

Technická zpráva

Jednotka pro měření TVOC a eCO₂ v uzavřeném prostoru

Autoři: Ing. Kamila Kempná, Ing. Jan Smolka, Ing. Kamil Kempný,
prof. RNDr. Pavel Danihelka, CSc.

Adresa: Výzkumný ústav bezpečnosti práce, v.v.i., Jeruzalémská 1283/9, 110 00 Praha 1

CZ název: Jednotka pro měření TVOC a eCO₂ v uzavřeném prostoru

EN Name: The unit for measuring TVOC and eCO₂ in enclosed area

Klíčová slova: VOC, CO₂, internet věcí

Key words: VOC, CO₂, internet of things



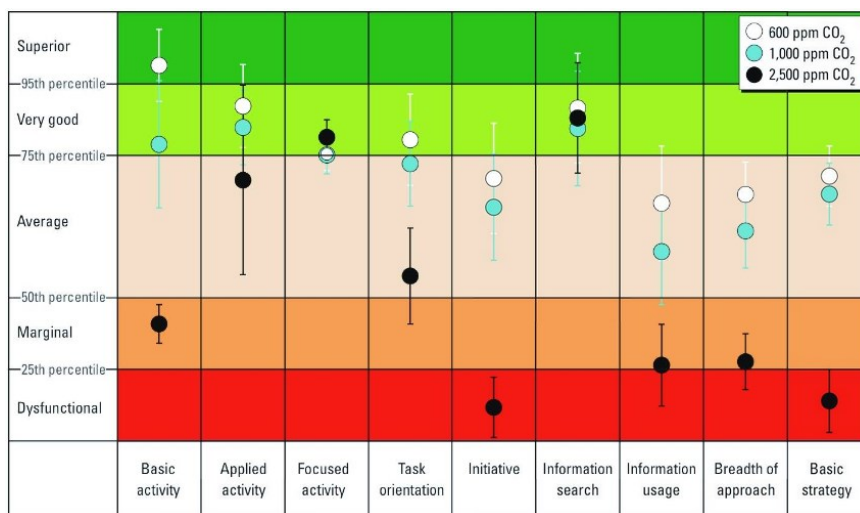
©2022

Tento výsledek byl finančně podpořen z institucionální podpory na dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace na léta 2018–2022 a je součástí výzkumného úkolu **BOZP v transformující se společnosti**, řešeného Výzkumným ústavem bezpečnosti práce, v. v. i., v letech 2022–2024.

Popis

S ohledem na energetickou krizi, řada osob a domácností je nucena přejít k úsporným opatřením a využívat alternativní způsoby vytápění. Mezi tato vytápění mohou být i plynové krby, používající propan-butan / propan. Tato zařízení bývají také využívána na různých pracovištích jako dočasné nebo improvizované vytápění. Užívání těchto spotřebičů způsobuje nárůst oxidu uhličitého, nebo tzv. Volatile Organic Compounds a případně může dojít i k tvorbě dalších nebezpečných látek ve špatně větraných prostorech. Z tohoto důvodu je nutné pravidelné větrání v prostoru tak, aby nedošlo ohrožení zdraví.

Vliv CO₂ při různých úrovních na zdraví a pozornost osob znázorňuje Obr. 1.



Obr. 1 – Vliv CO₂ na výkonost¹

Další složkou, která má vliv na zdraví je tzv. VOC.

Level	Hygienic Rating	Recommendation	TVOC [mg/m ³]	TVOC [ppb] ⁸
5 Unhealthy	Situation not acceptable	Intense ventilation necessary	10-25	2200 - 5500
4 Poor	Major objections	Intensified ventilation/ airing necessary	3-10	660 - 2200
3 Moderate	Some objections	Intensified ventilation recommended	1-3	220 - 660
2 Good	No relevant objections	Ventilation/airing recommended	>0.3-1	65 - 220
1 Excellent	No objections	Target value	<0.3	0 - 65

Obr. 2 – Úroveň TVOC a potřeba větrání²

¹ Satish U, Mendell MJ, Shekhar K, Hotchi T, Sullivan D, Streufert S, Fisk WJ. Is CO₂ an indoor pollutant? Direct effects of low-to-moderate CO₂ concentrations on human decision-making performance. Environ Health Perspect. 2012 Dec;120(12):1671-7. doi: 10.1289/ehp.1104789. Epub 2012 Sep 20. PMID: 23008272; PMCID: PMC3548274.

