



# Tartalom

## Alapismeretek

<b>1. fejezet</b>	A sűrített levegő előállításával kapcsolatos alapfogalmak .....	4
<b>2. fejezet</b>	A sűrített levegő gazdasági célú előkészítése .....	6
<b>3. fejezet</b>	Miért szükséges a sűrített levegő szárítása? .....	8
<b>4. fejezet</b>	A kondenzátum automatikus elvezetése .....	10
<b>5. fejezet</b>	A kondenzátum kedvező árú és biztonságos előkészítése .....	12
<b>6. fejezet</b>	Hatékony kompresszorvezérlés .....	14
<b>7. fejezet</b>	A kompresszorok fogyasztásnak megfelelő optimális beállítása .....	18
<b>8. fejezet</b>	Energiamegtakarítás hővisszanyeréssel .....	20
<b>9. fejezet</b>	Új sűrítettlevegő-hálózatok tervezése .....	22
<b>10. fejezet</b>	Régi sűrítettlevegő-hálózatok modernizálása .....	24
<b>11. fejezet</b>	Sűrítettlevegő-szükséglet elemzése (ADA) – Az aktuális állapot felmérése .....	26
<b>12. fejezet</b>	A leggazdaságosabb koncepció megtalálása .....	30
<b>13. fejezet</b>	A kompresszorállomás gazdaságos hűtése .....	32
<b>14. fejezet</b>	Megbízhatóság és költséghatékonyság hosszú távú fenntartása .....	34

## Gyakorlati tippek

<b>1. tipp</b>	Megtakarítás az optimális nyomással .....	40
<b>2. tipp</b>	Megfelelő nyomás a levegőcsatlakozásnál .....	42
<b>3. tipp</b>	A sűrített levegő hatékony elosztása .....	44
<b>4. tipp</b>	Csővezetékek a kompresszorállomáson.....	46
<b>5. tipp</b>	A kompresszorok helyes felállítása .....	48
<b>6. tipp</b>	A kompresszorállomások légcseréje.....	49
<b>7. tipp</b>	A kompresszorállomások szellőztetése .....	50

## Függelék

<b>1. függelék</b>	Nomogram – A cső belső átmérőjének meghatározása .....	50
<b>2. függelék</b>	Példakérdőívek az energiatakarékos rendszerszolgáltatáshoz .....	52

# Előszó



Thomas Kaeser  
okl. mérnök-közgaz-  
dász



Tina-Maria Vlantoussi-Kaeser  
okl. mérnök-közgazdász

Kedves Olvasók!

Több mint kétezer évvel ezelőtt fogalmazta meg a híres görög filozófus, Szókratész a nagy igazságot: „Egyetlen jó létezik csak: a tudás, és egyetlen rossz: a tudatlanság”.

A Nyugat szellemiségének egyik megalapozójától származó idézet napjainkban még inkább érvényes, mint akkor volt, hiszen úgy tűnik, a jelenben az egyetlen állandó a változás. A technikai fejlődéssel kapcsolatos, egyre növekvő mértékű és sebességű változások, valamint a gazdasági globalizáció folyamatosan új válaszokat és új megoldási stratégiákat követel meg.

A kihívások minden eddiginél inkább tekintendők olyan lehetőségeknek, amelyek felismerése és kihasználása a jövőbeli nagyobb sikerek záloga. A világ folyamatosan növekvő összekapcsoltsága és összetettsége révén pedig a jövő legjelentősebb nyersanyaga a tudás lesz. A tudás állandóan bővül, és ezért az egyes versenyzők számára csak a képzés és a folyamatos továbbképzés iránt való rendkívül magas elköteleződés mellett érhető el.

Így már a sűrített levegő-technológiában sem elegendő csak azt tudni, hogy hogyan lehet hatékony kompresszorokat építeni, szakszerűen telepíteni és üzemeltetni.

Aki a sűrített levegőt mint energiahordozót korszerű módon, azaz lehetőleg hatékonyan szeretné hasznosítani, annak a sűrített levegős rendszereket sokkal inkább egészként kell kezelnie. Ezenfelül szükséges a rendszerben jelen lévő sokrétű kölcsönhatások és kölcsönös kapcsolatok, valamint a rendszer üzemi környezetbe való bekapcsolásának ismerete is.

A KAESER KOMPRESSOREN ezért kiemelt figyelmet fordít az ügyfelei továbbképzésére. Ennek számos módszerét alkalmazzuk. A KAESER jól képzett és sok éves gyakorlati tapasztalattal rendelkező szakemberei egész évben úton vannak a világ körül, hogy különböző kongresszusokon, előadásokon és szemináriumokon előadást tartsanak a sűrített levegő hatékony előállításáról és felhasználásáról. Ezenfelül számos szakkiadványban közreműködnek a média különböző felületein.

A kezükben tartott kiadványban az ő átfogó szakértelmük összefoglalását olvashatja. A sűrített levegő-technológia szakterületébe való megalapozott, olvasmányos bevezetés mellett számos gyakorlatorientált tippet is találhat, amely hasznos lehet a létesítmények üzemeltetői és a sűrített levegő felhasználói számára is. Valamint megtudhatja, hogy gyakran a sűrített levegő-rendszeren végzett kisebb módosításokkal is az energiahordozó hatékonyságának és rendelkezésre állásának érezhető növekedése érhető el.

## 1. fejezet

# A sűrített levegő előállításával kapcsolatos alapfogalmak

Tulajdonképpen a sűrített levegőre is igaz, ami sok más dologra az életben: Az ördög gyakran a részletekben rejlik. Sokszor az apró dolgoknak is nagyon nagy hatásuk lehet – akár pozitív, akár negatív irányban. Ha pedig tüzetesebben megvizsgáljuk a dolgokat, sokszor kiderülhet, hogy a helyzet nem olyan, mint amilyennek első pillantásra tűnt. Éppen ezért a sűrített levegő használata kedvezőtlen körülmények között akár sokba is kerülhet, ám megfelelő keretfeltételek mellett nagyon gazdaságos is lehet. Az első fejezetben a sűrített levegő-technológia négy alapfogalmát tisztázzuk, valamint azt, hogy ezekkel összefüggésben mire kell Önnek különösen odafigyelnie.

## 1. Szállítási teljesítmény

Egy kompresszor szállítási teljesítménye az a levegőmennyiség, amelyet a kompresszor összesűrített állapotban a sűrített levegő-hálózatba továbbít. Ennek a mennyiségnek a pontos mérését a DIN 1945 (1. rész, F melléklet) és az ISO 1217, (C melléklet) szabványok rögzítik. A szállítási teljesítmény mérése az 1. ábra alapján történik: Először a teljes berendezés levegőbelépési pontjánál mérik a hőmérsékletet, az atmoszferikus légnyomást, valamint a levegő páratartalmát. Ezt követően a kompresszorberendezés sűrített levegő-kilépésénél mérik a maximális üzemi nyomást, a sűrített

levegő hőmérsékletét és a szállított levegő térfogatát. Végezetül a sűrített levegő-kilépésnél mért  $V_2$  térfogatot a gázegyenlet segítségével (lásd a képletet) visszszámolják a szívóoldali feltételekre.

$$V_1 = \frac{V_2 \times P_2 \times T_1}{[P_1 - (P_D \times F_{rel})] \times T_2}$$

Ennek a számításnak az eredménye adja meg a kompresszor szállítási teljesítményét. Ez az érték nem keverendő össze a kompresszorblokk szállítási teljesítményével (blokk szállítási teljesítménye).

### Figyelem!

A DIN 1945 és az ISO 1217 csak a blokk szállítási teljesítményét adja vissza.

## 2. Motor által leadott teljesítmény

A motor által leadott teljesítményen azt a teljesítményt értjük, amelyet a kompresszor hajtómotorja a motortengelyen mechanikusan lead. A motor által leadott teljesítménynek az az optimális értéke, amelynél a motor túlterhelése nélkül az elektromos hatások optimálisan kihasználható és a  $\cos \varphi$  teljesítményfaktor elérhető. Ez az érték a motor névleges teljesítményének tartományában található. Ennek értéke a villanymotor típus tábláján szerepel.

**Figyelem!** Amennyiben a motor által leadott teljesítmény jelentős mértékben eltér a motor névleges teljesítményétől, akkor a kompresszor működése gazdaságtalan és/vagy nagyobb kopásnak van kitéve.

## 3. Elektromos teljesítményfelvétel

Az elektromos teljesítményfelvétel az a teljesítmény, amit a kompresszor hajtómotorja a motortengely egy meghatározott mechanikus terhelése (Hajtómotor kimeneti teljesítménye) esetén a villamos hálózathoz felvesz. Ennek értéke megegyezik a motor által leadott teljesítmény motorvesztésekkel megnövelt értékével. Ide tartoznak a motor elhelyezkedése és levegőztetése miatt kialakult elektronikus és mechanikus veszteségek. Az elektromos teljesítményfelvétel értéke a névleges értékhez tartozó pontban a következő képlettel adható meg:

$$P = U_n \times I_n \times \sqrt{3} \times \cos \varphi_n$$

Az  $U_n$ ,  $I_n$ , és  $\cos \varphi_n$  értékei a villanymotor típus táblájának találhatók.

## 4. Fajlagos teljesítmény

Megfelelő üzemi nyomásnál a felvett elektromos teljesítményfelvétel és a leadott levegőmennyiség kapcsolatát fajlagos teljesítménynek nevezzük (2. ábra). Az egy kompresszor által a hálózathoz felvett elektromos teljesítmény a kompresszor összes meghajtása, pl. a hajtómotor, a ventilátormotor, az olajszivattyú-motor, az állófűtés stb. által felvett elektromos teljesítmény összege.

Amennyiben a fajlagos teljesítményre jövedelmezőségi számításokhoz van szükség, ezt a kompresszorberendezés egészére, maximális üzemi nyomás alkalmazásával kell vonatkoztatni. Ilyenkor az összes elektromosan felvett teljesítmény értékét (maximális



1. ábra: Szállítási teljesítmény mérése az ISO 1217, C függelék (DIN 1945, F függelék) szerint

nyomásnál) elosztják a berendezés szállítási teljesítményével (maximális nyomásnál):

$$P_{\text{spec}} = \frac{\text{elektromos teljesítményfelvétel}}{\text{szállítási teljesítmény}}$$

### 5. IE – az energiatakarékos meghajtás új képlete

1997-ben az Amerikai Egyesült Államok energiapolitikai törvényében (Energy Policy Act – EPACK) bevezette a háromfázisú váltóárammal működő aszinkronmotorok energiahatékonysági osztályozását. Később ezt a hatékonysági osztályozási rendszert Európában is bevezették. 2010 óta pedig a villanymotorokra nemzetközi IEC-szabvány vonatkozik. Az osztályozás és a törvényi előírások következtében a prémiumkategóriás villanymotorok energiahatékonysága jelentős mértékben megnövekedett. A hatékonyabb motorok jelentős előnyöket biztosítanak:

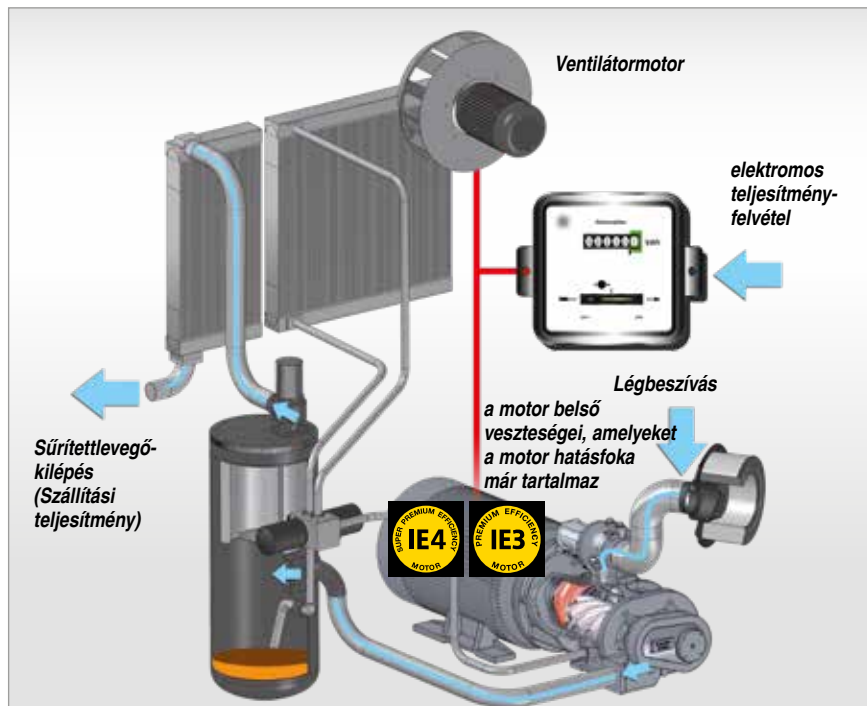
#### a) Alacsonyabb üzemi hőmérséklet

A belső hatásfokvesztések (sűrűlódás, felmelegedés) a kisebb motorok esetében akár a felvett teljesítmény 20 %-át is kitehetik, és ez az érték még 160kW motorteljesítmény felett is 4-5 %. Az IE3/IE4-motorok ezzel szemben jóval kevésbé melegsznek fel, emiatt a fellépő veszteségek is kisebbek (3. ábra):

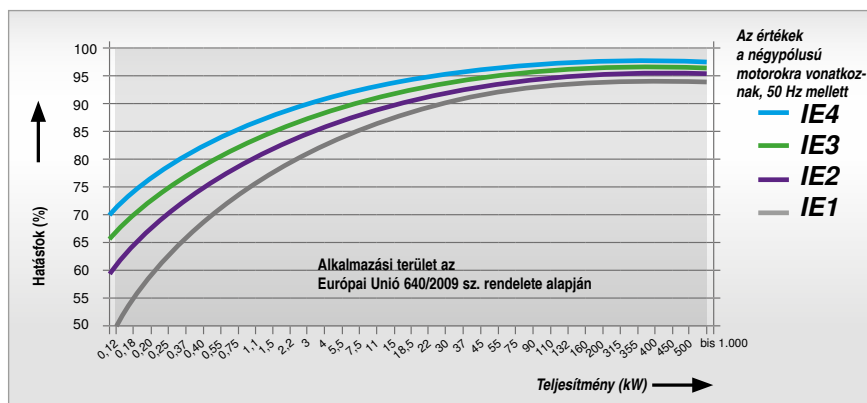
Amíg egy hagyományos motor normál kihasználtság mellett körülbelül 80K üzemi hőmérséklet-emelkedés esetén 20K hőmérséklet-tartalékkal rendelkezik az F szigetelési osztállyal szemben, addig egy IE-motor hőmérséklete azonos feltételek mellett csak körülbelül 65K-kal emelkedik és 40K hőmérséklet-tartalékkal is rendelkezik.

