

6. téma

Mérési elrendezés kialakítása sűrített levegő vizsgálatára

1. A probléma és a feladat megfogalmazása

Jogsabályi háttér

65/1999. EüM rendelet a munkavállalók munkahelyen történő egyéni védőeszköz használatának minimális biztonsági és egészségvédelmi követelményeiről.

Sűrített levegős légzésvédő készülékek általános követelményeit megfogalmazó szabvány

MSZ EN 12021:2014 Légzésvédő készülékek. Sűrített gázok légzésvédő készülékekhez

BME Szervetlen és Analitika Kémia Tanszék Levegőszennyezés Vizsgálólaboratóriumában 2007-ben merült fel először az igény – egy EU pályázat követelményeként – hogy légzésvédők számára előkészített sűrített levegőt minősítsünk. A rendelkezésre álló eszközökből a mérési helyszínen szereltük össze a jobb oldali fényképen látható elrendezést.

A helyszíni szerelés időigénye és a nyomás alatti csatlakoztatásokban rejlő hiba lehetőségek miatt ez az elrendezés nem számított korszerű megoldásnak.



Célkitűzés

Légzésvédők számára előállított sűrített levegő akkreditált módszerekkel történő vizsgálatára alkalmas hordozható, állandó állványra szerelt mintavevő rendszer tervezése, elkészítése és alkalmazásba vétele.

2. A mintavételi-mérési elrendezés kialakítása

A kialakított mintavételi-mérési elrendezés vázlatrajzát és fénykép felvételét az **1. melléklet** mutatja.

Alkalmazott módszerek és készülékek

Szervetlen gázkomponensek folyamatos meghatározása

Alkalmazott szabvány:

ISO 8573-6:2003 Sűrített levegő. 6. rész: A gázszennyező-tartalom vizsgálati módszerei

Alkalmazható módszerek és analizátorok:

1. HORIBA 5-komponenses átszívós gázanalizátor (típus: PG-350 E)

Komponens	Működési elv	Alkalmazott mérési tartomány	Ismételhetőség	Linearitás	Drift
CO	NDIR	0-200 ppm	± 0,5 % teljes skála	± 2,0 % teljes skála	± 1,0 % teljes skála / nap
NO/NO ₂	Kemilumineszcencia NO ₂ konverter	0-25 ppm	± 1,0 % teljes skála		
CO ₂	NDIR	0-5 %	± 1,0 % teljes skála		± 1,0 % teljes skála / nap
O ₂	Paramágneses	0-25 %	± 1,0 % teljes skála		

Az analizátort a vizsgálat előtt hitelesített anyagmintával kalibráljuk, a nullpontot nagytisztaságú nitrogénnel állítjuk be. Az adatrögzítés közvetlenül számítógép segítségével történik.

2. Testo diffúziós CO₂ analizátor

A Testo 535 típusú gázanalizátor alkalmas a fenti Horiba analizátornál érzékenyebb mérésekre, a környezeti levegőnél számottevően alacsonyabb CO₂ koncentrációk esetében is.

Működési elv:	Infravörös fény elnyelése 2 hullámhosszon
Mintavétel:	Diffúziós (passzív, azaz pumpa nélküli)
Mérési tartomány:	0-10 000 ppm CO ₂
Felbontás:	1 ppm CO ₂

Mintavételi és mérési jellemzők:

A mintavétel (Horiba, 0,4 l/perc) illetve a mérés (Testo) előtt a sűrített levegő nyomását egy túszelepen keresztül a szabadba kivezelve légköri nyomásra csökkentjük, az **1. melléklet**ben látható elrendezés szerint.

