



LOW-COST Senzory – Levnější + rychlejší = lepší?

Nízkonákladové senzory kvality ovzduší

- Cenově dostupné
- Rozměrově malé a přenosné
- Jednoduše použitelné a obsluhovatelné
- Online
- Kontinuální
- Různé parametry

Historie

Historicky první (bio)senzor – na jedno použití



Historie

- Armáda a vojenské účely:
 - Iniciační tlakový systém v nášlapných minách
 - Radar a sonar
 - Hlukové senzory v torpédách
 - Radiační senzory
- Běžný život:
 - Začínalo se regulačními a havarijními senzory ve výrobě
 - Mikroklima

Současnost

- Tlak, teplota a vlhkost
- Proudění vzduchu
- Částice
- Chemické látky
- Pachově postižitelné látky

Samostatná čidla

- Selektivita a citlivost
- Rozsah
- Rychlost odezvy
- Zapojení
- Spotřeba
- Komunikace
- Rušivé vlivy

Čidla dle užití

- Venkovní x vnitřní x pracovní prostředí
- Regulované prostředí x neregulované prostředí
- Fyzikální faktory x elektrochemické vlastnosti (vč. hluku, osvětlení, proudění a pohybu)
- Jednotlivé analyty x skupina látek x vlastnost prostředí

Čidla dle principu

- Vzorkovače
- Fyzikální principy - optické metody (rozptyl, NDIR, IR)
- Fotoionizační detektor - PID
- Elektrochemické metody (EC, MOS)
 - Ampérometrické x potenciometrické x konduktometrické x kapacitní

Optické čítače částic

- Rozptyl světla při průchodu vzorkem x na jedné částici
 - Laser x LED dioda
 - Cena 25 – 400 €
- + Velmi rychlá odezva (s), různé frakce, citlivost (do 2,5 μm)
- Převod z počtu na hmotnostní koncentraci, ovlivnění vlastnostmi částice

NDIR, IR

- Absorpce IR
 - CO, CO₂
 - Od 100 €
- + Dobrá citlivost, selektivita, rychlá odezva, životnost, spotřeba
- Citlivý na teplotu, vlhkost a tlak

Fotoionizační detektor - PID

- Měří se elektrický náboj vzniklý při ionizaci plynu
 - VOC
 - Okolo 400 €
- + Nízká závislost na teplotě a vlhkosti, rychlá odezva, citlivost
- Neselektivní, vysoká mez detekce, spotřeba, linearita, drift, údržba

Elektrochemické cely - EC

- Elektrochemická reakce mezi plynem a elektrolytem
- Tekutý x tuhý elektrolyt (ZrO_2)
- NO_2 , SO_2 , NO , CO , O_3
- Krátký odezvový čas (od desítek s)
- 50 – 150 €

+ Citlivost, krátká odezva

– Nižší selektivita, velmi citlivé na teplotu a vlhkost, životnost, odolnost, matriční efekty

Metal oxide (gas) sensors - MOS

- Změna odporu nebo vodivosti oxidu kovu v důsledku reakce s analytem
 - Musí být vždy vyhřívaný (200 – 400°C)
 - Kyslík na povrchu MOS je redukován cílovými plyny
 - SnO_2 , TiO_2 , ZnO , ...
 - VOC, CO, CO_2 , NO_2 , O_3 , CO, H_2 , H_2S
- + Od 10 €, citlivost, životnost
- Vyšší spotřeba, nižší selektivita a stabilita, delší odezvový čas (min), paměťový efekt, regulované mikroklima

Komerční (home) měřicí jednotky

- Komplexní vyhodnocení (+ i -)
- Multiparametrové
- Hodnocení, „interpretace“ (!)
- Zpětná kontrola
- Parametry - nastavení
- Přenos a úschova dat
- Dálková kontrola – on-line

