

DEZVOLTAREA UNUI SISTEM MECATRONIC CU SCOPUL DETECTĂRII SUBSTANȚELOR NOCIVE DIN INTERIORUL INCINTELOR

Șef lucr. dr. ing. Barbu-Cristian BRAUN¹, Șef lucr. dr. ing. Corneliu-Nicolae DRUGĂ¹

¹ Universitatea „Transilvania”, Brașov, România

REZUMAT. Lucrarea prezintă o etapă a cercetării privind dezvoltarea unei soluții pentru identificarea diferitor substanțe nocive sănătății în aerul respirabil. În prezent sistemul poate detecta o serie de substanțe mai des întâlnite, cum ar fi dioxidul de carbon, monoxidul de carbon, metanul etc., acestea fiind un pericol pentru aparatul respirator. În prima parte se insistă asupra modului în care s-a stabilit soluția pentru dezvoltarea sistemului de detecție, iar în partea a doua este descris modul în care s-a realizat dispozitivul, un accent deosebit punându-se asupra modului în care sistemul a fost programat pentru detectarea simultană a mai multor substanțe.

Cuvinte cheie: Substanțe nocive, concentrație, monitorizare, măsurare, aplicație, senzori, analiză, detecție.

ABSTRACT. The paper presents a stage of the research on the development for a solution to detect in time various substances harmful to health in the breathable air. Currently, the system can detect a number of more common substances, such as carbon dioxide, carbon monoxide, methane, etc., which are a danger to the respiratory system. The first part insists on how the solution for the development of the detection system was established, and the second part describes how the device was made, with a special emphasis on how the system was programmed for the simultaneous detection of several substances.

Keywords: Harmful substances, concentration, monitoring, measuring, application, sensors, analysis, detection.

1. ASPECTE GENERALE PRIVIND SUBSTANȚELE NOCIVE

Problema substanțelor nocive mediului și sănătății aparatului respirator s-a pus încă de prin anii 50 ai secolului trecut. Numeroase studii, de atunci și până în prezent au demonstrat faptul că, din păcate au existat numeroase victime ale unui mediu ambiant cu aer viciat [1], [2].

De-a lungul anilor au putut fi identificați mai mulți factori de poluare a aerului și, implicit mai multe tipuri de substanțe nocive. Unele dintre acestea pot avea efecte pe termen lung asupra sănătății, altele pot avea efecte grave, imediate, inclusiv riscul de deces. Printre substanțele cu efect grav imediat în cazul inhalării lor pot fi menționate monoxidul de carbon și metanul. Dintre substanțele cu efect pe termen mai lung asupra sănătății pot fi menționate următoarele: dioxidul de carbon, aldehydele, fumul de țigară, praful, nitrații etc [2], [3].

Afecțiunile ce pot apărea în cazul inhalării unor astfel de substanțe nu sunt deloc de neglijat, putând fi vorba aici de accidente de tip asfixiere, chiar și la domiciliu. În alte cazuri poate fi vorba de boli profesionale ce pot apărea în urma unor expuneri îndelungate la aerul viciat, la locul de muncă. Printre principalele

boli respiratorii ce pot apărea pot fi amintite următoarele: astmul bronșic, BPOC-ul, afecțiuni de tip bronșiectazii, pneumonii, fibroze pulmonare, cancer la plămâni etc., toate fiind boli foarte grave. Acestea pot avea urmări grave asupra sănătății, afectând negativ (uneori irremediabil) viața persoanei în cauză. Din aceste motive este esențială o monitorizare atentă a prezenței substanțelor poluante în aer, dar și luarea de măsuri urgente care să ducă la îmbunătățirea rapidă a calității aerului [4], [5].

Dezvoltarea de soluții prin care să poate fi identificate principalele substanțe nocive, dar și concentrațiilor acestora (raportate la valorile maxime admisibile conform standardelor privind sănătatea) au fost și sunt subiect de cercetare în multe domenii. De aceea studii ce au la bază cunoștințe vaste în domeniul Chimiei, al senzoricii, al electronicii, al sănătății, al protecției mediului au fost și sunt necesare și binevenite. Pe baza unor astfel de cunoștințe, a unor studii în domeniu, dar și a unor dererminări experimentale, în ultimii ani s-au dezvoltat și s-au perfecționat diferite mijloace și metode prin care să poată fi depistate cât mai multe dintre substanțele toxice. Mai mult, în prezent, accentul se pune foarte mult și pe măsurarea cât mai precisă a concentrațiilor și pe raportarea acestora la valorilor maxime admisibile. Soluția utilizării unor

sisteme mecatronice bazate pe senzorică și module hardware și software este una dintre cele mai eficiente, cu condiția unor rezultate cât mai precise, cât mai eficiente și, totodată cu costuri și consumuri energetice cât mai mici [6], [7].