TESTO 330 átszívós gázanalizátor

Komponens	Működési elv	Mérési tartomány	Pontosság	Felbontás
CO	elektrokémiai	0-500 ppm	±2 ppm (0-39,9 ppm) a mért érték ±5%-a (40-500 ppm)	0,1 ppm
O ₂	elektrokémiai	0-21 vol. %	± 0,2 vol. %	0,1 vol.%

Kenőanyag-tartalom (olaj) meghatározása

Alkalmazott szabvány:

ISO 8573-2:2007 Sűrített levegő. 2. rész: Az olajaeroszol-tartalom vizsgálati módszerei

A mérési módszer elve:

Az olajköd a kevésbé illékony ásványolaj összetevők (6 vagy több C-atomot tartalmazó szénhidrogének keveréke) aeroszol (elhanyagolható ülepedési sebességgel rendelkező, finom eloszlású folyadékcseppek a levegőben) formában történő megjelenése a sűrített levegőben, és nem tartoznak bele az ugyancsak jelenlévő gőz halmazállapotú szénhidrogének. Az olajködöt kötőanyag nélküli kvarc vagy üvegszálalás szűrőlapra leválasztott mintából határozzuk meg, széntetrakloridos leoldást követően, Fourier-transzformációs infravörös spektroszkópos (FT-IR) módszerrel.

A mintavétel jellemzése:

Mintavételi elrendezés: Teljes áramú mintavétel, a szabvány 7.2.1. (Method B1 – Full-flow sampling) fejezete szerint (lásd az **1. melléklet**ben).

Szűrőanyag: 3 db Advantec (japán) gyártmányú, 37 mm átmérőjű, kötőanyag nélküli mikroszálalás üveg szűrőlap, titán szűrőházban elhelyezve.

Levegő sebesség: 91,5 ± 0,5 l/perc, rotaméterrel folyamatosan ellenőrizve.
Légsebesség a szűrő membrán előtt (6,5 bar nyomáson) 0,33 m/s (megengedett 1 m/s).

Levegő mennyiség mérése: Itron G4 RF1 száraz membrános gázmérő órával, 0,04-6,0 m³/h.

Elemző laboratóriumi: Wessling Hungary Kft.

Víztartalom meghatározása

Alkalmazott szabvány:

ISO 8573-3:1999 Sűrített levegő. 3. rész: A nedvességmérés vizsgálati módszerei

Alkalmazott mérőkészülék és jellemzői:

Gyártó, típus: Rotronic (Svájc) HygroPalm 1 mérőkészülék
HygroClip HC2-IC402-A kombinált érzékelővel
Működési elv: Kapacitív nedvesség-tartalom érzékelő és NTC hőmérő
Mérési tartomány: 0-100 % rel. páratartalom; -50 - +200 °C hőmérséklet
Pontosság: ±0,8 % rel. páratartalom; ±0,1 °C hőmérséklet

Mintavételi és mérési jellemzők:

A mérés előtt a sűrített levegő nyomását egy tűszelepen keresztül a szabadba kivezelve légköri nyomásra csökkentjük, az **1. melléklet**ben látható elrendezés szerint.

Légnyomás mérése a víztartalom érzékelőnél:

Gyártó, típus: AIRFLOW (Anglia), DB2
Működési elv: Elektronikus abs. nyomásmérő
Mérési tartomány: 0-2000 mbar
Felbontás: 1 mbar
Pontosság: leolvasás ± 0,5 %-a vagy ± 1 digit

Szag és íz meghatározása

Alkalmazott szabvány:

DEF STAN 68-284:2009 Compressed Breathing Gases for Aircraft, Diving and Marine Life-Support Applications

A mérési módszer elve:

Emberi olfaktometria (érzékelés szaglás útján) a fenti brit nemzeti szabvány 1. melléklete szerint.

A környezeti levegő állapotjellemzőinek meghatározása

Alkalmazott szabványok:

MSZ ISO 8756:1995 Levegőminőség. A hőmérséklet-, a légnyomás- és a légnedvességi adatok figyelembevétele.

MSZ 21452-1:1975 A levegő állapotjelzőinek meghatározása. Nedvességtartalom mérése.

MSZ 21452-3:1975 A levegő állapotjelzőinek meghatározása. Hőmérséklet mérése.

