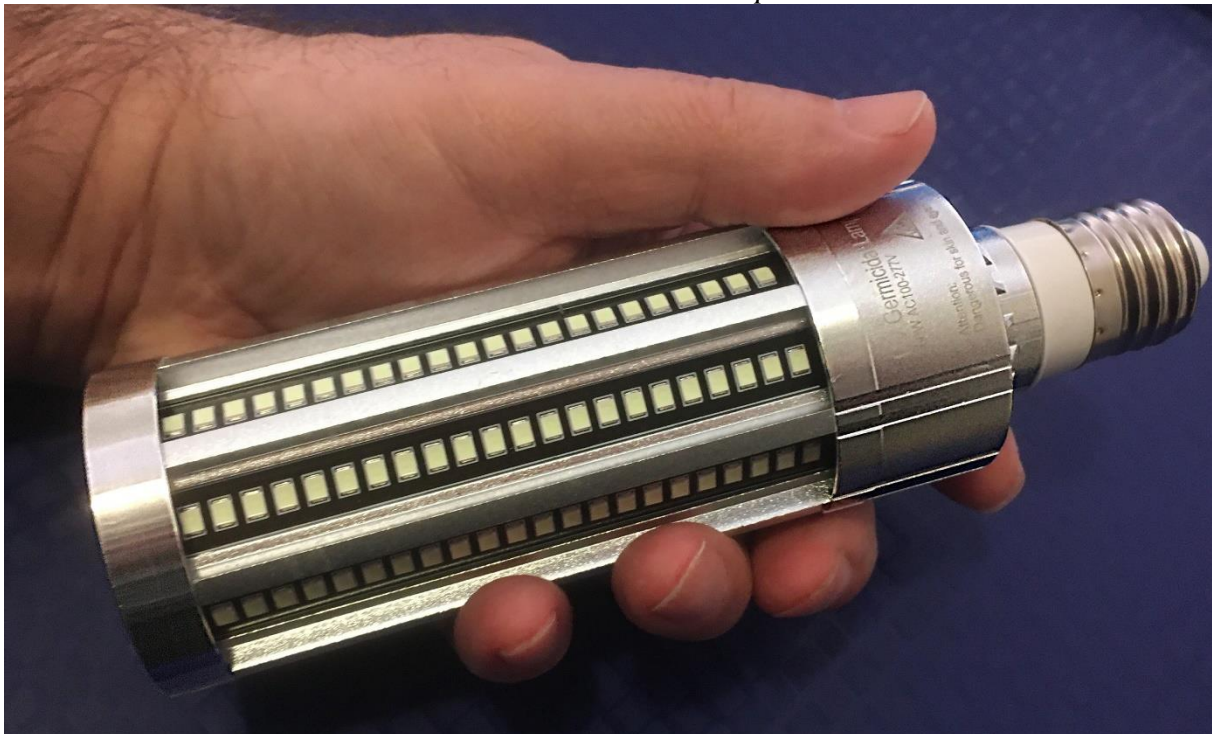


Zdroj: <https://lightech.sk/sluzby/uvc-dezinfekcia/>

Germicídna lampa s kremenným sklom má žiarivku vyrobenú z kremenného skla, cez ktoré UV-C žiarenie bez problémov prechádza, pričom sa produkuje nezanedbateľné množstvo ozónu, ktorý má výrazný negatívny vplyv na ľudský organizmus. Keďže v testovaných miestnostiach sa pravidelne nachádzali ľudia, nebolo možné takúto lampu použiť. Okrem toho sú tieto lampy pomerne veľké a teda pre naše účely nevhodné.

Alternatívou ku germicídnej lampe s kremenného skla je germicídna UVC LED lampa. Konštrukcia baktericídnej lampy pozostáva z SMD LED ktoré vyžarujú svetlo o vlnovej dĺžke 185 nm. Po použití takejto lampy preto nie je potrebné vetrať miestnosť. UV-C lampy nevytvárajú pri žiarení ozón a preto sa označujú aj ako "bezozónové" lampy.