În ceea ce privește măsurile pentru protecția sănătății, în special a aparatului respirator se iau tot mai multe măsuri stricte, începând cu limitarea accesului persoanelor în medii în care s-au măsurat valori ale noxelor ce depășesc limitele maxime admisibile. Însă măsurile nu se opresc aici, se pune accent pe aspectul activ, anume de a se putea asigura un mediu cât mai sănătos și aceasta nu doar printr-o monitorizare atentă și continuă a calității aerului. Se pune problema găsirii unor soluții tot mai eficiente și practice în scopul asigurării unui aer cât mai curat, una dintre soluțiile recomandate fiind o ventilare corespunzătoare a încăperilor. Pe de altă parte, cercetări în domeniul medical au fost îndreptate tot mai mult asupra unor măsuri care să ajute pacienții odată diagnosticați cu boli grave ale aparatului respirator. În acest scop se fac cercetări valoroase și neîntrerupte cu privire la dezvoltarea unor proceduri și terapii, precum și a unor medicamente cât mai eficiente pentru îmbunătățirea calității vieții și pentru a se putea ține cât mai bine sub control boala. Din păcate, însă, în prezent foarte multe astfel de soluții medicale sunt greu accesibile multor categorii sociale, atât din punctul de vedere al accesului, cât și din punctul de vedere financiar [4], [5], [8].

2. SOLUȚIA PROPUȘĂ

În cadrul cercetărilor, într-o primă etapă s-a făcut un studiu cu privire la soluțiile actuale cele mai moderne și eficiente existente pe plan mondial. Pe baza acestui studiu s-a întocmit o analiză critică a mai multor soluții, prin prisma unor sisteme existente pentru detecție, în scopul adoptării unei variante cu cost redus, cât mai convenabile și cât mai accesibile. În acest scop s-au luat în discuție câteva dintre cele mai eficiente soluții existente pe piață privind detecția substanțelor poluante. În scopul unei analize critice cât mai eficiente și cât mai obiective s-au luat în considerare 5 criterii distincte, după cum urmează: criteriul 1 - tipul de poluanți monitorizați; criteriul 2 - precizia și acuratețea măsurătorilor; criteriul 3 - domeniul de măsurare; criteriul 4 - conectivitatea Wi-Fi și transferul de date și criteriul 5 – costul [9].

În total au fost analizate 5 sisteme de detecție. Primul dintre acestea a fost sistemul smart *Airthings Wave Plus* fiind compatibil interfața Bluetooth cu 6 senzori, putându-se măsura diferite substanțe precum radonul, dioxid de carbon, compuși organici volatili,

dar și temperatura, presiunea și umiditatea aerului. Costul acestuia a fost aproximat la 230 de Euro. Cel de-al 2-lea sistem analizat a fost *Atmocube*, care monitorizează permanent calitatea aerului din interior și transmite schimbările bruște. Acesta permite măsurarea atât a particulelor fine, dar și a substanțelor prezente în aer, cum ar fi dioxidul de carbon, formaldehidă și compușii organici volatili. Costul acestui sistem a fost estimat la 900 de Euro. *Airthinx IAQ* a fost cel de-al 3-lea sistem analizat, prevăzut cu diverse protocoale de comunicare și având un cost estimat la 2300 de Euro. Acesta poate fi considerat un dispozitiv inteligent, deoarece utilizează 9 senzori de ultimă generație încorporați ce monitorizează cu precizie parametrii cheie de calitate a aerului interior (particulele fine, dioxid de carbon, formaldehidă, compuși organici volatili, temperatura și umiditatea). Sistemul combină are încorporat un procesor puternic (*Airthink*) cu inteligență artificială, fiind astfel posibilă achiziții și analize de date precise și fiabile).

Air Quality Guardian a fost cel de al 4-lea sistem fiabil pentru determinarea calității aerului, conceput special pentru a măsura nivelurile de dioxid de carbon, umiditatea relativă și temperatura aerului din interiorul unei clădiri. Acesta folosește un sistem de LED-uri de diferite culori pentru a anunța utilizatorul despre nivelul dioxidului de carbon din încăperea, iar costul său a putut fi aproximat la 460 de Euro. *PurpleAir Flex*, al 5-lea sistem studiat, permite determinarea calității aerului interior, măsurând concentrațiile de particule fine în timp real folosit în zonele rezidențiale, comerciale și industrial. Datorită sistemului Wi-Fi încorporat, acesta permite monitorizarea calității aerului și transmiterea datelor către aplicația de pe telefonul mobil. Costul său estimat ajunge la aproximativ 230 de Euro.

