

9. Levegő-előkészítés, alapfogalmak

Sűrített levegő

FONTOS! Azt a tényt egyáltalán nem lehet megkerülni, hogy **egy pneumatikus rendszer üzembiztonsága nagyban függ a sűrített levegő minőségétől.**

A levegő főbb alkotórészei a nitrogén (N₂) 78,09 %, oxigén (O₂) 20,95 %, argon (Ar) 0,93 %, és a térfogat 0,03 %-ban egyéb gázok, mint szén-dioxid, metán, valamint nemesgázok. A levegő egyéb szennyezőanyagokat is tartalmazhat, például kén tartalmú gázokat, szén-monoxidokat, vízgőzt és különféle szállóport.

A sűrített levegő előállításához ez a "**hozott anyag**". Azonban a kompresszálas és a szállítás folyamán még további nemkívánatos elemek is kerülhetnek a rendszerbe, míg felhasználásra nem kerül.

Annak megfelelően, hogy milyen követelményeknek kell megfelelnie a sűrített levegőnek, **szabványosították a sűrített levegő tisztasági osztályait.**

A sűrített levegő tisztasági osztályba sorolása - ISO 8573-1 szabvány

A sűrített levegőben a **szilárd részecskék**, a **víz**, valamint az **olaj** a három fő szennyező, amelyeket a sűrített levegő tisztasági kategóriái szerint osztályokba sorolják. A szennyezők koncentrációit úgy csoportosítják, hogy minden egyes tartomány saját tisztasági osztály szerinti indexet kap.

Adott mérési pontban, a sűrített levegő tisztasági osztályának a jelölési elve a következő adatokat tartalmazza: **ISO 8573-1:2010 [A:B:C]**

- **A** - részecskeosztályok | 0...8, X
- **B** - nedvességtartalom | 0...9, X
- **C** - olajtartalom | 0...4, X

Ha a szennyezési szint az **X osztályba** esik, akkor a szennyező legnagyobb koncentrációját kerek zárójelben kell megadni. A következő példában a folyékony víztartalom koncentrációja, Cw 15 g/m³.

Például: ISO 8573-1:2010 [4:X(15):3]

Az ISO 8573-1:2010 szabvány szerinti szennyezőanyagok osztályozása

ISO 8573-1: 2010	Szilárd részecske			Részecske koncentráció mg/m ³	Nedvesség		Olaj Teljes olajtartalom (folyadék, aeroszol, gőz) mg/m ³
	Maximális részecskeszám, részecske / m ³				Vízgőz harmatpont °C	Folyadék koncentráció g/m ³	
	részecskeátmérő						
Osztály	0,1...0,5 µm	0,5...1 µm	1...5 µm				
0	Az 1-es osztálynál szigorúbb előírások (a Felhasználó által meghatározandó)						
1	≤ 20 000	≤ 400	≤ 10	-	≤ -70	-	0,01
2	≤ 400 000	≤ 6 000	≤ 100	-	≤ -40	-	0,1
3	-	≤ 90 000	≤ 1 000	-	≤ -20	-	1
4	-	-	≤ 10 000	-	≤ +3	-	5
5	-	-	≤ 100 000	-	≤ +7	-	-
6	-	-	-	≤ 5	≤ +10	-	-
7	-	-	-	5 - 10	-	≤ 0,5	-
8	-	-	-	-	-	0,5 - 5	-
9	-	-	-	-	-	5 - 10	-
X	-	-	-	> 10	-	> 10	> 10

Standard pneumatikus alkalmazások esetén az alábbi tisztasági osztályú sűrített levegő javasolt:

ISO 8573-1:2010 [7:4:4]

A szabvány szerint megengedett szennyezőanyag értékek:

- a szilárd részecskék koncentrációja **5-10 mg/m³**
- a vízgőz harmatpontja kisebb legyen, mint **3 °C**
- az olajtartalom koncentrációja max. **5 mg/m³**

Speciális alkalmazások esetén ennél szigorúbb tisztasági osztályú sűrített levegőre is szükség lehet, amelyet hatékonyabb levegő-előkészítéssel lehet elérni.