Obr. 10: Bezozónová lampa

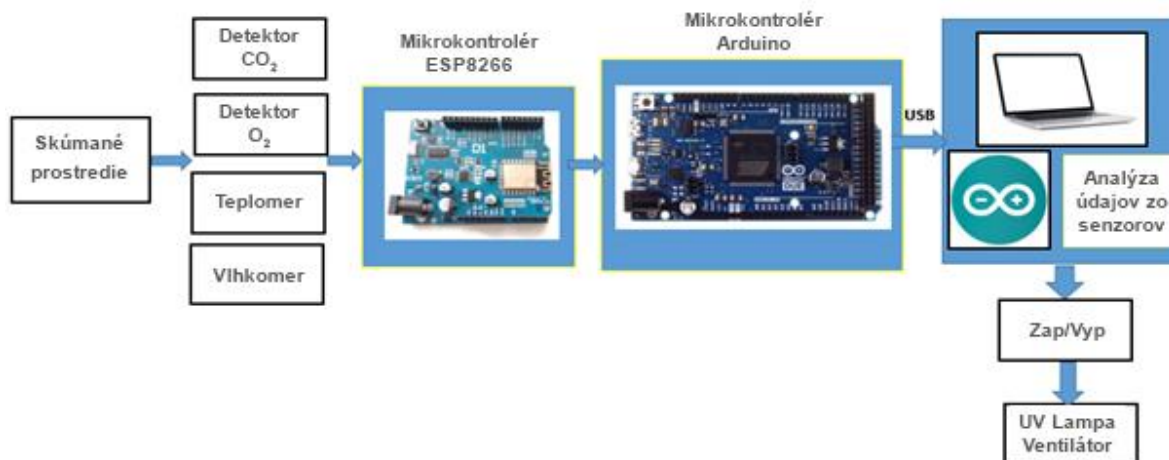


Zdroj: <https://www.aliexpress.com/>

Po preštudovaní kontrolných systémov, ktoré boli preskúvané v prácach (Seitbattalov, 2021) a (Baimukhamedov, 2019), sme dospeli k záveru, že najlepším riešením v tejto situácii by bolo použiť germicídnu UVC LED lampu, pretože je pohodlnejšia a bezpečnejšia na používanie, nakoľko existujú aj ľahké prenosné zariadenia na manuálnu dekontamináciu.

Na dezinfekciu miestnosti sme navrhli zariadenie, ktoré ošetruje miestnosť kombináciou faktorov získaných zo senzorov. Tejto problematike sa venovali aj Jurík a kolektív (JURÍK et al., 2021). Schéma zariadenia je znázornená na nasledujúcom obrázku.

Obr. 11: Schéma zapojenia jednotky

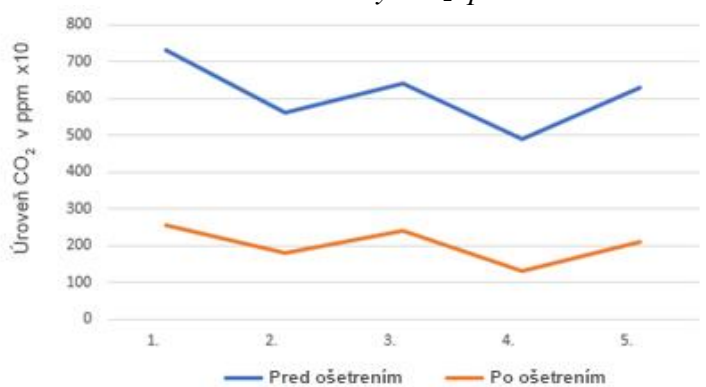


Zdroj: Vlastné spracovanie

V tomto prípade je testovaným prostredím vzduch, ktorý sa analyzuje teplomerom, vlhkomerom a detektorom CO₂ a O₂. Získané údaje sa prenášajú cez WIFI z mikrokontroléra ESP8266 a analyzujú sa pomocou programu napísaného v prostredí Arduino IDE. Program porovná údaje prijaté zo snímačov s kritickými údajmi analyzovanými vyššie a usúdi, či je potrebné čistenie vzduchu v miestnosti. Ak je takéto ošetrenie potrebné, systém vydá zvukový signál a zapne nepriamo vyžarujúci UVC žiarič, ktorý má zabudovaný ventilátor potrebný na cirkuláciu vzduchu.

Za účelom overenia navrhnutého riešenia sme uskutočnili test na katedre aplikovanej informatiky. Model bol nainštalovaný na sekretariáte a používal sa 10 dní. Počas testu bolo zaznamenaných 5 prekročení prípustnej hladiny CO₂. Po ošetrení miestnosti UV žiarením sa merania CO₂ zopakovali. Získané údaje sú znázornené na obrázku 12.