Pentru fiecare dintre cele 5 criterii s-a acordat câte un punctaj de la 0 la 20 puncte, suma maximă a punctajelor fiind 100. Concret, sistemul care a demonstrat cea mai bună performanță (dintre toate sistemele analizate) din punctul de vedere al primelor 4 criterii a obținut punctajul maxim. Raportat la cel de-al 5-lea criteriu, cel al costurilor, deși acesta poate implica performanțe mai scăzute la celelalte 4 criterii, punctajul maxim l-a obținut sistemul cu costurile cele mai mici dintre toate cele 5 soluții analizate [6], [9]. Însușindu-se punctajele obținute pentru primele 4 criterii, la nivelul fiecăruia dintre cele 5 soluții studiate, s-a putut constata faptul că sistemele cele mai performante sunt *Atmocube* și *Airthinx IAQ*. Ținându-se, însă seama și de cel de-al 5-lea criteriu, cel al costurilor, pentru proiectare și realizare s-a ales o soluție care să integreze caracteristicile și avantajele sistemelor *Atmocube*, *Airthinx IAQ* și *Purple Air Flex*.

Tabelul 1. Analiza critică a celor mai performante 5 sisteme de detecție existente pe piață

Sistemul analizat	Airthings Wave Plus	Atmocube	Airthinx IAQ	Air Quality Guardian	PurpleAir Flex
criteriul 1	16 pct	20 pct	20 pct	12 pct	8 pct
criteriul 2	4 pct	12 pct	16 pct	8 pct	12 pct
criteriul 3	8 pct	12 pct	16 pct	4 pct	8 pct
criteriul 4	4 pct	20 pct	20 pct	8 pct	12 pct
criteriul 5	20 pct	8 pct	4 pct	16 pct	20 pct
TOTAL	52 pct	72 pct	76 pct	48 pct	60 pct

3. PROIECTAREA ȘI REALIZAREA SISTEMULUI PROPUȘ

Pornind de la rezultatele analizei critice prezentate la paragraful 2, s-a propus proiectarea și realizarea unui sistem de detecție bazat pe următorii senzori: un senzor de temperatură și umiditate ambientală (*SHT40*), un senzor de calitate a aerului (*Grove vl.3*), un senzor pentru particule fine (*HM3301*), 2 senzori de gaz (*MQ9* și *Groove V2 multicanal*). Pentru ca sistemul să aibă o eficiență cât mai sporită s-a prevăzut și un sistem de avertizare (*Groove Buzzer*), care să se activeze în cazul depășirii concentrațiilor noxelor. Un ecran pentru afișarea valorilor instantanee măsurate de tip LCD a fost de asemenea prevăzut în proiectarea și realizarea sistemului mecatronic low cost de detecție.

Unul dintre aspectele importante ale proiectării sistemului de detecție a fost calculul numărului necesar de schimburi de aer din incinta în care se face monitorizarea calității aerului. Astfel s-a calculat în prima etapă volumul incintei ce trebuie ventilată, după formula:

$$V = L * l * h \quad (2.1)$$

unde L este lungimea, l – lățimea și h – înălțimea incintei. S-au luat în considerare două situații distincte, și anume cazul unei camere de apartament, de dimensiune medie, având o lungime de 6 metri, o lățime de 4 metri și o înălțime de 4 metri, însemnând un volum $V_1 = 96 \text{ m}^3$. A 2-a situație luată în discuție s-a referit la o hală industrială de producție, cu o dimensiune medie, considerându-se că ar avea o lungime de 50 metri, o lățime de 15 metri și o înălțime de 7 metri, însemnând un volum $V_2 = 5250 \text{ m}^3$.

Pornind de la aceasta, s-a pus problema determinării ratei necesare de ventilare, conform relației (2.2):

$$R_v = V_i * \tau * n \quad (3.2)$$

unde V_i reprezintă volumul spațiului ce trebuie ventilat, τ – timpul necesar ventilării spațiului și n – numărul persoanelor aflate în spațiul respectiv. Astfel, dacă pentru primul caz se consideră că este necesară o

durată de aerisire de aproximativ o jumătate de oră, în respectiva cameră aflându-se 3 persoane, înseamnă că rata necesară de ventilare $R_{v1} = 144 \text{ m}^3 / \text{h}$. Pentru cea de a 2-a situație se consideră un număr de 15 persoane, fiind necesar minim o oră pentru ventilarea halei, ceea ce înseamnă o rată necesară de ventilare $R_{v2} = 1440 \text{ m}^3 / \text{h}$, adică de aproximativ de 10 ori mai mult decât în cazul unei camere de apartament rezidențial [9], [10].