A sűrített levegő előállításához és előkészítéséhez kapcsolódó fogalmak

A sűrített levegő előállítása során fontos szempont, hogy a legkisebb költséggel tudjuk előállítani az **olajmentes sűrített levegőt**, valamint hogy a **leggazdaságosabban tudjuk előkészíteni** a felhasználásra.

Napjainkban minden kétséget kizáróan bebizonyosodott, hogy mind olajmentes elven működő, mind pedig olaj vagy folyadék-befecskendezéses kompresszorokkal létre lehet hozni kiváló minőségű, olajmentes / alacsony olajtartalmú sűrített levegőt, **amennyiben megfelelő levegő-előkészítést alkalmaznak** - természetesen a hatékonysági-, és gazdasági szempontokat nem lehet figyelmen kívül hagyni.

A "hozott anyag" - azaz milyen a kompresszor által beszívott levegő minősége?

A levegő minősége természetesen **nagymértékben függ a környezeti feltételektől.**

A **szénhidrogén-tartalom** az ipar és a közlekedés emissziója (*levegőterhelése*) következtében akár már a normál szennyezettsgű zónákban is elérheti a **4-14 mg/m³** értéket.

Ipari csarnokokban, ahol az olajat mint hűtő-kenő és folyamatközeget alkalmazzák, a levegőnek az **olajtartalma** is messze meghaladhatja a **10 mg/m³** értéket.

Ehhez jönnek még az olyan további szennyezőanyagok, mint a kén-dioxid, korom, fémek és a **szálló por**, valamint a **légnedvesség**.

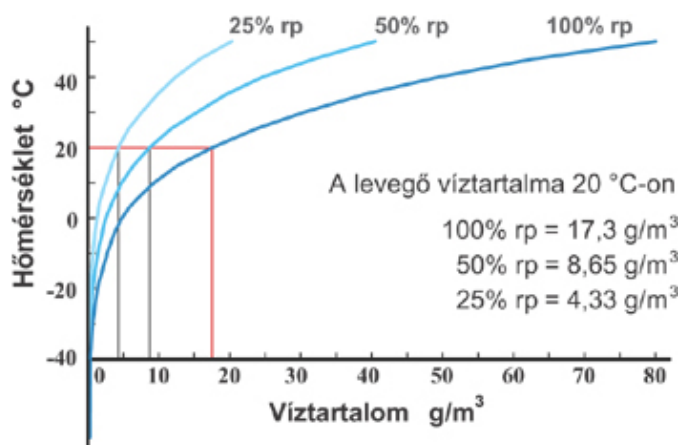
Mit jelent az "olajmentes sűrített levegő"?

Az ISO 8573-1 szabvány szerint a sűrített levegőt abban az esetben lehet olajmentesnek nevezni, ha olajtartalma (az olajködöt is beleértve) a **0,01 mg/m³ érték alatt van**. Ez körülbelül 4 %-a annak a mennyiségnek, amit a környezeti levegő tartalmaz. *(Ez a mennyiség olyan elenyészően csekély, hogy szinte már alig kimutatható.)*

Ezt a tisztaságot élelmiszeriparban, gyógyszeriparban, valamint különösen nagy levegőtisztaságot igénylő területeken alkalmazzák.

A légnedvesség oka

Környezeti levegő mindig tartalmaz bizonyos mennyiségű vizet. Ez a vízmennyiség a mindenkor környezeti hőmérséklettől függ. Például a vízgőzzel 50 %-ban telített levegő +20 °C hőmérsékleten 8,65 gramm vizet tartalmaz köbméterenként.



Az **abszolút páratartalom** az 1 m³ levegőben lévő víz mennyiségét adja meg.

A **maximális páratartalom** (telítettségi érték) a legnagyobb vízmennyiség, amelyet 1 m³ levegő az adott hőmérsékleten képes felvenni.

A levegő tulajdonságainak szempontjából azonban az is fontos információ, hogy mennyire van vízzel telítve a levegő, mennyi párárt tud még felvenni.