Obr. 12: Zmena hladiny CO₂ po ošetrení



Zdroj: Vlastné spracovanie

5 Záver

Počas našej štúdie sme dospeli k nasledujúcim záverom. Na šírenie koronavírusu má veľký vplyv hladina oxidu uhličitého, teplota a vlhkosť. Vo vnútorných priestoroch - v budove pre vzdelávanie - však zostáva teplota a vlhkosť stabilná, preto sa osobitný dôraz kladie na zmeny hladiny oxidu uhličitého. Nami realizované merania sa zamerali na hladiny oxidu

uhlíčitého v rôznych častiach budovy a zistili sme, že najväčšie riziko predstavuje kabína výťahu.

Skúmali sme spôsoby zníženia hladiny oxidu uhličitého a zvolili sme použitie UVC LED germicídnej lampy, resp. jej profesionálnu verziu vo forme nepriameho germicídneho žiariča. Praktické používanie nepriameho germicídneho žiariča sa ukázalo ako účinné a viedlo k zníženiu hladiny oxidu uhličitého a tým aj k zhoršeniu prenosových podmienok pre rôzne patogény vrátane koronavírusu. Preto odporúčame do kabín výťahov nainštalovať nepriamy germicídny žiarič, ktorý môže veľmi účinne dekontaminovať kabínu výťahu a tým účinne obmedziť prenášanie patogénov.

Literatúra

- [1] Atanov, S. K. (2012) Algorithms of indistinct logic in systems with microcontroller management, *Phil. Trans. Roy. Soc. London*, vol. A247, 529–551
- [2] Baimukhamedov, M.F., Moldamurat, K., Akgul, M.K. (2019). Optimal control model of the automobile transport, *Transport Means - Proceedings of the International Conferencet*, 1312–1316
- [3] Baloch, S., Baloch, M. A., Zheng, T., & Pei, X. (2020). The coronavirus disease 2019 (covid-19) pandemic. *The Tohoku Journal of Experimental Medicine*, 250(4), 271–278. <https://doi.org/10.1620/tjem.250.271>
- [4] Csobod, E., Annesi-Maesano, I., Career, P., & Kephelopoulos, S. (2014, October). *SINPHONIE (Schools Indoor Pollution and Health Observatory Network in Europe): Executive Summary of the Final Report*. Retrieved October 23, 2022, from https://www.researchgate.net/publication/271473923_SINPHONIE_Schools_Indoor_Pollution_and_Health_Observatory_Network_in_Europe_Executive_Summary_of_the_Final_Report
- [5] Jurík, P., Schmidt, P., & Kultán, J. (2021). Optimization of sensor network topology using multiple criteria. *Studies in Informatics and Control*, 30(2), 101–110. <https://doi.org/10.24846/v30i2y202109>
- [6] Marzialí, M. E., Hogg, R. S., Oduwolé, O. A., & Card, K. G. (2021). Predictors of covid-19 testing rates: A cross-country comparison. *International Journal of Infectious Diseases*, 104, 370–372. <https://doi.org/10.1016/j.ijid.2020.12.083>
- [7] Mukanova, Z., Atanov, S., Jamshidi, M. (2021). Features of Hardware and Software Smoothing of Experimental Data of Gas Sensors SIST 2021 - 2021 IEEE International Conference on Smart Information Systems and Technologies, 9465981
- [8] Seitbattalov, Z.Y., Atanov, S.K., Moldabayeva, Z.S. (2021). An Intelligent Decision Support System for Aircraft Landing Based on the Runway Surface SIST 2021 - 2021 IEEE International Conference on Smart Information Systems and Technologies, 9466000
- [9] Terzic-Supic, Z., Todorovic, J., Bajcetic, M., Jankovic, J., Santric-Milicevic, M., Stamenkovic, Z., Djikanovic, B., Mandic-Rajcevic, S., Piperac, P., Jovic-Vranes, A., & Matejic, B. (2021). Knowledge, attitudes and practices and fear of covid-19 among medical students in Serbia. *The Journal of Infection in Developing Countries*, 15(06), 773–779. <https://doi.org/10.3855/jidc.14298>