Pentru proiectarea sistemului s-a utilizat mediul software de modelare CAD-CAM *Fusion 360*, dezvoltat de către compania Autodesk. Motivul alegerii acestui mediu de proiectare a fost acela că acesta permite proiectarea, modelarea și fabricarea de obiecte într-un mediu virtual tridimensional, integrând funcționalități avansate de proiectare, simulare și fabricație într-o singură platformă. Totodată, biblioteca mediului software oferă o gamă largă de instrumente și caracteristici pentru profesioniști din diverse domenii, precum inginerie mecanică, design industrial și fabricație [9].

Etapă de proiectare implicând modelarea CAD-CAM în mediul software *Fusion 360* a presupus realizarea modelelor virtuale specifice suporturilor pentru dispunerea modulelor electronice și a senzorilor [9].

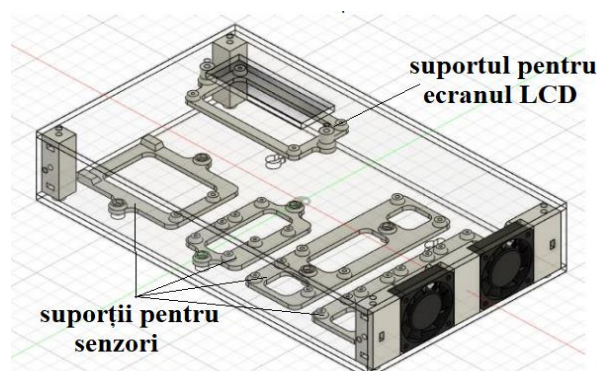


Fig. 2.1 Modelul virtual al sistemului proiectat [9].

Astfel, în final s-a putut obține modelul integrat al sistemului, așa cum se poate observa în figura 2.1.

Sistemul obținut în urma procurării senzorilor, a plăcii de dezvoltare Arduino și în urma prototipării prin

imprimare 3D a suporturilor a fost încapsulat într-o carcasă de protecție, prevăzută cu 2 ventilatoare pentru evitarea supraîncălzirii. Varianta finală a sistemului de detecție proiectat și realizat poate fi urmărit în figura 4.2 [9].

Odată finalizat sistemul de detecție, acesta a fost testat, atât din punctul de vedere al funcționării senzorilor (individual, dar și simultan), cât și din punctul de vedere al transferului de date.

O etapă foarte importantă a fost programarea microcontrollerului Arduino pentru a se permite preluarea semnalelor de la toți senzorii interconectați, în scopul măsurării simultane a mai multor substanțe. Programarea s-a făcut în mediul software *Arduino IDE*, specific microcontrollerului [9]. La baza acestui mediu software a stat limbajul de programare universal C++, în figura 4.3 fiind ilustrată o secvență de program specifică adresării senzorilor de detecție.

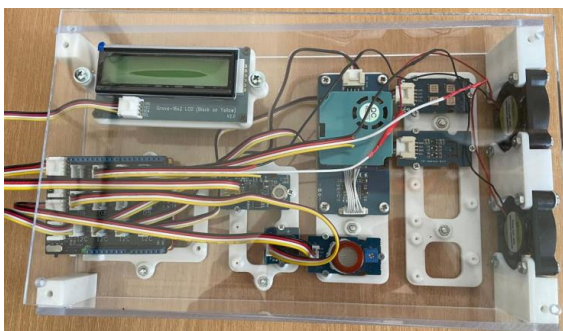


Fig. 4.2. Varianta finală a sistemului de detecție [9].

```

1 #include "Seeed_HM330X.h"
2 #include <Multichannel_Gas_GW00XX.h>
3
4 #include <Arduino.h>
5 #include <SensirionI2CSht4x.h>
6 #include <Wire.h>
7
8 #include "rgb_lcd.h"
9
10 #ifdef ARDUINO_SAMD_VARIANT_COMPLIANCE
11 #define SERIAL_OUTPUT SerialUSB
12 #else
13 #define SERIAL_OUTPUT Serial
14 #endif
15
16 HM330X sensor;
17 u8 buf[30];
18
19
20 const char *str[]={"sensor num: ", "PM1.0 concentration(CF=1,Standard particulate matter,unit:ug/m3): ",
21                  "PM2.5 concentration(CF=1,Standard particulate matter,unit:ug/m3): ",
22                  "PM10 concentration(CF=1,Standard particulate matter,unit:ug/m3): ",
23                  "PM1.0 concentration(Atmospheric environment,unit:ug/m3): ",
24                  "PM2.5 concentration(Atmospheric environment,unit:ug/m3): ",
25                  "PM10 concentration(Atmospheric environment,unit:ug/m3): ",
26                  };
27
28 HM330XErrorCode print_result(const char* str,u16 value)
29 {
30     if(NULL==str)
31         return ERROR_PARAM;
32     SERIAL_OUTPUT.print(str);
33     SERIAL_OUTPUT.println(value);
34     return NO_ERROR;
35 }
    
```

Fig. 4.3 Secvență de cod pentru programarea senzorilor de detecție [9]

Programarea senzorilor s-a făcut astfel încât, pe o durată de aproximativ 30 de secunde să poată fi preluate valorile citite de la senzori, printr-un protocol de achiziție bazat pe un port USB_C.