² Total Volatile Organic Compounds (TVOC) and Indoor Air Quality (IAQ), 2019.

Výše zmíněné bylo motivací vytvořit měřící jednotku, která je relativně levná, snadno dostupná a je možné ji využít k monitorování vnitřního prostředí, a v případě potřeby upozorní na nutnost větrání. Tím se zvyšuje komfort osob v tomto prostoru a zvyšuje ochrana zdraví při práci. Díky platformě IoT je možné monitorovat více místností, pracovišť, objektů, a to nejen za účelem měření VOC nebo CO₂.

Výrobní postup

Tento funkční vzorek je sestaven ze základních komponentů využívaných pro prototypování open-source technologií jako např. Raspberry nebo Arduino. Jednotka má možnost připojení se na WI-FI, LoRa nebo Bluetooth. Komponenty pro sestavu jsou shrnuty níže a na Obr. 3.

Mikrokontroler:

- LilyGO TTGO LoRa32 T3_V1.6 868Mhz 0.96" SMA WiFi Modul

Sensory:

- DHT22 (Měření okolní teploty)
- Senzor kvality ovzduší, teploty, tlaku a vlhkosti CCS811+SI7021+BMP280 I2C

Napájení:

- Li-Pol 1 000 mAh



Obr. 3 – Použité komponenty

Princip funkce

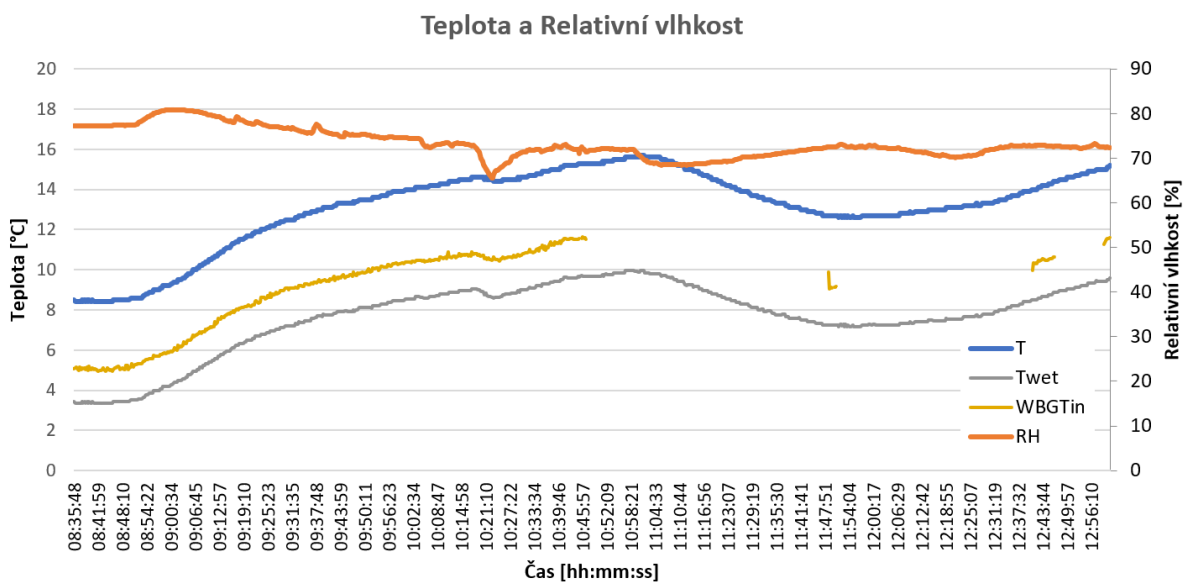
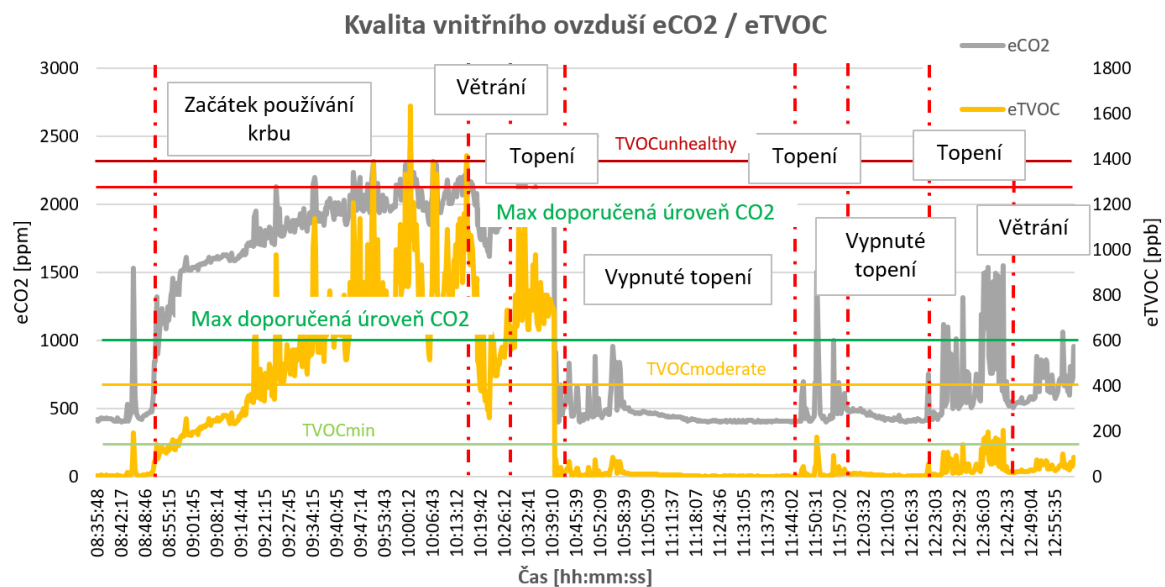