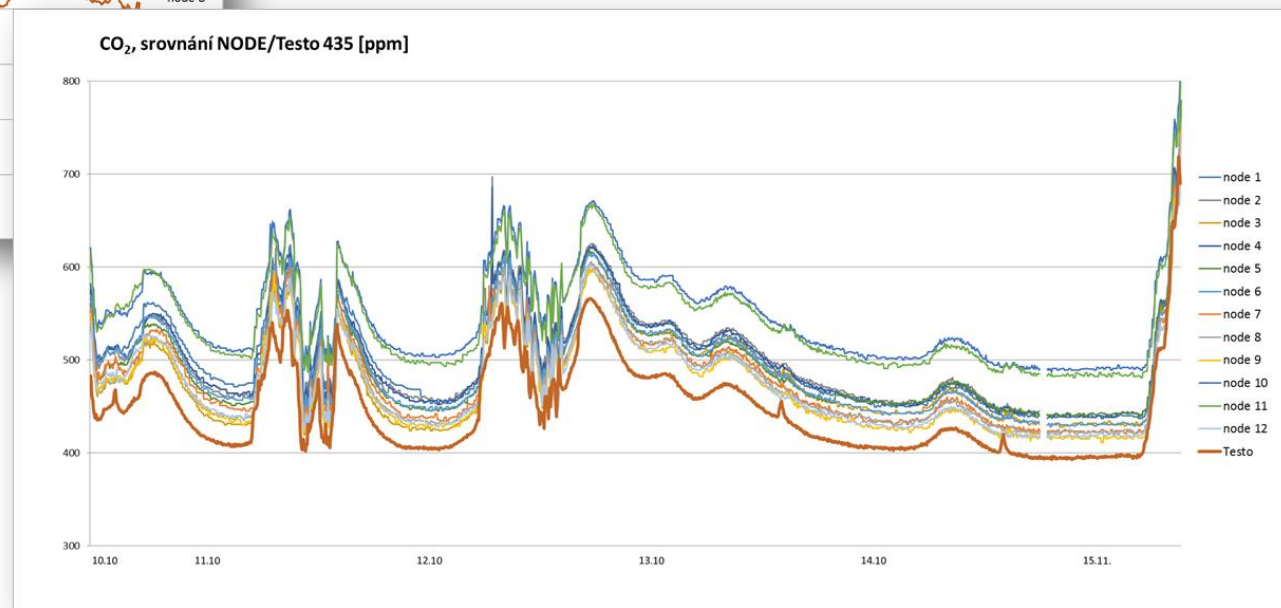
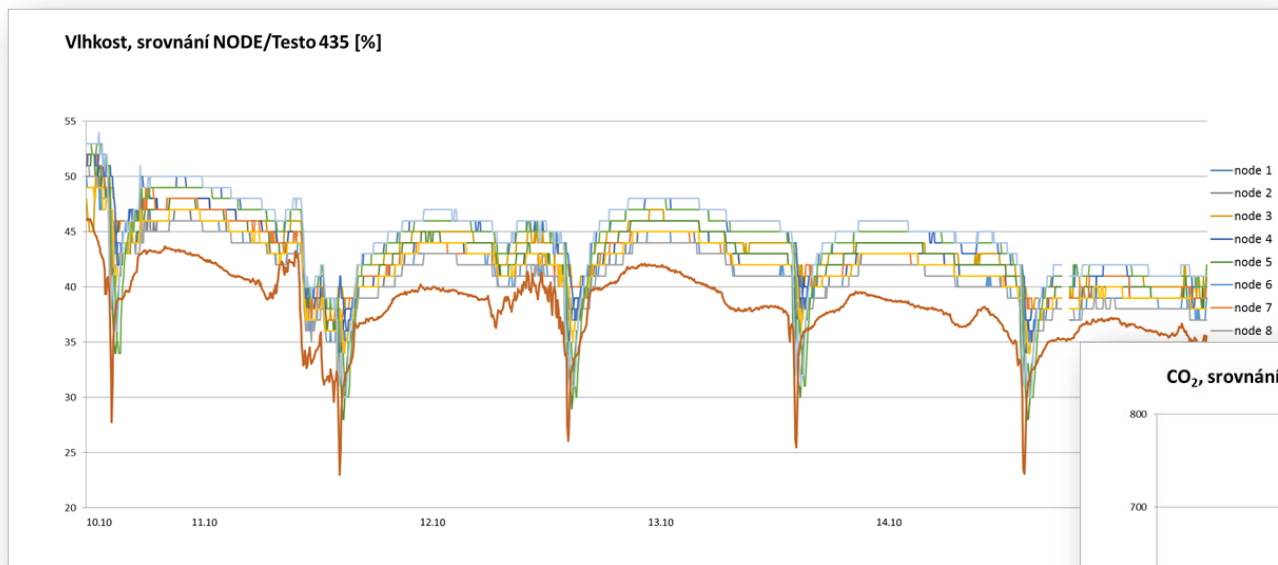
Nadstavba

- Výpočty (kalibrace, interference, mikroklima, převod jednotek)
- Přenos dat a synchronizace (Lora, Sigfox, SIM, WI-FI, Bluetooth)
- Záloha (cloud x paměťová média)
- Aplikace a webová rozhraní (otevřené a uzavřené platformy)
- Big data