În acest scop, în final s-au putut prelua semnalele de la senzori, însă, impedimentul major întâmpinat a fost acela că nu s-a reușit până în prezent achiziționarea în mod simultan a tuturor valorilor citite, de la toți senzorii. Astfel a fost posibilă preluarea datelor pe rând, de la fiecare senzor, în parte, soluționarea modului pentru procesarea și interpretarea cât mai eficientă și obiectivă a valorilor fiind descrisă în paragraful 3.

3. PROCESAREA DATELOR ȘI DESFĂȘURAREA EXPERIMENTELOR

În vederea compensării impedimentului privind preluarea simultană a valorilor citite de la senzori, s-a conceput și programat o altă aplicație software, complementară care să permită cumularea tuturor valorilor măsurate, dar și procesarea și interpretarea lor într-un timp foarte scurt.

În acest scop s-a utilizat interfața de programare grafică și instrumentație virtuală LabVIEW, aceasta permițând afișarea într-un mod eficient și concludent a rezultatelor, din toate punctele de vedere.

La programarea aplicației LabVIEW s-a ținut seama pe de-o parte de substanțele monitorizate prin intermediul senzorilor și, pe de altă parte de modul de desfășurare a măsurărilor, precum și de locațiilor în care acestea au avut loc. Mai concret, din punctul de vedere al substanțelor monitorizate, acestea sunt: dioxidul de carbon (CO_2), monoxidul de carbon (CO), nitrații (NO_x), etanolul, metanul (CH_4) și formaldehidele.

În ceea ce privește modul de desfășurare a experimentelor, s-au ales două tipuri de încăperi supuse monitorizării din punctul de vedere al calității aerului.

Pentru a se putea testa în condiții cât mai bune și într-un mod cât mai obiectiv sistemul de detecție, mai întâi s-a procedat la utilizarea sa în scopul monitorizării calității aerului din camera unui apartament de bloc. Ulterior, sistemul proiectat și realizat a fost folosit pentru monitorizarea calității aerului într-o hală industrială de producție a unor accesorii pentru baie (pe bază de substanțe acrilice).

Text de bază. În ceea ce privește programarea aplicației LabVIEW, s-a prevăzut o căsuță de dialog pentru selectarea tipului de încăpere pentru care se face monitorizarea calității aerului. De asemenea s-au definit și o serie de constante de intrare, sub forma unor căsuțe pentru afișarea valorilor-limită ale concentrațiilor pentru fiecare tip de substanță din componența aerului. Complementar acestora s-au programat variabile de ieșire asociate unor căsuțe pentru afișarea tuturor valorilor medii măsurate ale concentrațiilor substanțelor. În plus, interfața prevede și o serie de

vectors de ieșire în care se înscriu automat valorile citite ale concentrațiilor, pe parcursul procesului de măsurare, mai exact în fiecare secundă din intervalul de timp (de 30 de secunde) cât durează măsurarea. Aceasta înseamnă 6 vectori a câte 30 de înregistrări ale valorilor concentrațiilor. Cei 6 vectori sunt asociați celor 6 substanțe analizate (specificate mai sus). În figura 3.1 este prezentat un exemplu al unei porțiuni din fereastra grafică a aplicației software LabVIEW, în urma unei măsurări a unei camere neaerisite dintr-un apartament.

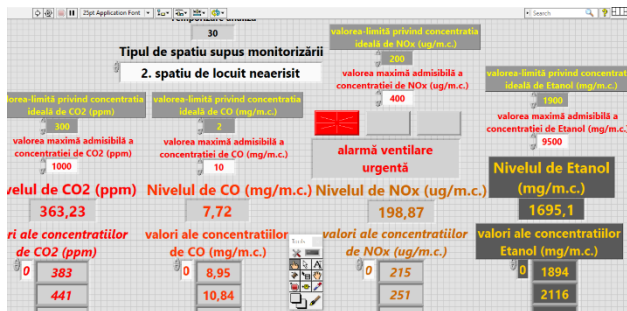


Fig. 3.1. Exemplu de afișare de valori ale concentrațiilor a 4 din cele 6 substanțe analizate, prin intermediul aplicației LabVIEW.