V rámci aplikace této měřící stanice je monitorována teplota a relativní vlhkost prostředí skrze DHT22 a dále eTVOC a eCO₂ skrze elektrochemický sensor CCS811 pomocí digitálního MOX senzoru plynů. Měřící stanice je naprogramována v rámci Arduino a připojena na cloudový systém ThingSpeak od MathWorks Inc. skrze Wi-Fi síť. jednotku je možné samozřejmě připojit i na jiné platformy. Měřená data jsou posílána na cloudové úložiště, kde jsou tato data vizualizována. Data jsou zde ukládána. Tím je zajištěna možnost dlouhodobé monitorování prostředí a sdílení s dalšími uživateli, zaměstnanci apod, viz Obr. 4.



Obr. 4: Propojení jednotky s ThingSpeak

Využitelnost

Zařízení bylo testováno v prostoru 5 m x 5 m x 3 m s plynovým krbem využívající propan-butan jako palivo. Na Obr. 5 je možné vidět vliv větrání, na teplotu prostředí, TVOC i CO₂. Při využití měřící stanice, je následně možné sledovat efektivitu větrání na snížení zplodin hoření v prostoru a teplotní komfort v prostoru. Využití podobné stanice je možné k monitorování úrovně zmíněných hodnot za účelem zvýšení komfortu prostředí a ochrany zdraví. S tím souvisí také zvýšení efektivity a pozornosti osob.



Obr. 5: Měření CO₂ a VOC v prostoru, kde byl užíván plynový krb