Kalibrace (validate)

- Kalibrace – v kalibrační laboratoři
- Uživatelské ověření výkonnosti
 - Laboratorní podmínky x testování v terénu
- Indoor x outdoor senzory a rozdíly v ověření (mikroklima)
- Referenční – stejné x rozdílné metody
- Matriční efekty
- Zkušenosti uživatele

Rozdíl mezi jednotlivými jednotkami



Ověření výkonnosti – správnost a přesnost

- Kalibrace v kalibrační laboratoři dle normy ČSN P CEN/TS 17660-1 a -2
- Porovnání s referenčním přístrojem (ČHMÚ, akreditované nebo autorizované laboratoře)
 - ! Bez certifikátu !
- Před: reálné podmínky, (doporučení: minimálně 40 dní)
- V průběhu: pokud je to možné, v případě změny podmínek
 - Společné umístění, nepřetržitě jeden, s mobilní ref. stanicí, s „ref.“ mobilní senzorovou jednotkou
- Po: opět za reálných podmínek, (doporučení: minimálně 14 dní)
- Pokud není možné srovnání s referenčním přístrojem, musí být porovnány aspoň jednotky

Než si pořídím nízkonákladový senzor/sít'

- Účel/důvod měření
- Plán měření (jaký senzor, co, kde, jak dlouho, práce s daty)
- Nastavení a ověření senzoru
- Sběr dat
- Vyhodnocení
- Interpretace
- Finance

Nízkonákladový ?

- Energie
- Přenos dat
- Úschova a správa dat
- Životnost senzorů
- Ověření (referenční přístroj, prostor, vyhodnocení – časová náročnost)
- Personál

Personál



- Výběr a příprava měřicích míst (vč. administrativy – zábor, povolení,...)
- Doprava a instalace
- Ověření (a vše co s tím souvisí)
- Zpracování a vyhodnocení dat (big data)

Interpretace a prezentace

- Na základě interpretace senzorových dat (jakoukoliv z níže zmíněných forem) **nelze zavádět varovné regulační systémy** a řídit nebo omezovat volný pohyb obyvatel (omezení venkovního pobytu, omezení dopravních komunikací) či jakoukoliv podnikatelskou nebo výrobní činnost výdělečných subjektů (omezení průmyslových provozů).
- Senzorová data mají při jakékoli prezentaci **orientační význam a nelze je používat pro hodnocení možných dopadů na lidské zdraví**. Stejně omezení platí i v případě interpretací senzorových dat formou vlastních indexů kvality ovzduší.

(Doporučení pro nakládání s nízkonákladovými senzory pro monitoring znečištění venkovního ovzduší)

Interpretace a prezentace

- Hodnoty – například formou krabicových grafů
 - Nelze srovnávat s imisními limity
- Barevná škála – rozděleno na několik koncentračních hladin
 - Nelze hodnotit vliv na zdraví
- Index kvality ovzduší – komplexní, multifaktorový, aktuální situace
 - Existují různé typy a postupy výpočtů, „platí“ jen pro venkovní ovzduší

Doporučené odkazy a literatura

- Norma ČSN P CEN/TS 17660 Kvalita ovzduší - Hodnocení výkonnosti senzorových systémů pro měření kvality ovzduší (nekodifikována)
 - Část 1: Plynné znečišťující látky v okolním ovzduší
 - Část 2: Pevné částice v okolním ovzduší
- Doporučení pro nakládání s nízkonákladovými senzory pro monitoring znečištění venkovního ovzduší (<https://szu.gov.cz/aktuality/doporuceni-pro-nakladani-s-nizkonakladovymi-senzory-pro-monitoring-znecistení-venkovniho-ovzdusi/>)
- Guidance on Low-Cost Sensors Deployment for Air Quality Monitoring Experts Based on the AirSensEUR Experience
- Guidance on Low-Cost Air Quality Sensor Deployment for Non-Experts Based on the AirSensEUR Experience

Další stránky o senzorech

- <https://www.epa.gov/air-sensor-toolbox/evaluation-emerging-air-sensor-performance>
- <https://automatizace.hw.cz/kvalita-vzduchu-v-uzavrenych-mistnostech-2-jak-ji-merit.html>
 - Shrnutí hlavních principů měření a na jaké analyty se hodí
- <https://aqicn.org/sensor/> (seznam sensorů)

**Děkuji za pozornost a těším se na
Vaše dotazy**