Scopul principal al acestei aplicații software, însă este acela de a procesa rapid toate valorile înregistrate și de a da un verdict pe baza acestora, prin aprinderea automată a unui martor (sub formă de LED). În acest scop au fost programate 3 astfel de LED-uri (ca variabile Booleene de ieșire (cu cele 2 stări logice stins/aprins), câte unul pentru fiecare situație posibilă. Astfel, pentru situația în care toate valorile concentrațiilor sunt în parametrii optimi LED-ul care se aprinde va fi cel de culoare verde, dacă însă concentrațiile sunt mai mari și se apropie de valorile limită admisibile, atunci se va aprinde LED-ul de culoare galbenă. Concomitent va apărea mesajul “Se recomandă aerisirea spațiului”. Iar dacă pentru cel puțin una dintre cele 6 substanțe s-a depășit valoarea maximă admisibilă a concentrației, atunci se va aprinde LED-ul de culoare roșie și mesajul ”alarmă ventilare urgentă” Mai mult, un semnal acustic va semnala această situație de bază. Afișarea mesajului de atenționare sau de alarmă asociat aprinderii LED-ului de culoare galbenă sau roșie, după caz, a fost posibilă prin programarea unor variabile de ieșire de tip șir de caractere, relaționate prin două structuri de programare Booleene, pentru afișarea mesajului (în cazul adevărat) sau nu (în cazul fals). Fiecare dintre cele două structuri Booleene a fost asociată fiecărui tip de mesaj, în parte.

Pentru ca interpretarea rezultatelor să fie una și mai concludentă, mai exact să se poată ști care dintre cele 6 substanțe a depășit valoarea – limită a concentrației și în ce momente în timpul măsurării, s-au programat 6 variabile grafice de ieșire. Fiecare dintre acestea este

de tip diagramă de variație a semnalului în raport cu timpul, pentru fiecare dintre cele 6 substanțe analizate. Pentru fiecare dintre acestea, reprezentarea curbei de variație a concentrațiilor (în alb) este încadrată sau nu, după caz între două cote, după cum urmează. Prima, sub forma unei linii de culoare galbenă marchează limita concentrației ideale. Cea de a doua, sub forma unei alte linii, de culoare roșie marchează limita maximă admisibilă a concentrației pentru substanța respectivă. În figura 3.2 este prezentat un exemplu de astfel de reprezentare grafică, marcând depășiri ale valorilor maxime admisibile ale concentrațiilor de monoxid de carbon.

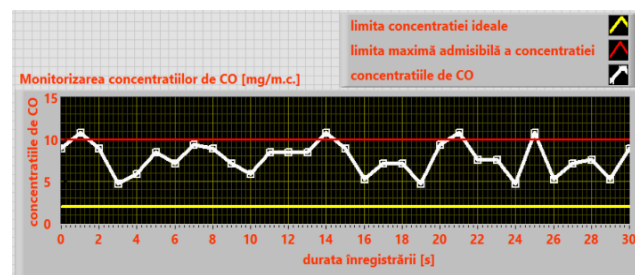


Fig. 3.2 Exemplu de afișare a distribuției concentrațiilor de CO pe parcursul unui ciclu de măsurare pentru o cameră neaerisită.

Aceasta înseamnă că, pentru fiecare tip de substanță analizată se poate urmări o astfel de variație a concentrațiilor pe întreg parcursul unui ciclu de măsurare.

4. INTERPRETAREA REZULTATELOR

Odată finalizată și testată aplicația software LabVIEW, aceasta a fost implementată în cadrul procesului de monitorizare a calității aerului, prin utilizarea sistemului de detecție.

Pe de altă parte, în urma stabilirii ordinii de desfășurare a experimentului, în cele două etape, mai întâi în camera de apartament, apoi în hala de producție, s-a stabilit de asemenea procedura de măsurare. Astfel, ținându-se seama de recomandările metrologice, s-a stabilit ca pentru fiecare etapă, în parte, să se desfășoare câte 3 măsurători. Concret s-au desfășurat 3 măsurători pentru situația camerei neaerisite (la 6 ore, la 8 ore și la 10 ore de la ultima aerisire). Ulterior alte 3 măsurători s-au făcut pentru cazul în camera a fost aerisită, acestea fiind făcute în 3 etape distincte (la 10 minute, la 15 minute și la 20 de minute de aerisire). În cea de a 3-a fază s-a procedat la efectuarea a 3 măsurători ale calității aerului în hala de producție a accesoriilor pentru baie. Mai exact, s-a procedat la efectuarea unei măsurări la 2 ore, apoi la 4 ore și, în final la 6 ore de la începerea lucrului.