#### b) Hosszabb élettartam

Az alacsonyabb üzemi hőmérsékletek által a motor, a csapágy és a kapcsó-



2. ábra: A csavarkompresszorok elméleti felépítése, a fajlagos teljesítmény meghatározása



3. ábra: Az IEC-szabvány – a villanymotorok hatékonyságának új osztályozási módszere.

2015. 01. 01. óta az Európai Unióban kötelezővé vált az IE3 besorolású motorok használata. Időközben megjelent egy még magasabb motorhatásfokkal rendelkező villanymotorosztály, az IE4

lódoboz hőterhelése is alacsonyabb. Így további előnyként említhető a motor ebből adódó hosszabb élettartama.

#### c) 6%-kal több sűrített levegő kevesebb energiával

Az alacsonyabb hővesztés nagyobb fokú gazdaságosságot jelent. Így a KAESER a kompresszorok esetén a hatékonyabb motorokra való átvál-

tással a szállítási teljesítményt 6%-kal növelni, a fajlagos teljesítményt pedig 5%-kal javítani tudta. Ez azt jelenti, hogy egy köbméternyi előállított sűrített levegőre vonatkoztatva nagyobb szállítási teljesítményt, rövidebb kompresszor-üzemidőket és kisebb energiafelhasználást értünk el.

## 2. fejezet

# A sűrített levegő gazdaságos előkészítése

Ha azt kérdezik, hogy melyik kompresszor-rendszer állít elő legjobban olajmentes sűrített levegőt, erre ma – az egyes gyártók kijelentéseitől függetlenül – a helyes válasz: mind olajmentesen (szárazon) sűrítő, mind pedig olaj- vagy folyadékhűtési kompresszorokkal létre lehet hozni kiváló minőségű olajmentes sűrített levegőt. A rendszer kiválasztásánál így a gazdaságosság jelentheti a legfőbb döntési tényezőt.

### 1. Mit is 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/m<sup>3</sup> érték alatt van. Ez körülbelül 4%-a annak a mennyiségnek, amit az atmoszferikus levegő tartalmaz. Ez a mennyiség olyan elenyészően csekély, hogy szinte már alig kimutatható. De mi a helyzet a kompresszor által beszívott levegő minőségével?

Ez természetesen nagyban függ a környezeti feltételektől. A szénhidrogén-tartalom az iparból és a közlekedésből származó emisszió következtében akár már a normál szennyezettségű zónákban is elérheti a 4–14 mg/m<sup>3</sup> értéket. Iparvidékeken, ahol az olajokat kenő-, hűtő- és munkanyagként is alkalmazzák, a levegőnek már az ásványolaj-tartalma is messze meghaladhatja a 10 mg/m<sup>3</sup> értéket.

Ehhez jönnek még az olyan további szennyezőanyagok, mint a szénhidrogének, a kén-dioxid, a korom, a fémek és a por.

### 2. Miért szükséges az előkészítés?

Minden kompresszor olyan, mint egy óriási porszívó, amely felszívja, a levegő összesűrítésével koncentrálja, majd előkészítés hiányában a sűrített levegő-hálózatba is továbbítja a szennyeződések.

### a) „Olajmentes” kompresszorok

Mindez különösen érvényes a szárazon sűrítő kompresszorok esetében. Az 1. pontban leírt tényezők miatt az olyan kompresszorokkal, amelyek mindössze egy 3 mikronos porszűrővel rendelkeznek, nem lehetséges olajmentes levegőt előállítani. A szárazon sűrítő kompresszorok az ilyen porszűrőkön kívül nincsenek előkészítésre alkalmas egyéb alkotóelemekkel felszerelve.

### b) Folyadék-, illetve olajhűtési kompresszorok

A fentiekkel ellentétben az olaj- és folyadékhűtési kompresszorok esetében a hűtőfolyadék (olaj) az agresszív anyagokat semlegesíti, a szilárd szennyeződések pedig részben szinte „kimossa” a sűrített levegőből.

### 3. Előkészítés nélkül nem lehetséges a meghatározott sűrített levegő-minőség elérése

Az előállított sűrített levegő magasabb tisztaságfoka ellenére e téren is igaz: előkészítés nélkül nem megy. Önmagában sem az olajmentes, sem pedig az olajhűtéssel történő sűrítéssel nem lehet elérni az olajmentes sűrített levegő ISO 8573-1 szabványban definiált minőségét a szokásos beszívási feltételek és az ott fellépő levegőszennyeződések mellett.

A sűrített levegő előállításának gazdaságossága nagyban függ a nyomás és a szállítási teljesítmény tartományától, másfelől a szükséges kompresszortípustól. Minden gyakorlatban is használt sűrített levegő-előkészítési módszer alapja a megfelelő mértékű szárítás. A legtöbb esetben a legtakarékosabb eljárás a hűtveszárítás (lásd ezzel kapcsolatban a 3. fejezetet, 9. o.).

### 4. Előkészítés a KAESER Clean Air rendszerével

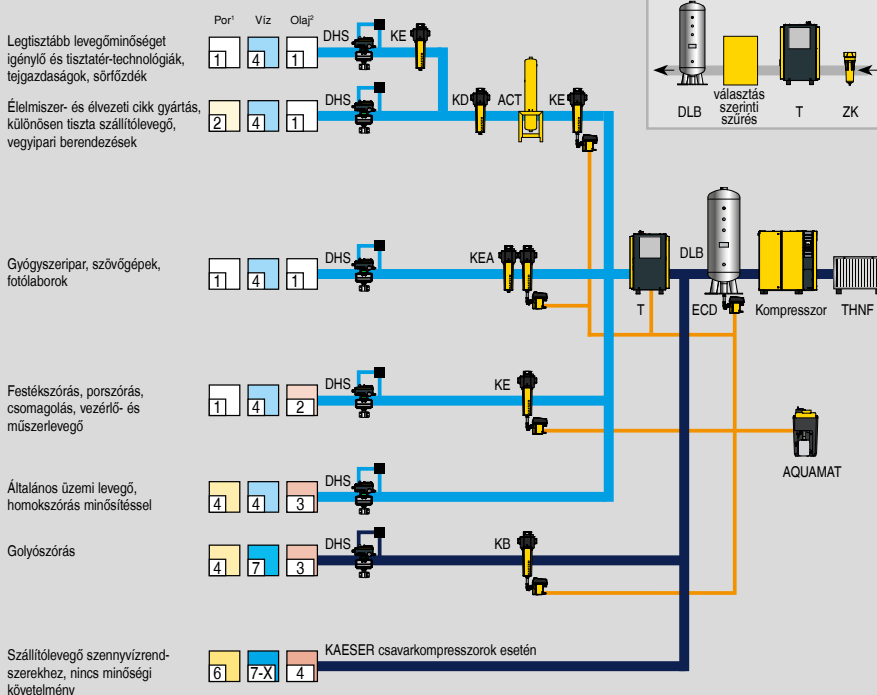
A modern folyadék- vagy olajhűtési csavarkompresszorok hatásfoka mintegy 10 százalékkal múlja felül

a szárazon sűrítő berendezéseket. A KAESER által a folyadék- vagy olajhűtési és a szárazon sűrítő kompresszorokhoz kifejlesztett Clean Air rendszerrel további, akár 30%-os költségmegtakarítás is elérhető. Az így elért visszamaradó olajtartalom értéke kevesebb mint 0,003 mg/m<sup>3</sup>, azaz jelentősen az ISO-szabvány által az 1. minőségi osztály számára (a visszamaradó olajtartalom mennyiségére vonatkozóan) meghatározott határérték alatt van. A rendszer tartalmazza a megfelelő sűrített levegő előállításához szükséges valamennyi előkészítő komponenst. A felhasználási területtől függően hűtveszárítókat vagy adszorpciós szárítókat (lásd a 3. fejezetet, 9. oldal), illetve különböző szűrőkombinációkat alkalmazunk. Ily módon megbízhatóan és alacsony költséggel állítható elő a száraz, a részecskementes, a „technikailag olajmentes”, a steril, és az összes további sűrített levegő-minőségi osztály, az ISO-szabvány előírásainak megfelelően (1. ábra).

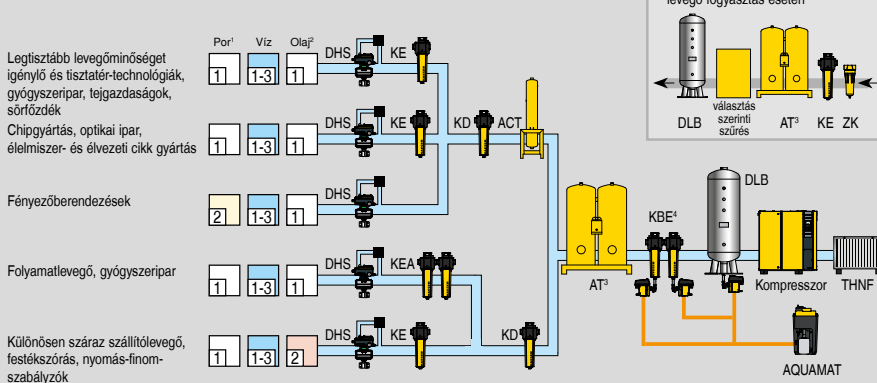
## Válassza ki az igénynek/felhasználásnak megfelelő, kívánt előkészítési fokot:

Felhasználási példák: kiválasztva az ISO 8573-1 (2010) szerinti előkészítési fok

### Sűrített levegő előkészítés hűtveszártóval



### Sűrített levegő előkészítés adszorpciós szárítóval



1) Elérhető részecskeosztály szakszerűen kivitelezett csövezés és üzembe helyezés esetén.  
 2) Elérhető teljes olajtartalom az ajánlott kompresszorolajok és megfelelően tisztított beszívott levegő esetén.  
 3) Melegen regeneráló adszorpciós szárítók után magas hőmérsékletre alkalmas szűrők és adott esetben utánhűtő szükségesek.  
 \*) Kritikus alkalmazásoknál, amelyek nagyon magas tisztaságú sűrített levegőt követelnek meg (pl. az elektronikai és optikai berendezések gyártó ipar) egy Extra kombináció (szűrőkombináció KB- és utáncsatolt KE-szűrővel) alkalmazása ajánlott.

Magyarázatok	
ACT	Aktívszén-adszorber
AQUAMAT	Olaj-víz szétválasztó
AT	Adszorpciós szárító
DHS	Nyomástartórendszer
DLB	Sűrített levegő tartály
ECD	ECO-DRAIN
KA	Aktívszén szűrő, adszorpció
KB	Koaleszcens szűrő, Basic
KBE	Extra kombináció
KD	Porszűrő, szennyeződés
KE	Koaleszcens szűrő, Extra
KEA	Karbon kombináció
T	Hűtveszártó
THNF	Szekrényes előszűrő
ZK	Ciklonleválasztó

Sűrített levegő minőségi osztályok az ISO 8573-1 (2010) szerint:

Szilárd részecskék / por			
Osztály	Max. részecskemennyiség/m <sup>3</sup> ; d részecskéatmérvével (µm)		
	0,1 ≤ d ≤ 0,5	0,5 ≤ d ≤ 1,0	1,0 ≤ d ≤ 5,0
0	egyéni definíciók a KAESER céggel történt egyeztetés után		
1	≤ 20.000	≤ 400	≤ 10
2	≤ 400.000	≤ 6.000	≤ 100
3	nincs definiálva	≤ 90.000	≤ 1.000
4	nincs definiálva	nincs definiálva	≤ 10.000
5	nincs definiálva	nincs definiálva	≤ 100.000
Osztály	Részecskék koncentráció C <sub>p</sub> (mg/m <sup>3</sup> *)		
6	0 < C <sub>p</sub> ≤ 5		
7	5 < C <sub>p</sub> ≤ 10		
X	C <sub>p</sub> > 10		

Víz	
Osztály	Nyomás alatti harmatpont [°C]
0	egyéni definíciók a KAESER céggel történt egyeztetés után
1	≤ -70 °C
2	≤ -40 °C
3	≤ -20 °C
4	≤ +3 °C
5	≤ +7 °C
6	≤ +10 °C
Osztály	A folyékony vízhányad koncentrációja C <sub>w</sub> (g/m <sup>3</sup> *)
7	C <sub>w</sub> ≤ 0,5
8	0,5 < C <sub>w</sub> ≤ 5
9	5 < C <sub>w</sub> ≤ 10
X	C <sub>w</sub> > 10

Olaj	
Osztály	Teljes olajkoncentráció (folyékony, aeroszol + gáz halmazállapotú) mg/m <sup>3</sup> *
0	egyéni definíciók a KAESER céggel történt egyeztetés után
1	≤ 0,01
2	≤ 0,1
3	≤ 1,0
4	≤ 5,0
X	> 5,0

\*) a következő referenciatételek esetén: 20 °C, 1 bar(absz), 0% légnedvesség

1. ábra: A felhasználónak nagy segítséget jelent, hogy a fenti folyamatábra valamennyi KAESER csavarkompresszor-prospektusban megtalálható. A felhasználási területből kiindulva a felhasználó bármikor pillanatok alatt megtalálhatja a berendezések megfelelő kombinációját

## 3. fejezet

# Miért szükséges a sűrített levegő szárítása?

A probléma szó szerint a levegőben van: Amikor az atmoszferikus levegő lehűl – ahogy az a sűrítés után a kompresszorban is történik –, akkor vízgőz csapódik le. Így egy 5 m<sup>3</sup>/min szállítási teljesítményű kompresszor (+20 °C környezeti hőmérséklet, 70%-os relatív páratartalom és 1 bar<sub>absz</sub> nyomás esetén) nyolc órás műszakonként körülbelül 30 liter vizet „állít elő”. Ezt a vízmennyiséget az üzemzavarok és a károsodások megelőzése végett el kell távolítani a rendszerből. Ennek következtében az adott felhasználási módnak megfelelő előkészítés egyik fontos alkotóeleme a gazdaságos és környezetbarát sűrítettlevegő-szárítás.

## 1. Egy gyakorlati példa

Ha egy folyadékűtéses csavar-kompresszor 20 °C hőmérsékleten, környezeti nyomáson percenként 10 m<sup>3</sup> 60%-os relatív páratartalmú levegőt szív be, akkor ez a levegőmennyiség kb. 100g vízgőzt tartalmaz. Amennyiben a levegőt 1:10-es sűrítési aránnyal 10 baros abszolút nyomásra sűrítjük, akkor 1 üzemi köbméter levegőt kapunk eredményül. Amennyiben viszont a sűrítés utáni hőmérséklet 80 °C, akkor a levegő ebben az esetben már 290g vizet tud felvenni köbméterenként. Mivel azonban a valóságban csak körülbelül 100 grammot tartalmaz, ezért a levegő relatív

nedvességtartalma körülbelül 35%, azaz meglehetősen száraz, így nem keletkezik kondenzátum. A kompresszor utánhűtőjében a sűrített levegő hőmérséklete 80-ról körülbelül 30 °C-ra csökken.