A **relatív páratartalmat** a maximális páratartalom százalékában adjuk meg.

$$\text{relatív páratartalom} = \frac{\text{abszolút páratartalom}}{\text{maximális páratartalom}} \cdot 100 (\%)$$

Adott hőmérsékleten és nyomáson az egységnyi térfogatú levegő csak meghatározott mennyiségű vizet képes felvenni. Ha a maximális mennyiséget felvette, telítetté válik.

Az alábbi táblázatban található **maximális páratartalom** (telítettségi érték)

Hőmérséklet (°C)	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	5	10	15	20	25	30	35	40
Víz tartalom (g/m ³)	0,4	0,7	1,1	1,6	2,4	3,4	4,8	6,8	9,4	12,8	17,3	23,1	30,4	39,6	51,2

Ha a levegő relatív páratartalma 100% fölé emelkedik, akkor a benne levő pára kicsapódik. Egy adott légtömeg esetében azt a hőmérsékletet, amin a víz kicsapódik belőle, **harmatpontnak** nevezzük.

Ha a vízgőzzel telített levegő nyomását növeljük, vagy hőmérsékletét csökkentjük, pára csapódik ki belőle. **Pontosan ez történik egy kompresszor sűrítőblokkjában és utánhűtőjében is - a levegőben lévő oldott páratartalom kicsapódik és kondenzátum keletkezik.**

A sűrített levegő szárítása, mint alapkérdés

A probléma szó szerint a levegőben van! Amikor a környezeti levegő lehül - *ahogy az a sűrítés után a kompresszorban is történik* - akkor a vízgőz kicsapódik.

Gyakorlati példa

Egy csavarkompresszor **20°C hőmérsékleten**, környezeti nyomáson percnként **10 m³, 60 %-os relatív páratartalmú levegőt szív be.**

Ez a levegőmennyiség kb. **104 g vízgőzt tartalmaz.** (A levegő maximális nedvességtartalma 20 °C-on 17,3 g/m³, amelynek az értéke nomogramból olvasható. 60 %-os páratartalom mellett = $17,3 \times 60 / 100 = 10,38 \text{ g/m}^3$. 10 m³ környezeti levegő esetén = 103,8 g vizet tartalmaz.)

Amennyiben ezt a levegőmennyiséget 1:10-es sűrítési aránnyal, **10 bar nyomásra sűrítjük**, akkor **1 m³ sűrített levegőt** kapunk eredményül percnként.

A sűrítés utáni hőmérséklet közel 80 °C. Ezen a hőmérsékleten 290 g vizet tud felvenni a levegő köbméterenként (*nomogramból kapott érték*).

Mivel azonban a valóságban csak kb. 104 g vízgőzt tartalmaz, a **relatív nedvességtartalma 36 %** körüli érték, azaz meglehetősen száraz, így nem keletkezik kondenzátum. (*relatív páratartalom = abszolút páratartalom / maximális páratartalom x 100 (%)*. Értékekkel behelyettesítve: $104 \text{ g} / 290 \text{ g} \times 100 (\%) = 35,8 \%$.)

A kompresszor **utóhűtőjében** a sűrített levegő hőmérséklete **80 °C-ról, kb. 35 °C-ra csökken.** Ezt követően a sűrített levegő viszont már csak 39,6 g/m³ (*nomogramból kapott érték*) vizet tud felvenni.

A két érték különbözetének megfelelően így kb. **64 g/min vízmennyiség keletkezik**, amelyet nem tud a sűrített levegő megkötni, ezért kicsapódik. ($103,8 \text{ g/m}^3 - 36,9 \text{ g/m}^3 = 64,2 \text{ g/m}^3$)

A fenti példában **egy 8 órás munkanap alatt közel 31 liter kondenzátum keletkezik.**