În tabelele 2, 3 și 4 sunt prezentate rezultatele măsurătorilor în toate cele 3 situații, parcurgând de

DEZVOLTAREA UNUI SISTEM MECATRONIC CU SCOPUL DETECTĂRII SUBSTANȚELOR NOCIVE

fiecare dată cele 3 faze de măsurare. S-a putut constata faptul că, în cazul camerei neaerisite (în care s-a gătit în prealabil), de fiecare dată s-a demonstrat faptul că se recomandă aerisirea spațiului. În cazul în care camera a fost aerisită, la fiecare dintre cele 3 măsurători valorile concentrațiile s-au încadrat în domeniul ideal. Iar în

cazul halei de producție, s-a putut observa că dacă la 2 ore de la începerea lucrului se recomanda doar o ventilare mai bună, după 4 ore, respectiv după 6 ore de lucru, valorile concentrațiilor de dioxid de carbon au depășit valorile limită admisibile, pornind de fiecare dată alarma.

Tabelul 2. Valorile măsurate în cazul spațiului de locuit neaerisirit

Concentrațiile noxelor analizate	CO ₂ [ppm]	CO [mg / m ³]	NO _x [μg / m ³]	Etanol [mg / m ³]	CH ₄ [mg / m ³]	Formaldehide [mg / m ³]
Valorile – limită privind încadrarea în concentrațiile ideale ale noxelor	300	2	200	1900	600	1,2
Valorile maxime admisibile ale concentrațiilor noxelor studiate	1000	10	400	9500	1500	2
măsurarea 1 (la 6 ore de la ultima aerisire)	345,03	6,88	181,67	1573,63	1459,8	0,56
măsurarea 2 (la 8 ore de la ultima aerisire)	346,23	6,93	184,13	1595,13	1478	0,58
măsurarea 3 (la 10 ore de la ultima aerisire)	348	6,92	184,7	1597,77	1479,63	0,59
Valorile – limită privind încadrarea în concentrațiile ideale ale noxelor	300	2	200	1900	600	1,2

Tabelul 3. Valorile măsurate în cazul spațiului de locuit în urma aerisirii

Concentrațiile noxelor analizate	CO ₂ [ppm]	CO [mg / m ³]	NO _x [μg / m ³]	Etanol [mg / m ³]	CH ₄ [mg / m ³]	Formaldehide [mg / m ³]
Valorile – limită privind încadrarea în concentrațiile ideale ale noxelor	300	2	200	1900	600	1,2
Valorile maxime admisibile ale concentrațiilor noxelor studiate	1000	10	400	9500	1500	2
măsurarea 1 (după 10 minute de aerisire)	297,67	0,97	164,57	1355	556,4	0,25
măsurarea 2 (după 15 minute de aerisire)	284,13	0,95	144,6	1335,6	549,53	0,24
măsurarea 3 (după 20 minute de aerisire)	283,73	0,88	145,27	1327,6	547,87	0,21
Valorile – limită privind încadrarea în concentrațiile ideale ale noxelor	300	2	200	1900	600	1,2

Tabelul 4. Valorile măsurate în cazul unei hale de producție

Concentrațiile noxelor analizate	CO ₂ [ppm]	CO [mg / m ³]	NO _x [μg / m ³]	Etanol [mg / m ³]	CH ₄ [mg / m ³]	Formaldehide [mg / m ³]
Valorile – limită privind încadrarea în concentrațiile ideale ale noxelor	300	2	200	1900	600	1,2
Valorile maxime admisibile ale concentrațiilor noxelor studiate	1000	10	400	9500	1500	2
măsurarea 1 (la 2 ore de la începerea programului)	966,1	4,54	311,23	9295,07	910,37	0,94
măsurarea 2 (la 4 ore de la începerea programului)	1001,63	4,78	330,33	9422,67	948,67	1,03
măsurarea 3 (la 6 ore de la începerea programului)	1012	4,86	336,97	9447,57	936,2	1,06
Valorile – limită privind încadrarea în concentrațiile ideale ale noxelor	300	2	200	1900	600	1,2

5. CONCLUZII

Având un preț de cost relativ scăzut (între 50 și 100 de Euro), sistemul dezvoltat și testat s-a dovedit a fi unul deosebit de util și, totodată fiabil atât în cazul spațiilor de locuit, cât și în cazul halelor de producție.

Pe de altă parte, având în vedere multitudinea de substanțe pe care dispozitivul proiectat și realizat le poate analiza, s-a demonstrat faptul că acesta, pe viitor va putea fi folosit cu succes și pentru monitorizarea calității aerului din mediul exterior. Cel mai bun exemplu în acest sens ar fi cel al monitorizării

parametrilor aerului în urma traficului din marilor orașe, în special în intersecții, unde se formează adesea coloane de mașini.