Ezután a sűrített levegő viszont már csak 30 gramm vizet tud felvenni köbméterenként, így körülbelül 70g/perc felesleges vízmennyiség keletkezik, ami kicsapódik és ki kell választani a levegőből. A fenti példában egy 8 órás munkanap alatt kb. 35 liter kondenzátum keletkezik. Naponta további 6 litert a rendszerben csatlakoztatott hűtveszártó választ le. A sűrített levegőt először +3 °C-ra hűtik le, majd később környezeti hőmérsékletre melegítik vissza. Ez egy mintegy 20%-os páratelítettséghez vezet, és így a sűrített levegő minősége jobb, relatívan szárazabb lesz (1. ábra).

## 2. A légnedvesség oka

Környezeti levegőnk többé-kevésbé párás, azaz mindig tartalmaz bizonyos mennyiségű vizet. Ez a páramennyiség a mindenkori hőmérséklettől függ. Például a vízgőzzel 100%-osan telített levegő +25 °C hőmérsékleten megközelítőleg 23 gramm vizet tartalmaz köbméterenként.

## 3. Kondenzátumképződés

Kondenzátum akkor keletkezik, amikor egyszerre csökken a levegő térfogata

és hőmérséklete. Ezáltal csökken a levegő nedvességfelvétel képessége. Pontosan ez történik a sűrítést követően egy kompresszor sűrítőblokkjában és utánhűtőjében is.

## 4. Fontos fogalmak – röviden

### a) Abszolút páratartalom

Az abszolút páratartalom alatt a levegő vízgőztartalmát értjük g/m<sup>3</sup>-ben megadva.

### b) Relatív páratartalom (F<sub>rel</sub>)

A relatív páratartalom a telítettségi fokot adja meg, vagyis a valós vízgőztartalom arányát a levegő mindenkori telítettségi pontjához (100% F<sub>rel</sub>) képest. Ez a hőmérséklettől függ: A meleg levegő több vízgőzt képes felvenni, mint a hideg.

### c) Atmoszferikus harmatpont

Az atmoszferikus harmatpont az a hőmérséklet, amelynél a levegő atmoszferikus nyomáson (környezeti feltételek) 100%-os páratelítettségi fokot (F<sub>rel</sub>) ér el.

### d) Nyomás alatti harmatpont

Nyomás alatti harmatpont az a hőmérsékletet értjük, amelynél a sűrített levegő az abszolút nyomásértékén a páratelítettségi pontot (100% F<sub>rel</sub>) eléri. A fenti példa esetében ez a következőket jelenti: A 10 bar (absz.) nyomású levegő abszolút páratartalma +3 °C-os



1. ábra: A sűrített levegő előállítás, tárolása és előkészítése során kondenzátum jön létre (az adatok a következők: 10 m<sup>3</sup>/min, 10 bar<sub>absz.</sub>, 8 óra, 60% F<sub>rel</sub> és 20 °C)



nyomás alatti harmatpontnál üzemi köbméterenként 6 gramm. Amennyiben a példában megadott üzemi köbmétert 10 bar (absz.) nyomásértékről atmoszferikus nyomásra hagyjuk kitágulni, akkor a térfogata a 10-szeresére növekszik. A vízgőz mennyisége 6 gramm marad, de tízszer akkora térfogatban oszlik el. Ennek megfelelően a kitágult levegő már csak 0,6 gramm vízgőzt tartalmaz köbméterenként. Ez az érték -24 °C-os atmoszferikus harmatpontnak felel meg.

### 5. A sűrített levegő gazdaságos és környezetbarát szárítása – hűtveszárítóval vagy adszorpciós szárítóval?

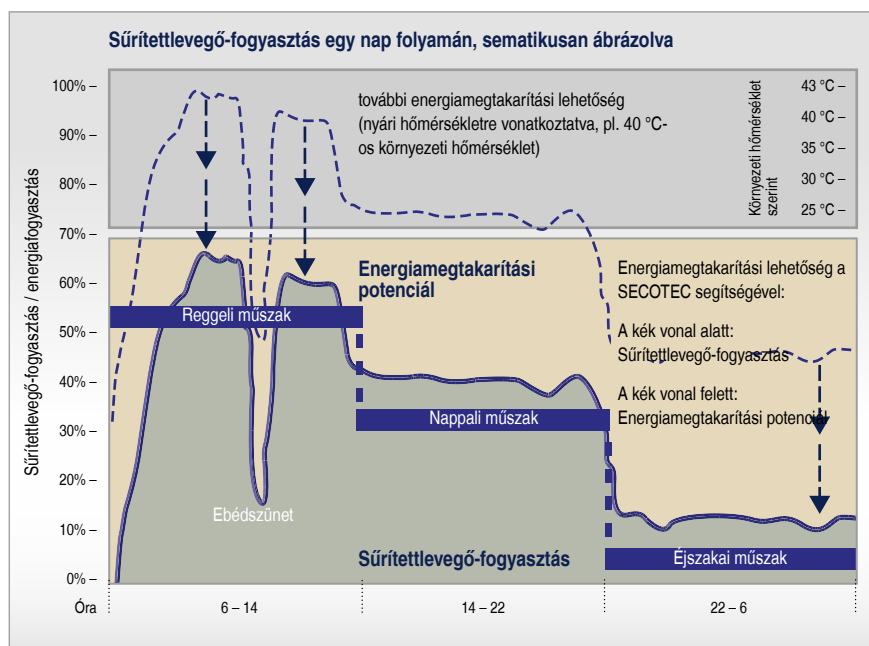
A hűtőközegekre vonatkozó új környezetvédelmi szabályozások semmit sem változtatnak a tényen, miszerint az adszorpciós szárítók sem a gazdaságosság, sem pedig a környezeti mérleg vonatkozásában nem tekinthetők a hűtveszárítók alternatíváinak. Míg ugyanis ezek számára a kompresszor által a sűrített levegő előállítására felhasznált

Szárítási eljárás	Nyomás alatti harmatpont °C	Jellemző fajlagos teljesítményfelvétel kW / m <sup>3</sup> /perc**)
Hűtveszárító	+3	0,1
HYBRITEC	+3 / -40 *)	0,2 0,3
hőgeneráló adszorpciós szárító	-40	0,5 – 0,6
hűtésgeneráló adszorpciós szárító	-20 -70	1,4 – 1,6

2. ábra: A szükséges nyomás alatti harmatpontnak megfelelően különböző szárítási eljárások állnak rendelkezésre

energia 3 százaléka is elegendő, addig az adszorpciós szárítók 10–25%-ot, vagy akár ennél is többet igényelnek. Ezért normális esetekben a hűtveszárítók alkalmazása ajánlott.

Az adszorpciós szárítók alkalmazása ezzel szemben csak abban az



3. ábra: Energia megtakarítási potenciál nyomáskapcsolóval szabályozott hűtveszárításnál

esetben indokolt, amennyiben -20, -40 vagy -70 °C harmatpontú, rendkívül száraz sűrített levegőre van szükség (2. ábra). Egy munkanap során a sűrített levegő-rendszerek gyakran jelentős használati ingadozásnak vannak kitéve. Ez ugyanígy igaz egy év során is, azonban itt még erős hőmérséklet-ingadozásokkal is kell számolni. Így a sűrített levegő-szárítók az elképzelhető legrosszabb feltételeknek vannak kitéve: rendkívül alacsony nyomásnak, lehető legmagasabb sűrített levegő-felhasználásnak, valamint a lehető legmagasabb környezeti- és sűrített levegő-beviteli hőmérsékletnek.

Ezt korábban a szárító tartós üzemével oldották meg, mivel részterheléses üzem esetén hatalmas energiapazarlás következett be. A modern hűtveszárítók a hatékony nyomáskapcsolós szabályozásnak köszönhetően az állandóan jó sűrített levegő-minőség fenntartása mellett a változó feltételekhez képesek igazítani az energiafelhasználásukat (3. ábra). Így éves átlagban akár 50%-kal több energiát takaríthatnak meg.

Az energiahatékony technológia alkalmazása különösen a nulla foknál alacsonyabb nyomás alatti harmatpont elérése esetén fontos, mivel az ilyen műveletekhez használt adszorpciós szárító energiaigénye rendkívül magas. Az egyszerre energia- és költséghatékony működésű HYBRITEC-rendszerrel lehetővé vált az energiafelhasználás nagymértékű csökkentése: A rendszer egy hűtveszárítóból és egy adszorpciós szárítóberendezésből áll. Először a hűtveszárító a beszívott sűrített levegőt energiahatékony módon +3 °C-os nyomás alatti harmatpontra hűti. Ilyen módon előre szárítva juttatja a levegőt az adszorpciós szárítóba, amely most jelentősen kevesebb energia felhasználásával képes a levegő -40 °C-os nyomás alatti harmatpontra való szárítására.

## 4. fejezet

# A kondenzátum automatikus elvezetése

A kondenzátum a sűrítettlevegő-előállítás egyik elkerülhetetlen mellékterméke. Így egy 30 kW-os kompresszor, melynek szállítási teljesítménye 5 m<sup>3</sup>/min, átlagos üzemi körülmények mellett körülbelül 20 liter kondenzátumot „állít elő” műszakonként. Ezt a vízmennyiséget az üzemzavarok és a károsodások megelőzése végett el kell távolítani a rendszerből. Ebből a fejezetből megtudhatja, hogyan lehet a kondenzátumot jól elvezetni és ezáltal jelentős költséget megtakarítani.



1. ábra: Minden egyes sűrítettlevegő-rendszernek vannak olyan pontjai, ahol kondenzátum keletkezik

### 1. Kondenzátumelvezetés

Minden egyes sűrítettlevegő-rendszernek vannak olyan pontjai, ahol különböző szennyeződések tartalmazó kondenzátum keletkezik (**1. ábra**). Éppen ezért van feltétlenül szükség a kondenzátum megbízható elvezetésére. Ez mind a sűrített levegő minőségére, mind az üzembiztonságra, mind pedig a rendszer gazdaságosságára jelentős hatással van.

#### a) Kondenzátumgyűjtő- és -elvezető pontok

A kondenzátum gyűjtését és elvezetését mindenekelőtt a sűrített levegős rendszer mechanikus elemei végzik. Az összes kondenzátum 70–80 százaléka már ezekben a részekben kicsapódik – feltéve, hogy a kompresszorok megfelelő utánhűtéssel rendelkeznek.

#### Ciklonleválasztó:

Ez a mechanikus leválasztó a kondenzátumot a centrifugális erő segítségével választja ki a levegőből (**2. ábra**). Az optimális működés biztosításához minden esetben valamilyen sűrített levegőt előállító berendezéssel együtt kell alkalmazni.

#### Közbenső hűtő:

Közbenső hűtővel ellátott kétfokozatú kompresszor esetében már a köz-

benső hűtő leválasztóján is csapódik ki kondenzátum.

#### Sűrítettlevegő-tartály:

A fő funkciója, a tárolás mellett a sűrítettlevegő-tartály a gravitációs erőnek köszönhetően közreműködik a kondenzátum levegőből való leválasztásában is (**1. ábra**). Megfelelően méretezve (kompresszor szállítási teljesítménye percenként: 3 = tartály minimális mérete m<sup>3</sup>-ben) a sűrítettlevegő-tartály éppen olyan hatékony, mint a ciklonleválasztó. Ez utóbbival ellentétben azonban a tartályt a kompresszorállomás központi sűrítettlevegő-gyűjtő vezetékébe lehet bekötni, amikor a levegő bemenete alul, a levegő kilépése pedig felül található. A tartály nagy hőleadó felületének köszönhetően jelentősen lehűti a kondenzátumot, és így tovább javítja a kondenzátumkiválasztást.

#### Vízcsapda a sűrítettlevegő-vezetékben:

A kondenzátum nem szabályozott áramlásának megakadályozására a sűrítettlevegő-vezeték a kondenzátumkicsapódásnak kitett helyeken úgy kell kialakítani, hogy valamennyi be- illetve kimenetet felülről vagy oldalról csatlakoztassuk.

A vízcsapdákon, ezeken a lefelé irányuló kondenzátumkimeneti nyílásokon

keresztül a kondenzátum a fővezetékbe jut. 2–3 m/s levegőáramlási sebesség és helyes méretezés esetén egy vízszák (**3. ábra**) éppen olyan hatékonyan választja le a sűrítettlevegő-rendszerben kicsapódó kondenzátumot, mint egy sűrítettlevegő-tartály (**1. ábra**).

#### b) Sűrítettlevegő-szárítók

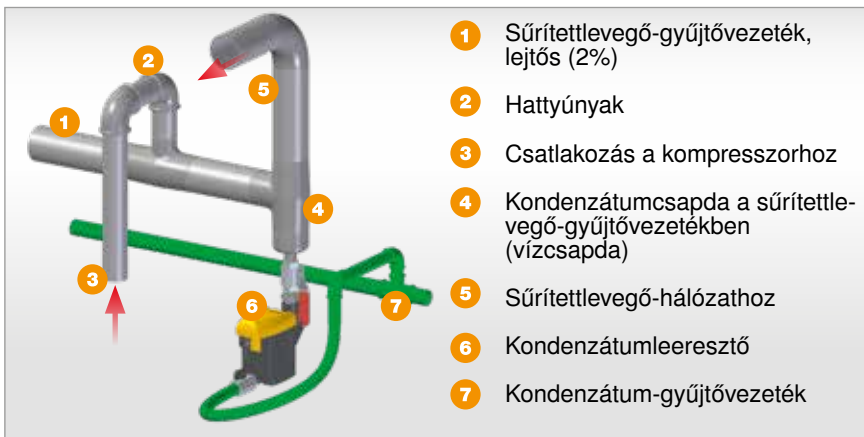
A fent említettek mellett a sűrítettlevegő-szárítás területein további kondenzátumgyűjtő- és leeresztőpontok találhatóak.

#### Hűtveszárító:

A lehűtés és a sűrített levegő ily módon történő szárítása közben a hűtveszárí-



2. ábra: Ciklonleválasztó kondenzátumleeresztővel



- 1 Sűrítetlevegő-gyűjtővezeték, lejtős (2%)
- 2 Hattyúnyak
- 3 Csatlakozás a kompresszorhoz
- 4 Kondenzátumcsapda a sűrítetlevegő-gyűjtővezetékben (vízcsapda)
- 5 Sűrítetlevegő-hálózathoz
- 6 Kondenzátumleeresztő
- 7 Kondenzátum-gyűjtővezeték

3. ábra: Vízcsapda kondenzátumleeresztővel a sűrítetlevegő-rendszer nedves területén

tóban további kondenzátum csapódik ki.

#### Adszorpciós szárító:

A sűrítetlevegő-vezetékben történő lehűlés következtében már az adszorpciós szárító előszűrőjén kondenzátum válik ki. Magában az adszorpciós szárítóban a víz a benne uralkodó parciális nyomásviszonyok miatt már csak páráként jelenik meg.