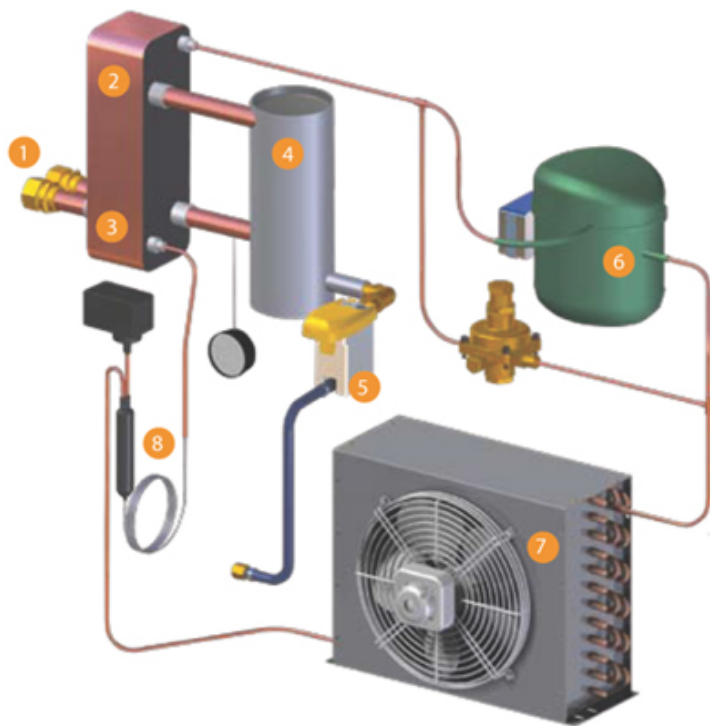
Ezt a vízmennyiséget az üzembiztonság megelőzése miatt **el kell távolítani a rendszerből**. A sűrített levegő szárítása tehát fontos összetevője a megfelelő levegő-előkészítésnek - a felhasználási igények figyelembevételével.

FONTOS! A sűrített levegőben lévő nedvesség ott válik ki – kondenzálódik -, ahol az **áramlási térfogat megnő**, valamint a **hőmérséklete lecsökken**. Ez a jelenség általában a légtartályokban jelentkezik először, de a légkörben és a működtetett berendezésekben is jelen van.

FONTOS! A rendszerbe beépített általános szűrők (50 ... 0,01 mikron) a **levegő páratartalmát nem tudják befolyásolni**, csak a szilárd szennyeződések szűrik meg a szűrési finomságuknak megfelelően. Az a vízmennyiség, amely megjelenik a szűrőpoharakban, a rendszerben csepp formájába összegyűlt párat tartalmazza, de ez elenyésző mennyiség a sűrített levegőben lévő oldott páratartalomhoz képest.

A sűrített levegő **szárítási módjai**:

- **abszorpciós szárítás**
Az abszorpciós szárítás tisztán kémiai eljárás. A sűrített levegőt szárítóanyag-rétegen vezetik át. A vizet illetve vízgőzt a szárítóanyag kémiai úton leköti, ezáltal fokozatosan elhasználandó, amelynek az utántöltéséről, cseréjéről gondoskodni kell.
- **adszorpciós szárítás**
Az adszorpciós szárítás fizikai eljárás, amelynek során a sűrített levegőt egy porózus szerkezetű anyagon, egy speciális gélen vezetik át, amely a vizet és a vízgőzt elnyeli. A gél lekötő képessége korlátozott, ezért telítődés után egyszerű művelettel regenerálható. A töltet kiszárítása levegő átfúvatásával történik.
- **membrán szárítás**
A membrán szárítót sűrített levegő és gázok szárítására használják, alacsony átáramlás mellett (túlnyomórészt a max. 1000 l/min), alacsony sűrített levegő harmatpont esetén, külső szárítóként. A központi eleme egy polymer-mikroszál-üreges membrán, amely úgy van kialakítva, hogy kizárólag a vízmolekulák tudnak átjutni a membránfalán.
- **hűtve szárítás**
A hűtőszárító a harmatpont-hőmérsékletre történő hűtés elvén működik. A szárítandó levegő egy hőcserélőbe áramlik, amelyet egy hűtő aggregát +3°C-ra hűt, amely lehűti a beáramló sűrített levegőt. A lecsapódó olaj- és vízkondenzátumot a hőcserélő a csapadékleválasztóba vezeti. A sűrített levegőt ezután egy finomszűrőn szükséges átvezetni a maradó szennyeződések leválasztása céljából.