În acest scop, pe viitor cercetările se vor axa în special pe îmbunătățirea soluției cu privire la transferul de date, astfel încât toate datele să poată fi transferate instantaneu în cadrul aplicației software dezvoltate în mediul LabVIEW. În acest fel s-ar reduce și mai mult durata procesării informațiilor, monitorizarea calității aerului ar putea fi mai eficientă.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Bajpai, S., Kamboj, M., *Harmful Chemicals: Impact on Environment*. International Journal of Advanced Research, Volume 4, Issue 5, 12 mai, 2016, Lucknow Campus, India.
- [2] Seventy-sixth world health assembly, *The impact of chemicals, waste and pollution on human health*. World Health Organisation, Draft resolution proposed by Canada, Colombia, Ecuador, European Union and its Member States, Mexico, Monaco, Peru, Switzerland and Uruguay, 24 mai, 2023.
- [3] David O., C., Kathleen A., David C., S., *Understanding the Human Health Effects of Chemical Mixtures*. Environmental Health Perspectives, Vol. 10, februarie, 2002, New York, USA.
- [4] Healthy Village Facilitator's Guide, *Respiratory Diseases*, Ministry of Health and Medical Services, mai, 2021, Islanda.
- [5] Marciniuc, D., Nana, A., Blasi, F., Zar, H., Kraft, M., Montes, M., Carter, J., *Respiratory diseases in the world*, Forum of International Respiratory Societies, 2013, UK.
- [6] Abdumushin, S., S., *Identification of Air Pollution Sources and Temporal Assessment of Air Quality at a Sector in Mosul City Using Principal Component Analysis*, Polish Journal of Environmental Studies, Vol. 31, martie 2022, Mosul, Irak.
- [7] Pires, J., C., M., Pereira, M., C., Alvim-Feraz, M., C., M., Martins, F., G., *Identification of redundant air quality Measurements through the use of principal component analysis*, Atmospheric Environment, Nr. 43, august, 2009, Porto, Portugalia.
- [8] Sudiarto, D., *Assessment of Air and Water Quality in the Surroundings of School Environment: Its Relation to Mosquito Population and Environmental Health*, Path of Science, 30 iunie, 2023, Vol. 9. Nr. 6, Health Polytechnic Institute of the Ministry of Health of Aceh, Indonezia.
- [9] Iordache, F., *Proiectarea și realizarea unui sistem mecatronic pentru monitorizarea calității aerului cu integrare IoT. Proiect de Diplomă*, Coordonatori științifici: Conf. dr. ing. Boer Attila și Șef lucr. dr. ing. Braun Barbu, promoția 2023, Universitatea „Transilvania”, Brașov, România.
- [10] Standards, E., *Code of practice for ventilation principles and designing for natural ventilation*, BS 5925, 1991.

Despre autori

Șef lucr. dr. ing. **Barbu-Cristian BRAUN**

Universitatea „Transilvania” din Brașov, Brașov, România

Braun Barbu este absolvent al Facultății de Mecanică, specializarea Mecatronică, promoția 2000. A urmat cursurile de Studii Aprofundate (specializarea Structuri de Mecanică Fină pentru Managementul Sistemelor Tehnice) în cadrul aceleiași facultăți. Din 2001, este angajat al Universității „Transilvania” din Brașov, la Facultatea de Inginerie Mecanică, iar din 2009 este Doctor în domeniul Inginerie Mecanică. În perioada 2010 – 2013 a urmat un stagiul post-doctoral, în cadrul programului POS-DRU, având ca tematică biomecanica și modelarea susținătorilor plantari. A publicat în calitate de autor sau coautor: 8 cărți și 146 de articole în reviste de specialitate și în volumele unor conferințe internaționale și naționale.

Șef lucr. dr. ing. **Corneliu – Nicolae DRUGĂ**

Universitatea „Transilvania” din Brașov, Brașov, România

Drugă Corneliu este absolvent al Facultății de Mecanică, specializarea Mecanică Fină (promoția 1998). A urmat cursurile de Studii Aprofundate (specializarea Structuri de Mecanică Fină pentru Managementul Sistemelor Tehnice) în cadrul aceleiași facultăți. Din 2001, este angajat al Universității „Transilvania” din Brașov, la Facultatea de Inginerie Mecanică, iar din 2011 este Doctor în domeniul Inginerie Mecanică. Din 2013, este șef de lucrări la Departamentul de Design de Produs, Mecatronică și Mediu din cadrul Universității Transilvania din Brașov. A publicat în calitate de autor sau coautor: 9 cărți și peste 135 de articole în reviste de specialitate și în volumele unor conferințe internaționale și naționale.