#### c) Decentralizált leválasztó

Központi sűrítetlevegő-szárítás nélkül a közvetlenül a sűrítetlevegő-fogyasztók elé telepített vízelválasztóban nagy mennyiségű kondenzátum keletkezik; ez rendkívüli karbantartási igényt is jelent.

## 2. Elvezetőrendszerek

Manapság lényegében 3 rendszert alkalmaznak:

#### a) Úszós leeresztő

Az úszós leeresztő a legrégebbi leeresztőrendszerek közé tartozik, amely a rendkívül gazdaságtalan és bizonytalan kézi leeresztést váltotta fel. Azonban az úszás elvén működő kondenzátumelvezetés (4. ábra) a sűrített levegőben található szennyeződések miatt nagy karbantartási igénytel, valamint meghibásodásra fokozottan hajlamos.

#### b) Mágnesszelep

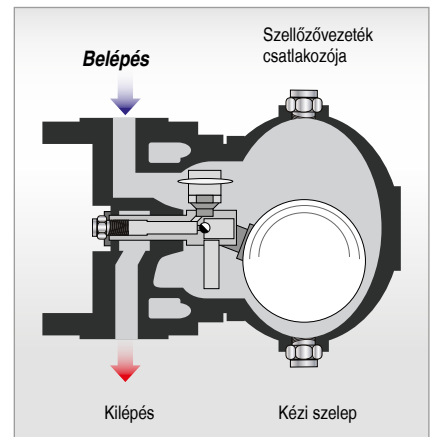
Az idővezérléssel ellátott mágnesszelepek ugyan üzembiztosabbak, mint az úszós leeresztők, viszont rendszeresen ellenőrizni kell a bennük található szennyeződésekkel. Arosszulbeállított szelepnitási idők miatt megnövekedhet a sűrítetlevegő-vesztés, és ezáltal az energiafelhasználás is.

#### c) Szintszabályozós kondenzátumleeresztők

Manapság többnyire már intelligens szintszabályozóval felszerelt leeresztőket alkalmaznak (5. ábra). Előnyt jelent, hogy a meghibásodásra hajlamos úszó funkciót egy elektronikus leeresztő helyettesíti: Így a szennyeződések vagy a mechanikus kopás miatt bekövetkező meghibásodásokat el lehet kerülni. Ezenfelül a pontosan kiszámított és beállított szelepnitási idők megbízhatóan képesek a sűrítetlevegő-vesztések megakadályozására. További előnyt jelent még az automatikus önellenőrzés és az, hogy a rendszer szükség esetén képes jelet továbbítani egy központi vezérlőrendszerre.

#### d) A helyes szerelés

A kondenzátumelválasztó rendszer és a kondenzátumleeresztő közé egy golyósszeleppel ellátott rövid vezeték-



4. ábra: Úszó leeresztő sűrítetlevegő-kondenzátumhoz



5. ábra: Kondenzátumleeresztő elektronikus szintszabályzással (ECO-DRAIN típusú)

darabot kell beszerezni (2. és 3. ábra). Így a karbantartási munkák idejére lezárható a leeresztő, a sűrített levegős rendszer pedig problémamentesen üzemelhet tovább.

# A kondenzátum kedvező árú és biztonságos előkészítése

A sűrített levegő elállítása során elkerülhetetlenül létrejövő kondenzátummal kapcsolatban azonban nem csak a kondenzált vízgőz kezelésével kell foglalkozni. Minden kompresszor úgy működik, mint egy túlméretezett porszívó: A környezeti levegővel együtt nagyon sok szennyeződést szív be, és ezt koncentráltan továbbítja a még előkészítetlen sűrített levegőn keresztül a kondenzátumba.

## 1. Miért van szükség a kondenzátum előkészítésére?

Azok a sűrített levegő-fogyasztók, akik a kondenzátumot egyszerűen a csatornahálózatba vezetik, komoly büntetéseket kockáztatnak. Ennek az oka: A sűrített levegő előállításakor keletkező kondenzátum meglehetősen veszélyes keverék. A környezeti szennyeződésekkel adódóan a porrészecskék mellett még szénhidrogéneket, kén-dioxidot, rezet, ólmot, vasat és sok más anyagot is tartalmaz. A sűrített levegő-rendszerekben keletkező kondenzátum ártalmatlanításával kapcsolatban Németországban a Vízgazdálkodási törvény (Wasserhaushaltsgesetz – WHG) a mértékadó. Ez előírja, hogy a károsanyag-tartalmú vizet „a technika általánosan elismert szabályai” (WHG §7a) szerint elő kell készíteni. Mindez a sűrített levegőből származó kondenzátum valamennyi fajtájára vonatkozik – vagyis az olajmentes kompresszorokból származó kondenzátumra is.

Valamennyi káros anyagra és pH-értékre léteznek törvényben rögzített határértékek. Ezek az iparágak és a szövetségi tartományok szerint eltérő módon kerülnek meghatározásra. A szénhidrogénekre vonatkozóan pl. a maximálisan megengedett érték 20 mg/l; a csatornába vezethető kondenzátumok pH-érték tartománya 6 és 9 között van.

## 2. A kondenzátumok állaga (1. ábra)

### a) Diszperzió

A sűrített levegőből származó kondenzátumok állaga különböző lehet. A diszperziók általában olyan folyadék-hűtésű csavarkompresszorok esetében keletkeznek, amelyeket szintetikus hűtőanyagokkal (pl. Sigma Fluid S460) üzemeltetnek. Ennek a kondenzátumnak a pH-értéke normál esetben 6 és 9 között van, így tulajdonképpen pH-semlegesnek tekinthető. A környezeti levegőből származó szennyeződések ennél a kondenzátumtípustól a víz felületén úszó, attól könnyen elválasztható olajréteggé jelennek meg.

### b) Emulzió

Az emulzió jelenlétének legbiztosabb jele a kondenzátum tejszerű folyadék formájában való megjelenése, amely még több nap elmúltával sem bomlik szét két rétegre. Az ilyen kondenzátumforma leggyakrabban a hagyományos olajokkal üzemeltetett dugattyús, csavar- vagy többcellás kompresszorok használatakor keletkezik. A káros szennyeződések ebben az esetben is az olaj összetevői kötik meg.

Az erős, stabil összevegyülés miatt az

olaj és a víz, de a beszívott szennyeződések, mint pl. a por és nehézfémek sem választatók el egymástól a nehézségi erő segítségével. Amennyiben a kondenzátumban meglévő olaj észtert is tartalmaz, akkor a kondenzátum emellett agresszív lehet, amit semlegesíteni kell. Az ilyen kondenzátumok előkészítése csak emulziószétválasztó berendezéssel lehetséges.

## 3. Külső ártalmatlanítás

Természetesen arra is van lehetőség, hogy az üzemeltető a keletkezett kondenzátumot összegyűjtse és az ártalmatlanítást ezzel foglalkozó szakcég által végeztesse el. Mindazonáltal a kondenzátum fajtájától függően az ártalmatlanítás költségei igen magasak lehetnek (Németországban 40–150 €/m<sup>3</sup> között). A keletkező kondenzátum mennyiségére tekintettel az üzemi előkészítés leggyakrabban megtérül. Ennek nagy előnye, hogy az eredeti kondenzátummennyiségnek csak körülbelül 0,25%-át kell környezettechnológiai módszerekkel ártalmatlanítani.

## 4. Előkészítési eljárások

### a) Diszperziókhöz

Ennek a kondenzátumfajtának



1. ábra: Az atmoszferikus levegővel együtt minden kompresszor vízgőzt és szennyeződésekkel szív be. Az így keletkező sűrített levegő-kondenzátumot (1.1. ábra) először meg kell tisztítani az olajtól és a további káros anyagoktól (1.2. ábra), mielőtt tiszta vízként (1.3. ábra) a csatornahálózatba lehet vezetni



- 1 Nyomásmentesítő kamra
- 2 Szétválasztótartály az előleválasztáshoz
- 3 Kivehető szennyfogó
- 4 Olajgyűjtőtartály
- 5 Előszűrő
- 6 Fő szűrőbetét
- 7 Vízkifolyás
- 8 Zavarossági referenciaértékteszt lefolyása

2. ábra: A sűrített levegő-technológiában használt, a nehézségi erő elvén működő kondenzátumszétválasztó rendszer (funkcióábra)

az előkészítéséhez legtöbb-szűrő elegendő egy háromkamrás szétválasztó, amely két előleválasztó- és egy aktív szén-szűrő kamrából áll (2. ábra). A tulajdonképpeni szétválasztási eljárás a nehézségi erő segítségével történik. A berendezés szétválasztókamrájában található folyadék felszínére felúszó olajréteg egy gyűjtőtartályba kerül, amelyet ezután fátolajként ártalmatlanítanak.

A visszamaradt vizet ezt követően két fázisban szűrik, majd ezt minden további nélkül vissza lehet vezetni a csatornahálózatba. A szakvállalatok által végrehajtott ártalmatlanítással szemben a nehézségi erő elvén működő leválasztóberendezéssel mintegy 95%-os költségmegtakarítás érhető el.

Ezeket a berendezéseket jelenleg a legfeljebb 105 m<sup>3</sup>/min szállítási teljesítményű kompresszorokhoz kínáljuk. Nagyobb levegőigény esetén természetesen lehetőség van több berendezés párhuzamos csatlakoztatására.

#### b) Emulziókhöz

A stabil emulziók előkészítéséhez napjainkban két berendezéstípust

alkalmaznak: A membrános szétválasztórendszerek az ultrafiltráció elve alapján az ún. Cross-Flow eljárással működnek. Az eljárás során az előszűrt kondenzátum membránokon áramlik keresztül.

A folyadék egy része áthatol ezeken, és csatornahálózatba visszavezethető tiszta vízként hagyja el a berendezést. A másik típusú berendezés porított szétválasztóközeg segítségével működik. Ez a közeg bevonja az olajrészecskéket, és így jól szűrhető makropelyheket képez. A makropelyheket megbízható működésű, megfelelően méretezett pórusú szűrők szűrik ki. A kifolyó víz ebben az esetben is a csatornahálózatba vezethető.

# Hatékony kompresszorvezérlés

A kompresszor szállítási teljesítményének az ingadozó sűrítettlevegő-igényhez való igazítása után a lehető legnagyobb mértékben elkerülhetővé válnak a nagy energiaigényű, és ezáltal drága részterheléses eljárási fázisok. A megfelelő kompresszorvezérlés kulcsfontosságú szerepet játszik az energiahatékonyság növelésében.

Az 50%-nál alacsonyabb kihasználtsággal rendelkező kompresszorok esetén kell életbe lépnie a legmagasabb fokozatú, energiaveszteségre utaló riasztásnak. Sok üzemeltető nem is tud erről, mivel kompresszora csak

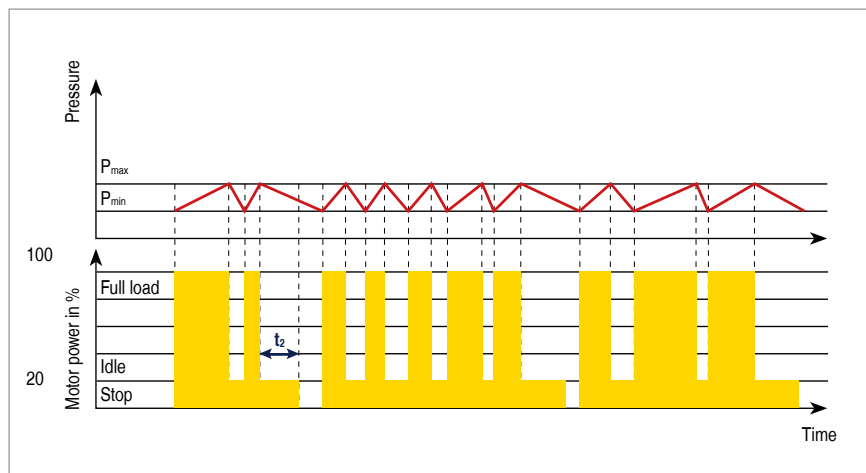
üzemóra-számlálóval van felszerelve, úgynevezett összterheléses óraszámolóval viszont nem rendelkezik. A megfelelően összehangolt vezérlési rendszer megoldást nyújthat erre: Ennek köszönhetően a kihasználtság fokát akár 90% fölé növelheti, amellyel akár 20%-os energiamegtakarítás is elérhető.

## 1. Belső vezérlés

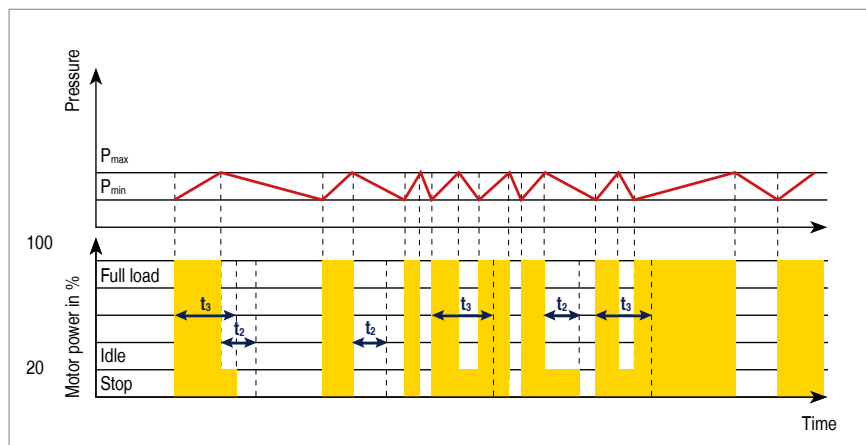
### a) Összterhelés/üresjárat-szabályozás

A legtöbb kompresszorban háromfázisú aszinkron motorok biztosítják a

meghajtást. Az ilyen motorok kapcsolási gyakorisága növekvő teljesítmény hatására csökken. Ez azonban nem felel meg az ahhoz szükséges kapcsolási gyakoriságnak, hogy a kisebb kapcsolási különbözettel rendelkező kompresszorok a tényleges sűrítettlevegő-igénynek megfelelően be- és kikapcsoljanak. Ezek a kapcsolási folyamatok mindazonáltal csak a kompresszor nyomástartó területeit szabadítják fel. A motor még egy ideig tovább forog (1. ábra). Az ehhez szükséges energia veszteségként értékelendő. Az ilyen módon kapcsolt kompresszorok energiaszükséglete még az üresjárat fázis folyamán is az összterheléses fázis szükségletének 20 százalékát teszi ki.



1. ábra: Teljes terhelés és üresjárat nyomáskapcsolós szabályozása tartósan beállított üresjáratú időekkel, ún. kettős szabályozás



2. ábra: Teljes terhelés és üresjárat nyomáskapcsolós szabályozása a legoptimálisabb üzemeltetési típus automatikus kiválasztásával, ún. négyes szabályozás

A modern, számítógép által optimalizált szabályozórendszerek, mint például a négyes szabályozás, az optimális üzemelési típus automatikus kiválasztásával (2. ábra), az üresjáratú idők hajtómotor-hőmérséklettől függő dinamikus szabályozásával (3. ábra) és a változó módon kiszámítható üresjáratú időket meghatározó változó szabályozás segítségével (4. ábra) nyújtanak segítséget a meglehetősen drága üresjáratok elkerülésében, teljes mértékű motorvédelem mellett.