Alkalmazott mérőkészülék és jellemzői:

Hőmérséklet, páratartalom:

Gyártó, típus:	Testo 177-H1.
Működési elv:	kapacitív nedvesség-tartalom érzékelő és NTC hőmérő.
Mérési tartomány:	0-100 % relatív páratartalom, 180 °C hőmérsékletig; -20 – +70 °C hőmérséklet.
Felbontás:	0,1 % relatív páratartalom, 0,1 °C hőmérséklet.
Pontosság:	± 2 % relatív páratartalom, ± 0,5 °C.

Barometrikus nyomás:

Gyártó, típus:	Testo 511 digitális barométer.
Működési elv:	elektronikus abszolút nyomásmérő.
Mérési tartomány:	300 - 1020 mbar.
Felbontás:	1 mbar.
Pontosság:	leolvasás ± 3 mbar

3. Alkalmazási példa

A vizsgált sűrített levegő rendszer jellemzése

Kompresszor:	Gyártó, típus:	Proteus 250
	Paraméterek:	250 l/perc 3 fokozat, 3 henger töltés 300 bar nyomáson, 6 l-es palackba
Tisztító egység:	Nedvesség szeparátor minden kompresszor fokozat után.	
	Abszorber egység:	aktív szén és molekula szita, a felső részen kapacitív nedvesség érzékelővel a telítés jelzésére.

Mintavételi-mérési körülmények

A mérés kivitelezésére egy épületen belül, külön helyiségben található palacktöltő műhelyben került sor. A műhelyben a kompresszor egység el van szeparálva a töltőállomástól, annak érdekében, hogy a megfelelő szellőzés biztosítható legyen. A töltőállomáson 4 töltési csomák van kialakítva.

Az alkalmazott mintavételi-mérési elrendezést az **1. melléklet** vázlatrajza mutatja, a részletes leírás az előző fejezetben található. A mérő rendszer csatlakoztathatósága érdekében a töltő levegő ágat 7 bar-os nyomáscsökkentővel látták el. A 4. jelölésű nyomásmérőn a vizsgálatok ideje alatt 6,7 bar nyomás volt mérhető.

Klíma paraméterek a vizsgálat helyszínén:

Hőmérséklet:	16,7 °C
Relatív légnedvesség:	38 %
Barometrikus nyomás:	1006,1 mbar.

Mérési eredmények

A későbbiekben megadott térfogatok minden esetben normál légköri nyomásra és 20 °C hőmérsékletre, száraz levegőre vonatkoznak.

Gáz halmazállapotú szervesetlen légszennyező anyagok átlag koncentrációja:

<i>Időtartam óra:perc</i>	<i>O₂ tf. %</i>	<i>CO₂ ppm (v/v)</i>	<i>CO ppm (v/v)</i>
10:30 – 10:45	20,8	440	< 2
10:45 – 11:00	20,9	432	< 2
11:00 – 11:15	21,0	428	< 2
<i>Átlag</i>	<i>20,9</i>	<i>433</i>	<i>< 2</i>

Kenőanyag-tartalom (olaj) mintavétel jellemzői és eredményei:

Minta jelölése	Mintavétel ideje	Levegő minta liter	Olajtartalom mg/szűrő ⁽¹⁾	Olajköd koncentráció mg/m ³
1.	10:46 – 11:16	2 876	0,18	0,07

⁽¹⁾ A Wessling Hungary Kft. vizsgálati jegyzőkönyve alapján.

A páramérő érzékelőnél mért jellemzők:

Hőmérséklet: 17,7 °C
 Nyomás: 1 007,2 mbar
 Relatív légnedvesség: 0,00 %

A páramérő által kijelzett harmatpont: -90 °C

A fenti harmatpontból számított nedvesség tartalom: < 5 mg/m³

Nyomás harmatpont 300 bar nyomáson: < -14 °C

(A számítás részletei a **2. melléklet**ben láthatóak.)

Érzékszervi vizsgálatok

A kompresszor által szolgáltatott levegőnek szaga nem érzékelhető, íze nincs.