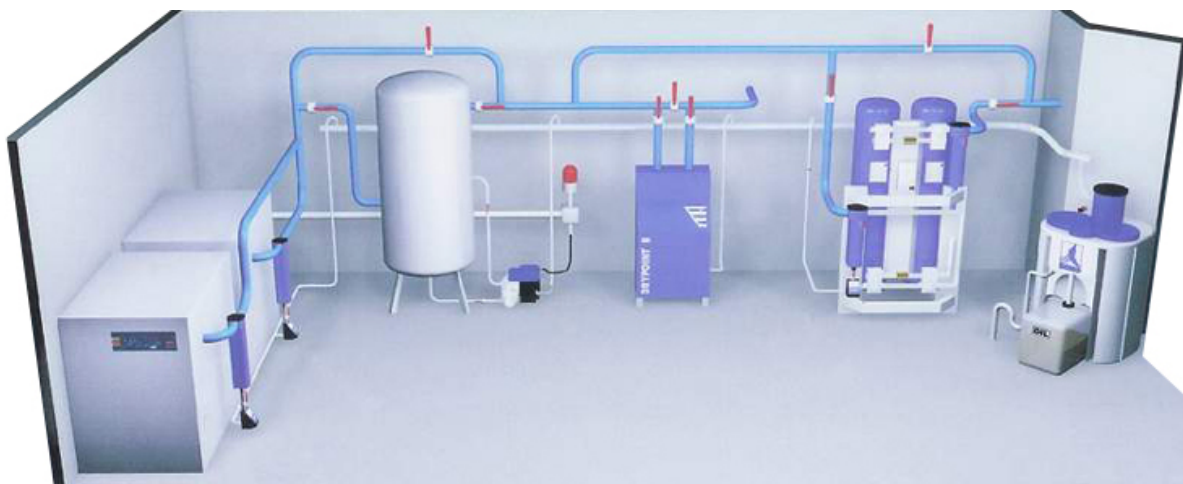


1. sűrített levegő be-, illetve kilépés
2. levegő-levegő hőcserélő
3. levegő-hűtőközeg hőcserélő
4. kondenzátum-leválasztó
5. kondenzátum-leeresztő
6. hűtőközeg kompresszor
7. hűtőközeg-cseppfolyósító (léghütéses)
8. hűtőközeg befecskendezés

Miért szükséges a levegő-előkészítés?

A kivitelétől függetlenül valamennyi kompresszor olyan, mint egy "óriási porszívó", amely beszívja a környezeti levegőben lévő szennyeződések. A sűrítés folyamán koncentrálnja, majd a nem megfelelő levegő-előkészítés esetén a sűrített levegő hálózatba továbbítja a szennyeződések.

A **sűrített levegő előállítását (kompresszor)**, a megfelelő előkészítését (*hűtve szárító berendezés, rendszer-szűrő egységek*) és a felhasználás helyére történő szállítását (*csővezeték rendszer*) tekintjük "adottnak", hiszen ettől a ponttól tekinthetjük a rendszerünket pneumatikus rendszernek.



A pneumatikában az egyik meghatározó elem a levegőelőkészítő egység, hiszen ezekkel az egységekkel tudjuk biztosítani a pneumatikus rendszer működéséhez szükséges levegő jellemzőit (*szűrési finomság, üzemi nyomás értéke, ködolajozás mértéke*).

A pneumatikus berendezések biztonságos üzemeltetéséhez elengedhetetlenül szükséges a megfelelően előkészített sűrített levegő.

A cél azonban nem csak a megbízhatóság és az üzembiztoság javítása, hanem a berendezések élettartamának növelése is. A **pneumatikus rendszerek optimális teljesítményének és védelmének érdekében** a sűrített levegőnek **száraznak, szabályozottnak** és szükség szerint **olajozottnak** kell lennie.

A pneumatikus rendszer szerkezetére jellemző, hogy a feladattól függően az alábbi elemek a rendszerben korlátozás nélkül elhelyezhetők.

A levegőelőkészítő termékcsoportha soroljuk az alábbi elemeket:

- levegőszűrő egységek
- nyomásszabályzó egységek
- olajozó egységek
- különféle bekapcsoló- és lágyfeltöltő egységek
- elosztók és ezekhez illeszthető nyomáskapcsolók