Nem javasolt a szívóoldali fojtószelepek arányos szabályozása, mivel így a kompresszor 50%-os szállítási teljesítmény esetén is a 100%-os szállítási teljesítmény mellett szükséges energia 90%-át igényli.

### b) Frekvenciaszabályozás

Az olyan kompresszorok, amelyek fordulatszám szabályozását frekvenciaszabályozó segítségével végzik (5. ábra), a szabályozási tartományban nem rendelkeznek állandó hatásfokkal. A hatásfok értéke egy 90 kW-os motor esetében a 30–100%-os tartományban például 94%-ról 86%-ra csökken. Ehhez jönnek még a frekvenciasza-

bályzó és a kompresszorok nemlineáris teljesítmény-együtthatója által okozott veszteségek. A frekvenciaszabályzó által szabályozott kompresszoroknak a 40–70%-os szabályozási tartományban kellene működniük: Ez az optimális gazdaságosság tartománya. Ezeket az alkatrészeket 100%-os terhelésnek kell kitenni. A nem megfelelően beállított frekvenciaszabályzott rendszerek így könnyen energiatárolóvá válhatnak anélkül, hogy az üzemeltető ebből bármit észlelné. A frekvenciaszabályzás sajnos nem jelent csodaszert a lehetőleg energiatakarékos kompresszorhajtás eléréséhez.

## 2. A sűrítettlevegő-szükséglet osztályozása

A kompresszorokat rendszerint a betöltött funkciójuknak megfelelően alap-, közép- és csúcsterhelésű, illetve készenléti berendezésekként osztályozhatjuk.

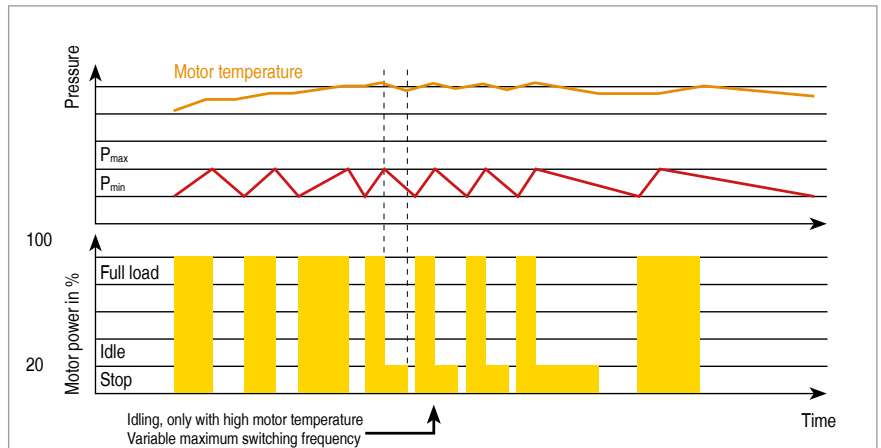
### a) Alapterhelésen felmerülő szükséglet

Az alapterhelésen felmerülő szükségleten azt a sűrítettlevegő-mennyiséget értjük, amelyre az üzemeltetésnek a termeléshez folyamatosan szüksége van.

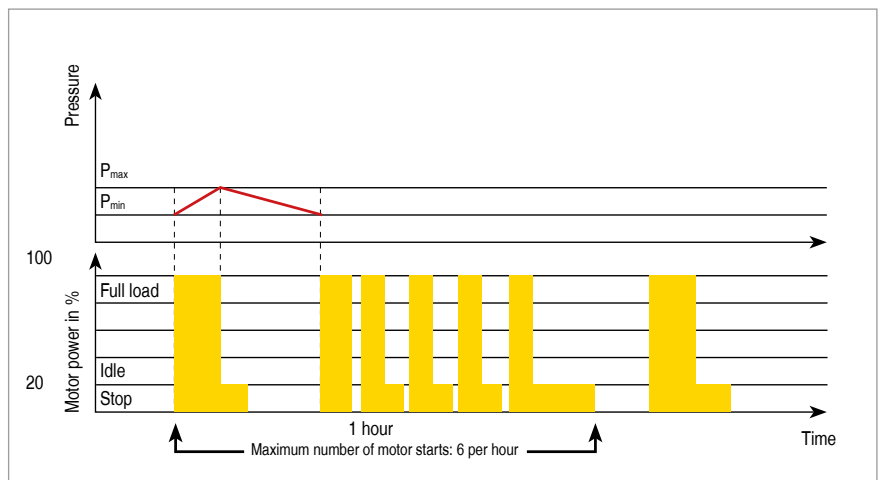
### b) Csúcsterhelésen felmerülő szükséglet

A csúcsterhelésen felmerülő szükséglet a csúcsterhelés idején szükséges sűrítettlevegő-mennyiség. Ennek mértéke a különböző fogyasztók teljesítményétől függően eltérhet.

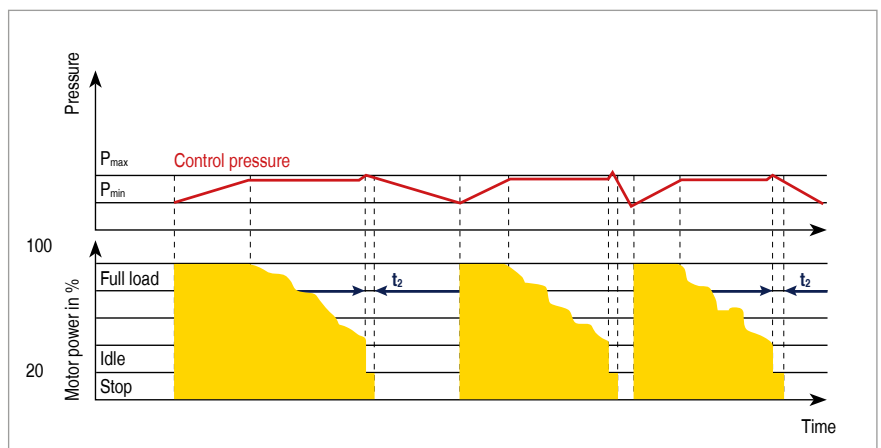
A különböző terhelési igények minél teljesebb kielégítése érdekében a kompresszorokat különböző vezérléstudókkal kell felszerelni. Ezeknek a vezérléseknek a felülrendelt vezérlés meghibásodása esetén biztosítaniuk kell a kompresszorok további működését, és ezzel együtt a megfelelő sűrítettlevegőellátást.



3. ábra: Kettős szabályzáson alapuló dinamikus szabályzás, a hajtómotor hőmérsékletétől függő üresjáratú idővel



4. ábra: Változó szabályzás változó módon kiszámított üresjáratú idővel



5. ábra: folyamatos szállítási teljesítmény-szabályzás a motor fordulatszámán keresztül (frekvenciaszabályzó)

# Hatékony kompresszorvezérlés

## 3. Összes berendezést átfogó vezérlés

A modern, webalapú szoftverekkel rendelkező, összes berendezésre kiterjedő vezérlések nem csak a sűrítettlevegő-állomáson található kompresszorok optimális, energiahatékony üzemeltetését képesek szabályozni. Ezenkívül alkalmasak a gazdaságossági adatok begyűjtésére, és a sűrítettlevegő-ellátás hatékonyságának dokumentálására is.

### a) Berendezések felosztása (splitting)

A splitting az azonos vagy különböző teljesítményű és vezérlésű kompresszorok felosztását jelenti az üzem alapterhelésen és csúcsterhelésen felmerülő sűrítettlevegő-szükséglete alapján (6. ábra).

### B) Az összes berendezést átfogó vezérlés feladatai

A kompresszorok működésének koordinálása összetett és átfogó műszaki feladat. Ennek megfelelően az összes

berendezést átfogó vezérléseknek ma már nemcsak a különböző kialakítású és nagyságú kompresszorok megfelelő időben történő bekapcsolására kell képesnek lenniük.

A sűrítettlevegő-állomás karbantartási költségeinek csökkentése és az üzembiztonság növelése érdekében felügyelni kell a berendezések karbantartását, ki kell egyenlíteni a kompresszorok eltérő üzemórát, valamint fel kell jegyezni a felmerülő üzemzavarokat is.

### c) A helyes besorolás

A hatékony – azaz energiatakarékos – összes berendezést átfogó vezérlés egyik legfontosabb feltétele a kompresszorok mindegyikére kiterjedő besorolás.

Ezért a csúcsterheléses kompresszorok összesített szállítási teljesítményének nagyobbak kell lennie, mint a rendszerbe következésként bekapcsolandó alapterheléses kompresszor szállítási teljesítménye. Frekvencia-

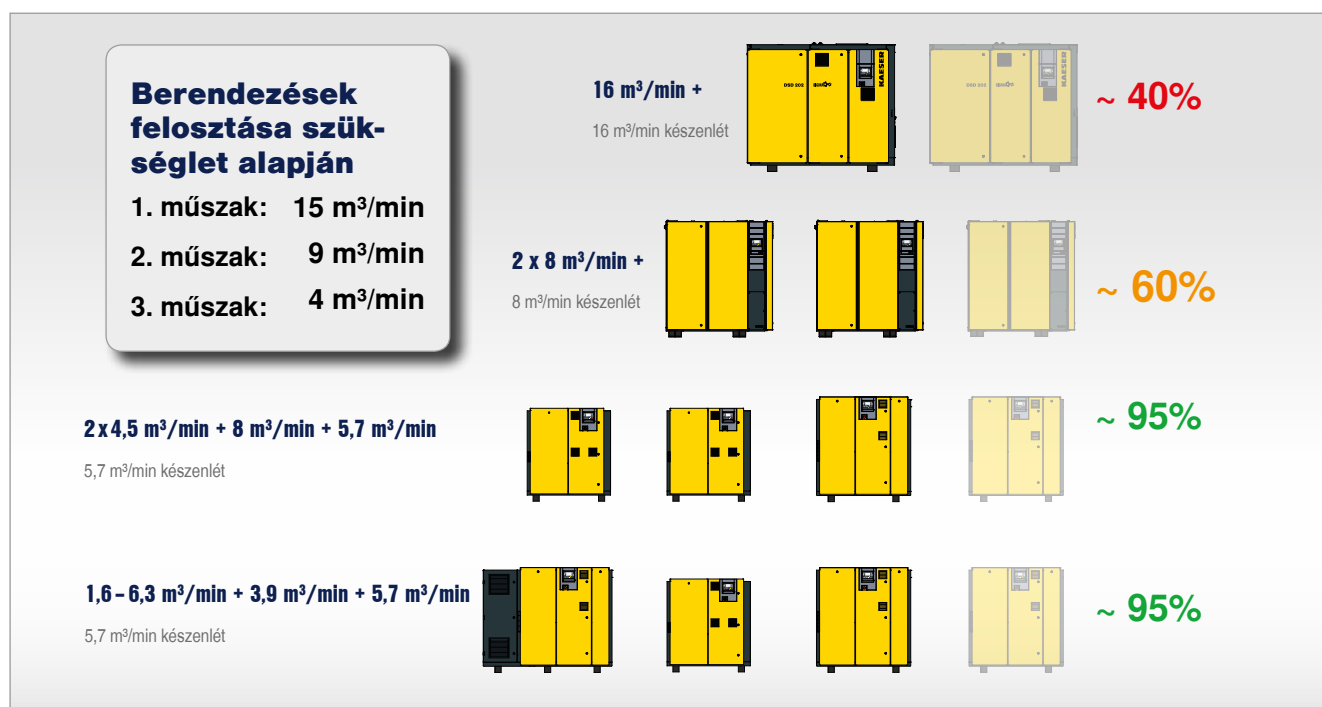
szabályzott kompresszor alkalmazása esetén ennek az értéknek a szabályzási tartománynak megfelelően nagyobbak kell lennie, mint a következésként bekapcsolandó kompresszor szállítási teljesítménye. Máskülönben a sűrítettlevegő-ellátás gazdaságossága nem garantálható.

### d) Megbízható adatátvitel

Az összes berendezést átfogó vezérlés kifogástalan működésének és hatékonyságának egyik további fontos feltétele a megbízható adatátvitel.

Ehhez garantálni kell, hogy a jelzések továbbítása ne csak az egyes kompresszorokon belül, hanem a kompresszorok és a felülrendelt vezérlőrendszer között is megtörténjen. Ezenfelül szükség van a berendezések közötti jelátvitel felügyeletére is, hogy a rendszer azonnal felismerje az olyan üzemzavarokat, mint például egy összekötő kábelt érintő kábelszakadás. A megszokott átviteli utak a következők:

1. Potenciálmentes érintkezők



6. ábra: Szükséglettől függő teherelosztás a különböző nagyságú kompresszorokra





7. ábra: Egy felülrendelt vezérlés teljes körű csatlakozási lehetőségei hozzájárulnak a kompresszorállomás hatékony üzemeltetéséhez

2. Analóg jelek (4–20 mA)

3. Elektronikus illesztőfelületek, például RS 232, RS 485, Profibus DP vagy Ethernet.

A Profibus a legmodernebb adatátviteli technikát biztosítja. Segítségével rendkívül nagy adatmennyiséget lehet problémamentesen a lehető legrövidebb időn belül nagy távolságokra eljuttatni. Ethernettel vagy a modern telefonos technológiával kombinálva lehetőséget nyújt arra, hogy szabványosított számítógépes és felügyeleti rendszerekkel is összekapcsolják. Ezáltal nem szükséges, hogy a felülrendelt vezérlőrendszer feltétlenül a kompresszorállomáson belül helyezkedjen el (7. ábra).

# A kompresszorok fogyasztásnak megfelelő optimális beállítása

A kompresszorállomások rendszerint több, azonos vagy különböző kivitelezési mérettel rendelkező kompresszorból állnak. Az egyes berendezések koordinálása érdekében egy összes berendezést átfogó vezérlésre van szükség: A cél a sűrítettlevegő-előállítás optimális összehangolása a felhasználóüzem szükségleteivel, és ezzel egy időben a lehető legmagasabb energiahatékonyság elérése.