Az eredmények összefoglalása és értékelése

A mérési eredmények átlag értékeit az alábbi táblázatban foglaltuk össze, ahol megadtuk az MSZ EN 12021:2014 szabvány szerinti követelményeket is.

Jellemző	Mért érték	Követelmény	Minősítés
Oxigén-tartalom	20,9 tf.%	21 ±1 tf.%	Elfogadható
Széndioxid-tartalom	433 ppm (v/v)	≤ 500 ppm (v/v)	Elfogadható
Szénmonoxid-tartalom	< 2 ppm (v/v)	≤ 5 ppm (v/v)	Elfogadható
Olaj	0,07 mg/m ³	0,5 mg/m ³	Elfogadható
Víz-tartalom	0,00 rel%		
Harmatpont (1 bar)	-90 °C	nincs	Elfogadható
Nyomás harmatpont, 300 bar	< -14 °C	-11 °C ⁽¹⁾	
Szag és íz	Szag nem érzékelhető, íze nincs.	Ne legyen jelentős szaga vagy íze.	Elfogadható

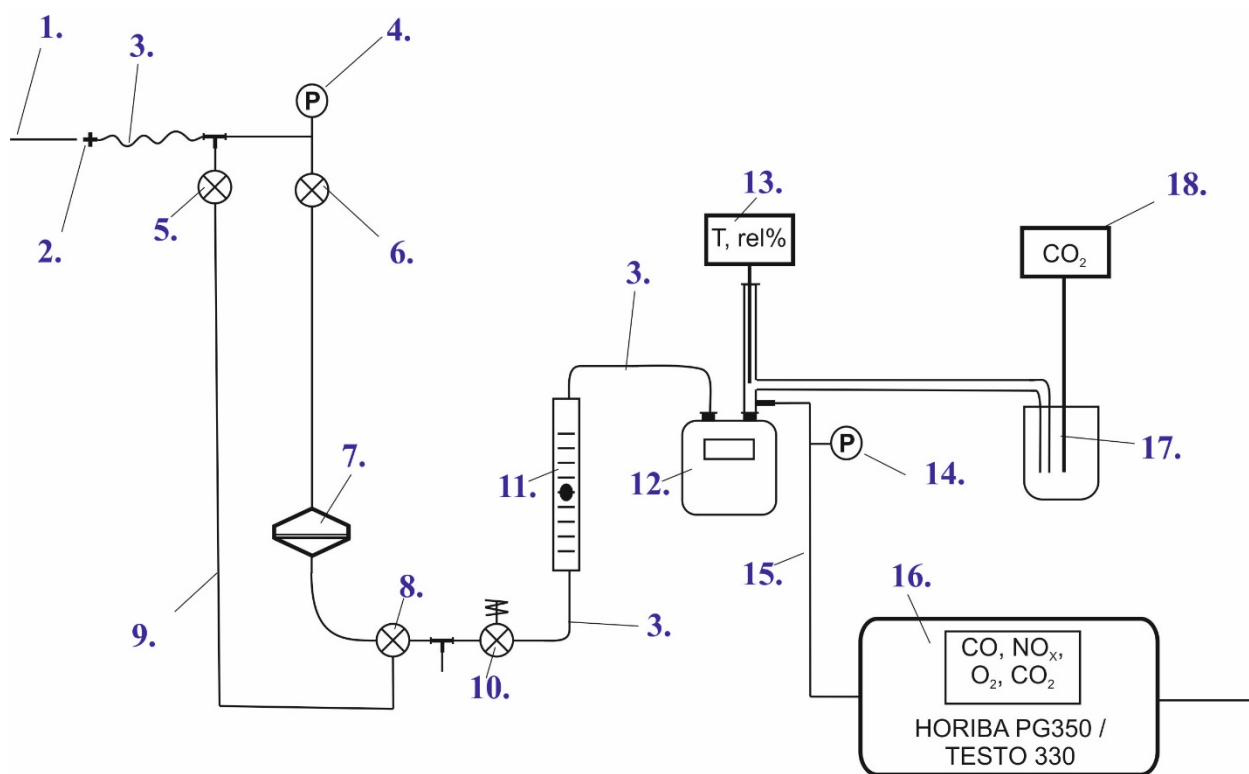
⁽¹⁾ Amennyiben a sűrített levegő ellátó berendezés alkalmazási és tárolási helyének hőmérséklete ismert, a nyomás alatti harmatpontnak 5 °C-al alacsonyabbnak kell lenni a valószínűsíthető legalacsonyabb környezeti hőmérsékletnél.