Az általában kompresszorvezérlésnek nevezett rendszereket a szabályozástechnika szempontjából szabályzásként kell tekinteni. Ezeket négy csoportra oszthatjuk fel:

## 1. Kaszkádvezérlés

A kompresszorok szabályozástechnikai összekapcsolásának klasszikus módja a kaszkádvezérlés. Ilyenkor minden kompresszorhoz egy alsó és egy felső kapcsolási pontot rendelnek hozzá. Ily módon, ha több kompresszort akarunk irányítani, akkor egy lépcsőzetes-, azaz kaszkádszerű vezérlési rendszer jön létre. Alacsony levegőszükséglet esetén csak egy kompresszor kapcsol be. Ilyenkor a nyomás a felső tartományban, a kompresszor minimális

( $p_{\min}$ ) és maximális ( $p_{\max}$ ) nyomása között ingadozik. A levegőszükséglet megnövekedése, és a további kompresszorok bekapcsolása a nyomás csökkenését eredményezi (1. ábra, 1. oszlop). Így egy viszonylag kedvezőtlen helyzet áll elő: Alacsony levegőszükséglet esetén a rendszerben a maximális nyomás uralkodik, ez pedig a szivárgás miatt növeli az energiaveszteséget; a nagy felhasználás esetén viszont csökken a nyomás, valamint a rendszer nyomástartaléka is. Aszerint, hogy hagyományos membrános nyomáskapcsolót, kontaktmanométert vagy elektronikus nyomásfelvevőt használtak-e mérőelemként, a kompresszorok meghatározott nyomástartományhoz való egyszeri hozzárendelése miatt a szabályozórendszer nyomástágulása rendkívül nagy. Minél több kompresszor van használatban, összesen annál nagyobbá válnak a nyomástartományok. Ez kevésbé hatékony szabályozást eredményezhet a már említett megnövekedett nyomás, szivárgás és energiaveszteség mellett. A kaszkádvezérlést ezért több mint két kompresszor kombinációja esetén másik típusú szabályozási eljárással kell helyettesíteni.

## 2. Nyomássávszabályzás

A kaszkádvezérléssel szemben a nyomássávszabályzás (1. ábra, 2. oszlop) lehetővé teszi több kompresszor együttes üzemeltetésének koordinálását egy meghatározott nyomástartományon belül. Ezáltal a nyomástartományt, amelyen belül a teljes kompresszorállomás szabályozása történik, viszonylag szűken kell meghatározni.

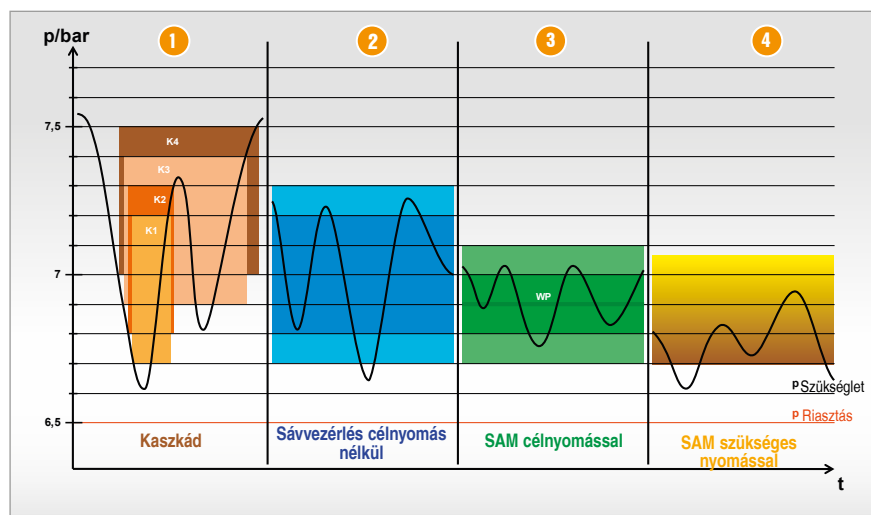
### 2. a) Egyszerű nyomássávszabályzás

A nyomássávszabályzás egyszerűbb változatai azonban még nem képesek a különböző méretű kompresszorok üzemeltetésének koordinálására, ezért nem felelnek meg a sűrítettlevegő-hálózatok csúcsterhelésének lefedésével kapcsolatos követelményeknek, mivel a hálózatoknak állandóan változó szükségletet jelentő helyzetekben kell helytállniuk.

Ezért ezt az eljárást egy olyan rendszer egészíti ki, amely a nyomás növekedési és csökkenési periódusaihoz igazodva mindig a megfelelő kompresszorokat kapcsolja be, és így képes a sűrített levegő csúcsterhelését is lefedni. Az ilyen szabályozási jellemzőkhöz azonban viszonylag széles nyomássávra van szükség (2. ábra). Ezenfelül a kaszkádvezérléshez hasonlóan a kompresszorok és a sűrítettlevegő-hálózat visszajelzéseit nem veszik figyelembe, ami miatt előfordulhat, hogy a rendszer nem éri el a megengedett legalacsonyabb nyomáspontokat. Rendkívül fontos tehát, hogy a szükséges minimumnyomás és a szabályozást bekapcsoló legalacsonyabb nyomás közti biztonsági távolságot betartsák.

### 2. a) Célnyomásra vonatkozó nyomássávszabályzás

Egy meghatározó fejlesztés következtében megjelent a célnyomáshoz igazított nyomássávszabályzás (1. ábra, 3. oszlop). Az eljárás célja az



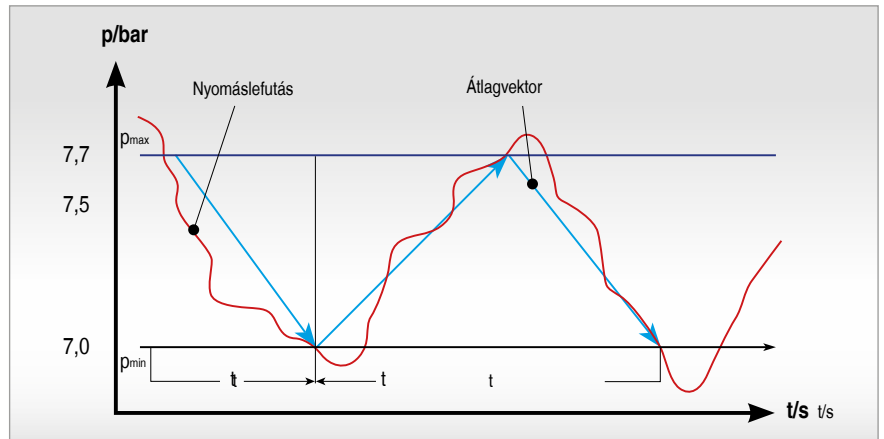
1. ábra: A felülrendelt kompresszorvezérlés különböző típusai

előre meghatározott célnyomás fenntartása, valamint a rendszer képes a sűrítettlevegő-felhasználásnak megfelelően különböző nagyságú kompresszorok vezérlésére. Ennek a szabályozási típusnak az egyik nagy előnye, hogy lehetővé teszi a sűrítettlevegő-rendszer átlagos üzemi nyomásának csökkentését, és így jelentős energia- és költségmegtakarítás érhető el.

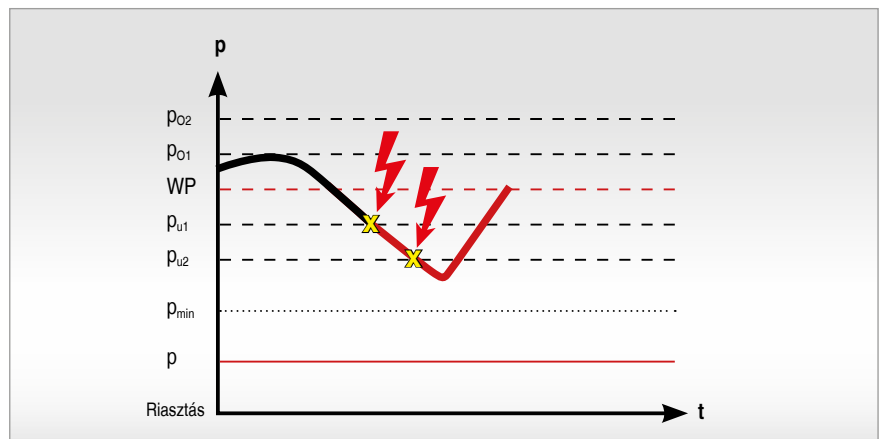
### 3. Szükséges nyomás alapján történő szabályzás

A szükséges nyomás alapján történő szabályzás (1. ábra, 4. oszlop) szabályozástechnikai szempontból jelenleg a legoptimálisabb megoldást nyújtja. Ennél a változatnál már nincsenek előre meghatározva a minimális és maximális nyomáshatárok, csak a legalacsonyabb üzemi nyomás, amely alá nem süllyedhet a nyomás a nyomástávadók mérési pontjánál (3. ábra). A szabályzás nemcsak a nyomásnövekedés, az indulási, reakció- és üresjáratok során esetlegesen bekövetkező összes veszteséget követi nyomon, de a fordulatszám-szabályzás segítségével meghatározza az egyes berendezések elérhető optimumát, amelyet a kompresszorok kiválasztásával és kapcsolásával vezérel. Az egyes reakcióidők ismeretének köszönhetően a rendszer képes annak megakadályozására, hogy a nyomás a minimálisan szükséges nyomás alá süllyedjen (4. ábra).

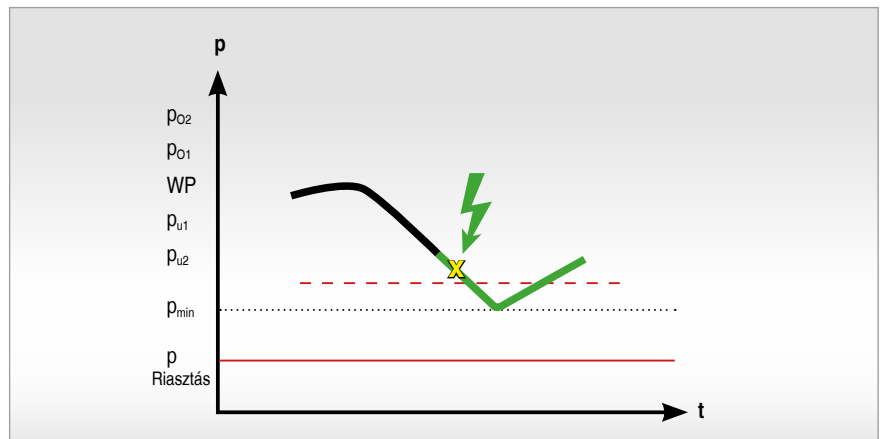
A SIGMA AIR MANAGER 4.0 felülrendelt vezérlésben alkalmazott adaptív 3D<sup>advance</sup>-szabályzás új típusú eljárása segítségével az energiaszükséglet a névleges értékre összpontosító nyomásszabályzáshoz képest még tovább csökkenthető. Ezzel párhuzamosan a rendszer megakadályozza, hogy a nyomás az előre meghatározott nyomásszint alá csökkenjen. Rendkívül vonzó tulajdonsága, hogy az üzemel-



2. ábra: A szabályozástechnikai veszteségek figyelembevételével beállításra kerül az optimális nyomás



3. ábra: A szükséges nyomás alapján történő szabályzás során nem szükséges a minimális és maximális nyomáshatárok előre történő megadása



4. ábra: A rendszer megakadályozza, hogy a nyomás az előre megadott, minimálisan szükséges nyomás alá süllyedjen

tető maga is nagyon egyszerűen képes a szükséges nyomás alapján történő szabályzás beállítására.

# Energiamegtakarítás hővisszanyeréssel

Az energiataralékok takarékos kezelésére a folyamatosan növekvő energiaárak miatt manapság nem csak ökológiai, hanem egyre inkább gazdasági szempontokból is nagy szükség van. A kompresszorgyártók sok lehetőséget kínálnak ezen a téren, amelyek egyike a csavarkompresszorok esetében a hővisszanyerés.

## 1. A kompresszorok elsősorban hőt termelnek

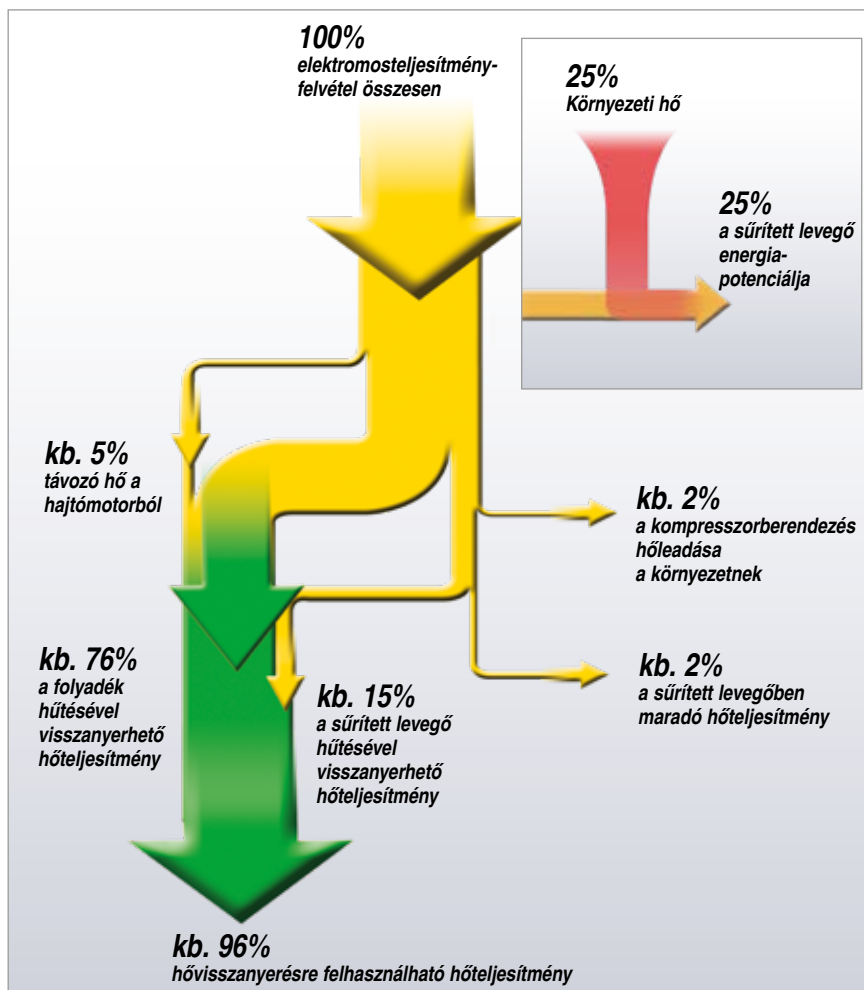
A kompresszorok által felvett energia 100 százalékban hővé alakul át. A levegő a kompresszor által végzett sűrítéssel energiátöbbletbe jut (1. ábra). Ez az energiamentiség attól válik felhasználhatóvá, hogy a környezeti nyomás hatására kitágul, lehűl, és a környezetből hőt vesz fel.

## 2. Lehetőségek a hővisszanyerésre

Amennyiben a sűrített levegő-felhasználás egy még gazdaságosabb módja érdekl, akkor választhat a hővisszanyerés különböző típusai között:

### a) Fűtés meleg levegővel

A levegő-, olaj- és folyadékűtéses csavarkompresszorok esetében a hővisszanyerés legegyszerűbb módja, ha a kompresszor által felmelegített hűtőlevegőt közvetlenül használjuk fel. Ilyenkor a meleg levegőt egy légcsatorna rendszer segítségével a fűtendő helyiségekbe vezetjük. A meleg levegőt természetesen más célokra is felhasználhatjuk, például szárításhoz, légfüggönyökhöz vagy égőlevegő előmelegítéséhez, stb. Ha a meleg levegőre nincs szükség, akkor a légáramot egy csappantyú vagy zsalu segítségével a szabadba lehet vezetni. A termosztátszabályzású zsaluvezérlés segítségével a meleg levegő olyan pontosan adagolható, hogy konstans hőmérsékletet érhetünk el. A fenti megoldással a csavarkompresszor által felvett villamos teljesítmény



1. ábra: Hőáramdiagram

96%-át használhatjuk fel. Kis méretű kompresszoroknál is gazdaságos lehet ez az eljárás, hisz egy 7,5 kW teljesítményű kompresszor például annyi hőt termel, amellyel akár egy családi ház is befűthető.

### b) Fűtés melegvízzel

Ha a vízkörforgásba beépítenek egy hőcserélőt, azzal a levegő-, illetve folyadékűtéses csavarkompresszorok esetében is lehetségessé válik a melegvíz különböző célokra való felhasználása. Erre a célra lemezes vagy biztonsági hőcserélőket alkalmaznak

3. ábra: A kompresszorok előírásoknak megfelelő csatlakoztatása a hővisszanyerő rendszerre



attól függően, hogy a melegvizet fűtésre, tisztálkodásra és mosásra, vagy pedig termelési és tisztítási folyamatok során szeretnék felhasználni. Ezekkel a hőcserélőkkel akár 70 °C-os víz hőmérséklet is elérhető. A gyakorlati tapasztalatok szerint 7,5kW villamos teljesítmény fölötti kompresszorberendezések esetében az erre a hővisszanyerési módra történő extra ráfordítások kevesebb mint 2 év alatt megtérülnek. Ennek azonban alapfeltétele a megfelelő tervezés.

### 3. A biztonság fontossága

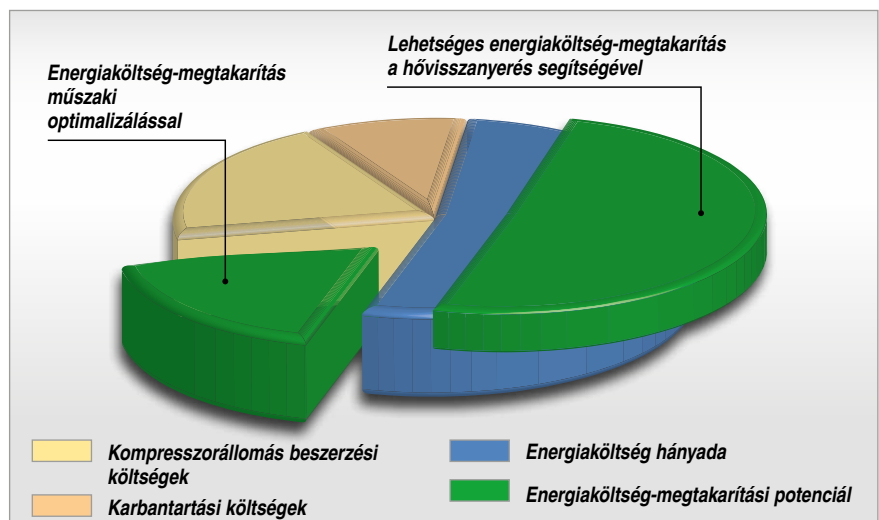
A kompresszor elsődleges hűtőrendszerét alapvetően soha nem szabad egyúttal hővisszanyerő rendszerként is alkalmazni. A hővisszanyerési rendszer meghibásodása ilyenkor a kompresszor hűtését, és ezáltal a sűrített levegő előállítását is veszélyezteti. Éppen ezért a hővisszanyerés céljára minden esetben tanácsos egy külön hőcserélőt a kompresszorba építeni. Ilyenkor ugyanis a kompresszor egy esetleges üzemzavar esetén gondoskodik saját biztonságáról: Amennyiben a hővisszanyerő rendszer folyadék-hőcserélőjén keresztül már nem vesz fel hőt, akkor a kompresszor a belső, elsődleges levegő- vagy vízűtőrendszerre kapcsol át. Így a sűrített levegő-ellátás továbbra is biztosítva lesz (2. és 3. ábra).

### 4. Akár 96%-ban felhasználható energia

Az olaj- és folyadékűtéses kompresszorok esetében a kompresszorba bevitt és hőként felhasználható energia legnagyobb része, mintegy 76%-a a hűtőközegben, 15% -a pedig a sűrített levegőben található, míg mintegy 5% a villanymotor hőveszteségeként jelenik meg. A teljesen burkolt olaj- vagy folyadékűtéses csavarkompresszorok esetén ráadásul a villanymotor által okozott energiavesztést megfelelő célzott hűtéssel hőenergiaként vissza lehet nyerni. Összességében tehát



3. ábra: Hővisszanyerési séma



4. ábra: A hővisszanyerés egy jelentős további energiaköltség-megtakarítási potenciált biztosít

a kompresszorba bevezetett energia 96%-a hőtechnikai eszközök segítségével felhasználhatóvá tehető. Hőkisugárzás formájában mindössze 2% vész el, ezenkívül 2% hőként a sűrített levegőben marad (1. ábra).

### 5. Összegzés

A hővisszanyerés olyan megfontolandó megoldási lehetőség, amellyel

növelhetjük a sűrített levegős berendezés gazdaságosságát, és egyúttal a környezetet is kevésbé károsítjuk. Ilyenkor a szükséges ráfordítás viszonylag csekély. A beruházás nagyságát az üzem helyi sajátosságai, az alkalmazás célja és a kiválasztott hővisszanyerési eljárás együttesen határozzák meg (4. ábra).

# Új sűrítettlevegő-hálózatok tervezése

**A sűrített levegő elsősorban csak akkor tekinthető gazdaságos energiahordozónak, ha előállítását, előkészítését és elosztását a lehető legjobban összehangoljuk. Ide tartozik a kompresszorállomás helyes tervezése és kivitelezése mellett a sűrítettlevegő-hálózat megfelelő méretezése és kiépítése is.**

## 1. Gazdaságos sűrítettlevegő-előállítás

Amennyiben az összes ráfordítást figyelembe vesszük (energia, hűtőfolyadék, karbantartás, amortizáció), akkor egy köbméter sűrített levegő költsége 0,5 és 2,5 eurócent között mozog. Ez a költség függhet a kompresszor méretétől, terheltségétől, általános állapótól és építési módjától is. Éppen ezért számos üzem nagy gondot fordít a sűrített levegő különösen gazdaságos előállítására. Ez az egyik oka az olaj- ill. folyadékűtéses csavarkompresszorok töretlen népszerűségének: Ezekkel ugyanis akár a korábbi előállítási költségek 20%-át is megtakaríthatjuk.

## 2. Az előkészítés nagyban befolyásolhatja a sűrítettlevegő-hálózatot

Általában nagyon kevés figyelmet szentelnek annak, hogy a sűrített levegőt a felhasználásnak megfelelő módon készítsék elő. Ez azért is sajnálatos, mert csak jól előkészített sűrített levegő használatával lehet alacsonyan tartani a sűrítettlevegő-fogyasztók és a csővezeték-hálózat karbantartási költségeit. Azokon a helyeken, ahol a csővezetékek nagy nedvességtartalmú, még nem szárított sűrített levegőt szállítanak, csak korrózióvédelemmel ellátott anyagú csővezetékek használhatók. Arra is nagy figyelmet kell fordítani, hogy a hibás csővezetékek ne ronghassák le az előkészítő rendszer segítségével egyszer már elért sűrítettlevegő-minőséget.

### a) A hűtveszárítók csökkentik a karbantartási igényt

Az esetek mintegy 80%-ában hűtveszárítók használata is elegendő a sűrítettlevegő-előkészítéshez. Ezekkel egyrészt el lehet kerülni, hogy szűrőket kelljen alkalmazni a hálózatban, ami sokszor nagy sűrítettlevegő-vesztéssel jár, másrészt az azonos mennyiségű sűrített levegő előállításához szükséges energiaköltségek mindössze 3%-t veszik igénybe. Mindehhez még az is hozzátartozik, hogy a csővezetékek és a sűrítettlevegő-fogyasztók alacsonyabb karbantartási- és javítási költségei által elérhető költségmegtakarítás akár a hűtveszárításhoz felhasznált anyag ráfordításának tízszeresét is elérheti.

### b) Helytakarékos kombinált berendezések

Kisebb üzemekben, vagy amikor decentralizált ellátásról van szó, olyan helytakarékos kombinációk is elérhetők a piacon, amelyek egy berendezésben egyesítik a csavarkompresszor, a hűtveszárító és a sűrítettlevegő-tartály funkcióit (1. ábra).



1. ábra: AIRCENTER modern kompakt sűrítettlevegő-állomás helytakarékos sűrítettlevegő-előállításához, -előkészítéshez és -tároláshoz

## 3. Új sűrítettlevegő-hálózat tervezése és kiépítése

Első lépésként tisztáznunk kell, hogy központi vagy decentralizált sűrítettlevegő-rendszer kiépítésére van-e szükségünk. Kis és közepes üzemek esetében többnyire teljesen megfelel egy központi ellátórendszer: Itt általában nem jelentkeznek azok a problémák, amelyek a kiterjedt központi ellátóhálózatok esetében gyakran fellépnek: magasabb telepítési ráfordítások, a külső vezetékek fagyásának veszélye télen a nem megfelelő szigetelésből adódóan.

### a) A helyes hálózatméretezés

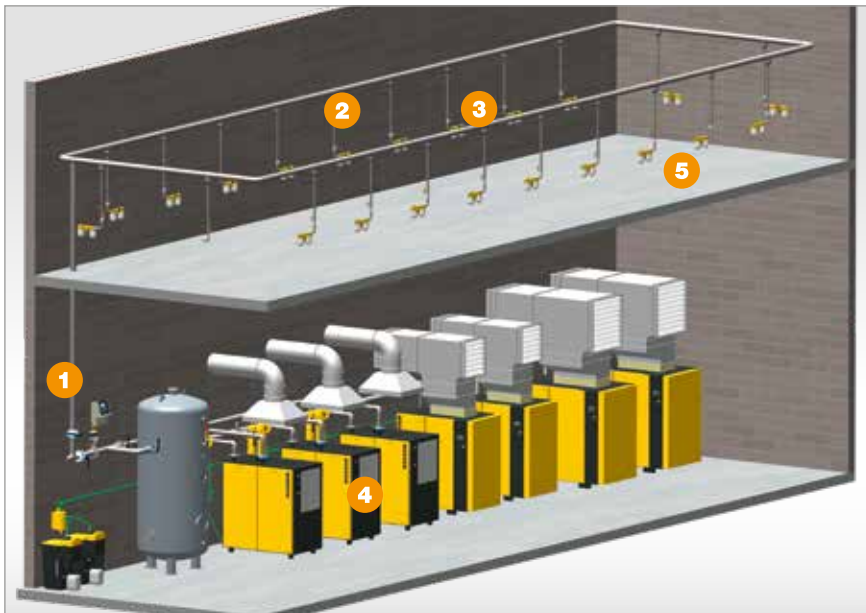
A vezetékhalózat méretezése előtt végezzük el a szükséges számításokat. Ezeknek azon kell alapulniuk, hogy a kompresszor és a sűrítettlevegő-fogyasztók közötti nyomásesés maximálisan 1 bar lehet, beleértve a kompresszor kapcsolási eltérést és a szokásos standard előkészítést (hűtveszárítás) is.

Az egyes komponensek esetében a következő nyomásvesztési értékekkel lehet számolni (2. ábra):

1 Fővezeték	0,03 bar
2 Elosztóvezeték 0,03 bar	
3 Csatlakozóvezeték	0,04 bar
4 Szárító	0,20 bar
5 Karbantartási egység és Tömlő	0,50 bar

**Összesen maximum 0,80 bar**

A fenti összeállításból jól látható, mennyire fontos, hogy pontosan kiszámoljuk az egyes vezeték szakaszok nyomásvesztését. Emellett figyelembe kell venni az egyes csőidomokat és elzárószerelvényeket is. Nem elég tehát egyszerűen csak beilleszteni a csővezetékrendszer méterekben megadott hosszát egy képletbe vagy táblázatba. Ehelyett inkább a csővezeték áramlástechnikai hosszát kell alkalmazni. A tervezés elején általában még nincs



2. ábra: Egy sűrítettlevegő-elosztó rendszer főbb alkotóelemei: Fővezeték (1), elosztóvezeték (2), csatlakozóvezeték (3), szárító (4), karbantartási egység/tömlő (5)

átfogó képünk az összes elzárószelelvénnyről és idomról. Ezért a vezeték áramlástechnikai értelemben vett hosszát úgy számítjuk ki, hogy az egyenes

**Közelítő képlet:**

$$d_i = \sqrt[5]{\frac{1,6 \times 10^3 \times V^{1,85} \times L}{\Delta p \times p_s}}$$

$d_i$  = a vezeték belső átmérője (m)

$p_s$  = rendszernyomás (abszolút, Pa-ban)

$L$  = névleges hossz (m)

$V$  = térfogatáram (m<sup>3</sup>/s)

$\Delta p$  = nyomásvesztés (Pa)

3. ábra: Közelítő képlet a csővezeték-átmérők meghatározásához

csőhosszat megszorozzuk 1,6-tal. A csővezeték-átmérők ezután az általánosan elfogadott képletek (3. ábra) vagy egyszerű tervdiagramok segítségével egyszerűen meghatározhatók (1. függelék, 54. o.).

A KAESER Toolbox segítségével (<http://www.kaeser.de/service/wissen/rechner>) könnyedén létrehozhatja az ehhez szükséges tervet.

### b) Csővezetékek energiatakarékos lefektetése

Az energiamegtakarítás érdekében a csővezetékrendszert lehetőség szerint egyenes szakaszokból kell összeállítani. A támasztópillérek megkerüléséhez szükséges íveket az akadály mellett vezetett egyenes csőszakaszokkal lehet elkerülni. A nagy nyomásvesztést okozó, 90 fokos, hirtelen törések helyett célszerűbb nagyméretű, 90 fokos íveket alkalmazni. A még ma is gyakran használt vízvezetékzáró szerelvények helyett teljes átjárású golyóscsapok, ill. szelepek alkalmazása javasolt.

A magas páratartalmú területen – korszerű kompresszorállomás esetén tehát kizárólag a kompresszorhelyiségen belül – a fővezetékhez csatlakozó vezetékeket lehetőség szerint felülről, de legalábbis oldalirányból kell csatlakoztatni. A fővezeték esésértéke 2 ezrelék lehet. Ennek a vezetéknek a legalacsonyabb pontján kell kialakítani a kondenzátumelvezetési pontot. A további szakaszokon viszont, ahol a nedvességtartalom

már alacsonyabb, lehetőségünk van a vezetékeket vízszintesen kiépíteni, és a csatlakozóvezetékeket közvetlenül alulról csatlakoztatni.