Amennyiben a sűrített levegő ellátó berendezés alkalmazási és tárolási helyének hőmérséklete nem ismert, a nyomás alatti harmatpontnak legalább -11 °C-nak kel lenni.

A fenti táblázat adatai alapján megállapítható, hogy a sűrített levegő a vizsgált paraméterek tekintetében eleget tesz az MSZ EN 12021:2014 szabványban előírt követelményeknek.

1. MELLÉKLET

MINTAVÉTELI-MÉRÉSI ELRENDEZÉS



1. Sűrített levegő mérési pont
2. 3/8" gyorscsatlakozó
3. Flexibilis műanyag vezeték, 3/8", max. 20 bar
4. Nyomásmérő, Ø 60 mm, 0-10 bar
- 5, 6, 8. 3/8" golyóscsap, sárgaréz, MOFÉM
7. Titán szűrőház, 3 db Ø 37 mm-es üvegszálás szűrő membránnal
9. Flexibilis megkerülő vezeték, 3/8", max. 20 bar
10. Szabályozó szelep, Panam Engineers Ltd., PBB-H-S-88-MF-S6 típus (6 teljes fordulat)
11. Rotaméter, VEB Prüfgerate-Werk Medingen, PG 08/2 típus, 1-8 m³/h
12. Gázmérő óra, Itrón G4 RF1, 0,04 - 6,0 m³/h, távadóval (100 l/impulzus)
13. Rotronic kapacitív nedvesség érzékelő és NTC hőmérő
14. Légnyomás mérő
15. Teflon mintavezeték
16. Horiba PG350 vagy Testo 330 gázanalizátor
17. 400 ml-es üvegphár
18. Testo 535 CO₂ analízátor, 1 – 10 000 ppm (V/V)



2. MELLÉKLET:

NYOMÁS HARMATPONT SZÁMOLÁSA

Nyomás harmatpont meghatározása			
Forrás: Health and Safety Executive (UK): Moisture levels in compressed breathing air HSE Research Report 727, 2006			
Sűrített levegőre a nedvesség érzékelőnél mért jellemzők:			Csak a zöld háttérű cellába írj!
Légnyomás (P2):	1,0072	bar	
Hőmérséklet (t):	17,7	°C	
Nedvesség tartalom (dv):	5	mg/m ³	a meghatározási határ felével számolva!
Sűrített levegő értékelési nyomás (P1):			300 bar
Nyomás harmatpont (t_{dp})	-14,5	°C	$243,12 \cdot \ln(ps/611,2)) / (17,62 - \ln(ps/611,2))$
Tiszta telítési gőznyomás (ps)	200	Pa	$P1/P2 \cdot (dv/1000000 \cdot (t+273)/0,002167)$
A függvény ábrázolása:			
dv	ps	t _{dp}	
mg/m ³	Pa	°C	
1	40	-32,6	
2	80	-25,2	
3	120	-20,6	
4	160	-17,2	
5	200	-14,5	
6	240	-12,3	
8	320	-8,6	
10	400	-5,7	
15	599	-0,3	
20	799	3,8	
25	999	7,0	
30	1199	9,7	
40	1598	14,0	
50	1998	17,5	
60	2397	20,4	
70	2797	23,0	
80	3197	25,2	
90	3596	27,2	
100	3996	29,0	
110	4395	30,7	
120	4795	32,2	
130	5194	33,6	
140	5594	34,9	
150	5994	36,2	
160	6393	37,4	
170	6793	38,5	
180	7192	39,6	
190	7592	40,6	
200	7991	41,5	