### c) Melyik a megfelelő csővezetékanyag?

Itt tekintettel az anyagok sajátos tulajdonságaira nem lehet egy meghatározott ajánlást tenni, csak annyit, hogy a kompresszorokban a magas hőterhelés miatt mindig fémcsöveket kell alkalmazni. Önmagukban még a beszerzési árak sem feltétlenül segíthetnek a döntésben: Ha az anyag árát és a szerelési költségeket is figyelembe vesszük, a horganyzott, a réz- és a műanyagcső piaci ára körülbelül megegyezik. Ezzel szemben a nemesacél csövek ára 20%-kal magasabb. A hatékonyabb feldolgozási eljárások azonban ma már ebben az esetben is egyre inkább az árak csökkenéséhez vezetnek.

Ma már számos gyártó kínál olyan táblázatokat, amelyekből megállapítható, melyik csővezetékanyag milyen feltételek esetén optimális. Mielőtt egy adott beruházásról döntünk, ajánlatos ezeket a táblázatokat tüzetesen áttanulmányozni. Hasonlóképpen figyelembe kell venni a későbbi üzemeltetés folyamán fellépő terheléseket, és ezek után szükség van még egy, a csővezeték-hálózatra vonatkozó követelményjegyzékre is. Csak ezzel biztosíthatjuk a valóban jó választást.

### d) Fontos: a megfelelő csatlakoztatási technika

A csővezeték darabjait vagy hegesztéssel és ragasztással, vagy csavarozással és ragasztással kell egymáshoz csatlakoztatni. Bár a csatlakozási pontok ily módon később már nem oldhatók, ezek a csatlakozások azonban minimumra csökkentik az esetleges szivárgás miatt keletkező veszteséget.

# Régi sűrítettlevegő-hálózatok modernizálása

Számos üzemben évről évre több ezer euró szó szerint elillan. Ennek a következő az oka: az előregedett és/vagy hiányosan karbantartott csővezeték-hálózatok rendkívül megnövelik a sűrített levegős rendszer energiaigényét. Az ilyen hiányosságok javításához csak rendkívül átgondolt módon szabad hozzáférni. Az alábbiakban a sűrítettlevegő-vezeték-hálózat korszerűsítésével kapcsolatos tanácsokat olvashat.

## 1. Alapfeltétel: száraz sűrített levegő

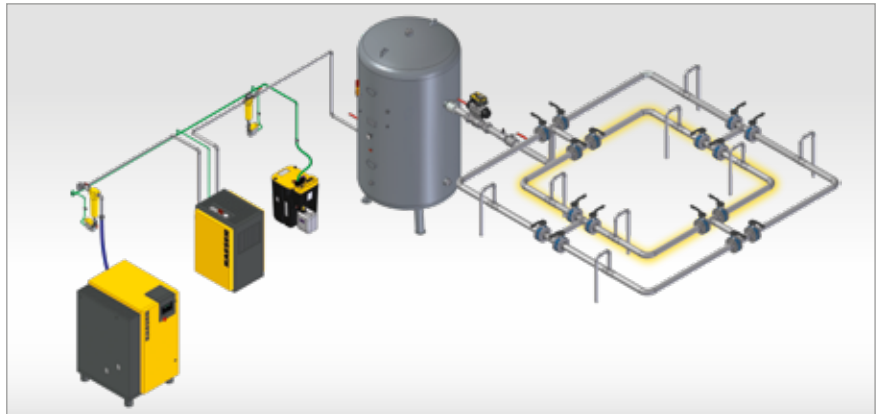
Egy új sűrítettlevegő-hálózat tervezése során számos hibát, és ezzel számos később fellépő problémát már előre el lehet kerülni. A régi hálózatok felújítása során azonban gyakran sok nehézséggel kell szembenézni. Abban az esetben, amennyiben továbbra is nedves sűrített levegő kerül a hálózatba, a felújítás szinte lehetetlen feladat. Ezért az átalakítás megkezdése előtt feltétlenül gondoskodjunk egy központi szárítóegység beépítéséről.

## 2. Mi a teendő, ha túl nagy a nyomásesés a hálózatban?

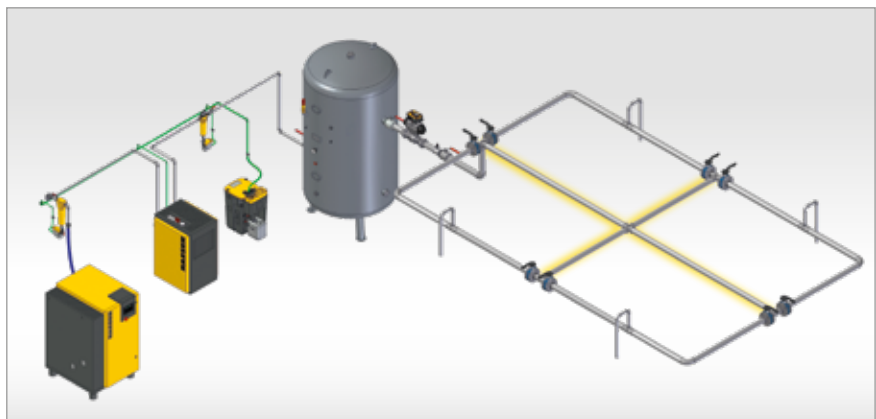
Amennyiben a csőhálózatban még a megfelelő előkészítő elemek beépítése után is túl nagy a nyomásesés, akkor ez a csövekben felhalmozódott lerakódások miatt van. A lerakódások a sűrített levegővel szállított szennyeződésekkel keletkeznek, és akár minimálisra szűkíthetjük a rendelkezésre álló áramlási keresztmetszetet.

### a) Csere vagy kifúvatás?

Mivel ezek a lerakódások gyakran szilárd réteggé állnak össze, sok esetben már csak az érintett csővezetékek cseréje segít. Sokszor azonban a vezetékek kifúvatásával, majd kiszárításával is ki lehet annyira tágítani a keresztmetszetet, hogy a lerakódások már ne jelentsenek számottevő akadályt az üzemeltetés során.



1. ábra: Sűrítettlevegő-vezeték felújítása második vezetékkör telepítésével



2. ábra: A vezeték kapacitásának bővítése úgynevezett közbenső szakaszokkal

### b) Kiegészítő vezetékek szerelése

A lecsökkent keresztmetszetű gerincvezeték bővíthető egy új, a régivel összekötött, párhuzamos gerincvezeték kiépítésével is. Ugyanezt a problémát körvezeték esetén egy második vezetékkör kiépítésével oldhatjuk meg (1. ábra). Ha a kettős gerinc- vagy körvezetékrendszer megfelelően méretezett, akkor az eredeti cél – a nyomásvesztés érezhető csökkentése – elérése mellett még a sűrített levegő elosztása is megbízhatóbbá válhat.

Felújíthatjuk úgy is a körvezetéseket, hogy a sűrített levegős rendszert úgynevezett közbenső szakaszokkal bővítjük (2. ábra).

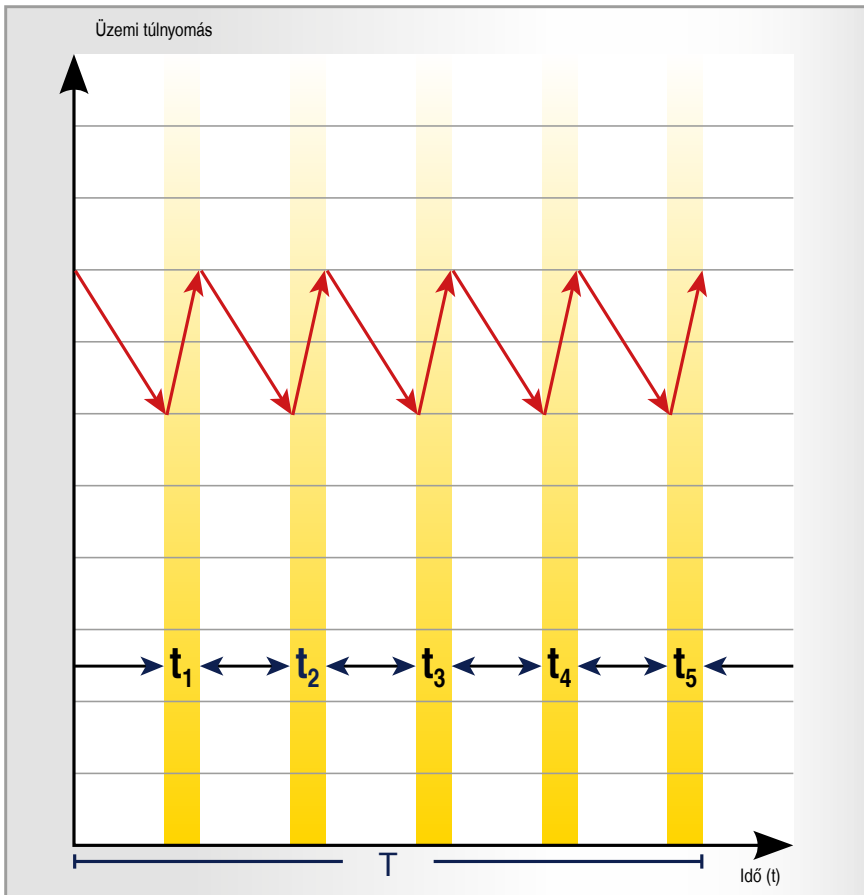
## 3. A szivárgások beazonosítása és megszüntetése

A felújítási munkák persze csak abban az esetben hoznak optimális eredményt, ha egyúttal a sűrítettlevegő-hálózat szivárgásait is a lehető legnagyobb mértékben megszüntetjük.

### a) Az összes levegővesztés megállapítása

Mielőtt elkezdenénk a csővezetékrendszer egyes tömítetlen pontjait keresni, először is a teljes levegővesztés mértékét kell megállapítani. Erre létezik egy egyszerű módszer: Először lekapcsoljuk az összes sűrítettlevegő-fogyasztót, majd megmérjük a kompresszor bekapcsolási idejét egy meghatározott időintervallumon belül (3. ábra). A levegővesztés mértékét





3. ábra: A levegővesztés megállapítása a kompresszor kapcsolási ideje alapján, a sűrítettlevegő-fogyasztók kikapcsolása esetén

a fenti mérés alapján a következő képlet segítségével lehet kiszámolni: Jelölések:

$$VL = \frac{VK \times \sum t_x}{T}$$

VL = levegővesztés (m<sup>3</sup>/min)

VK = a kompresszor térfogatárama (m<sup>3</sup>/min)

$\sum t_x = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5$   
 a kompresszor terheléses üzemintervalluma (perc)

T = összes idő (perc)

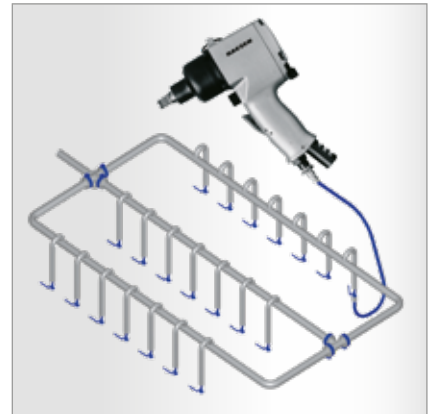
#### b) A fogyasztók levegővesztésének kiszámítása

Ha meg szeretnénk határozni, mekkora a decentralizáltan elhelyezett sűrítettlevegő-fogyasztók tömítetlenségéből

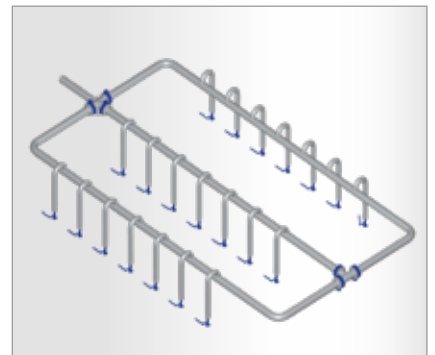
adódó vesztesége, először zárjuk le az összes pneumatikusan működtetett szerszámot, gépet és berendezést, majd mérjük meg az összes veszteséget (4. ábra). Ezután zárjuk le a fogyasztók csatlakozása előtt található elzárószelepeket és mérjük meg a csővezeték-hálózat veszteségét (5. ábra). A teljes és a hálózati veszteség közötti különbség megadja a sűrítettlevegő-fogyasztókon, ezek szerelvényein és tömítésein fellépő veszteségeket.

#### 4. Hol található a legtöbb levegővesztés?

A tapasztalatok azt mutatják, hogy az összes tömítetlenség 70 százaléka az utolsó métereken, azaz a sűrítettlevegő-hálózat végső levegőelvételi pontjain található. Ezeket a tömítetlen



4. ábra: A sűrítettlevegő-fogyasztók és a csővezeték-hálózat levegővesztésének mérése



5. ábra: A csővezeték-hálózat levegővesztésének mérése

helyeket szappanlúg vagy speciális spray segítségével pontosan megtalálhatjuk. A fővezetékek esetében csak akkor jelentkezik nagyszámú és nagy mértékű tömítetlenség, ha egy eredetileg nedves hálózatot, amelyet a hagyományos kendertömítésekkel szereltek fel, később száraz sűrítettlevegővel üzemeltetnek. Ilyenkor ezek a tömítések egy bizonyos idő után kiszáradnak. A fővezeték szivárgási pontjainak pontos meghatározásához ultrahangos berendezés használatát javasoljuk. Amennyiben a fentiek szerint járunk el, akkor meghatározhatjuk a tömítetlen helyeket, kijavíthatjuk a hibákat, és az aktuális sűrítettlevegő-szükséglethez igazíthatjuk a csővezeték keresztmetszetét, a régi hálózat pedig (ismét) egy gazdaságos sűrítettlevegő-elosztó rendszerrel válik.

# Sűrítettlevegő-szükséglet elemzése (ADA): Az aktuális állapot vizsgálata

A modern kompresszorállomások többnyire összetett rendszerek. Igazán gazdaságosan csak akkor üzemeltethetők, ha ezt a tényt mind a tervezésnél, mind a bővítésnél, mind pedig a modernizálásnál figyelembe vesszük. Ennek érdekében a KAESER átfogó szolgáltatások széles körével áll a fogyasztók rendelkezésére. Az átfogó koncepcióban a sűrítettlevegő-rendszerek elemei mellett a sűrítettlevegő-technológia legújabb informatikai lehetőségeiben is szakértelmet biztosító felhasználói tanácsadás és támogatás is fontos szerepet kapott.

A sűrített levegős technikát manapság szinte az összes iparágban felhasználják, az autógyártóktól a cementgyárakig. A sűrített levegő hatékony alkalmazásának egyik előfeltétele – a felhasználás céljától függetlenül – az előállítás és az előkészítés megbízható műszaki hátterének biztosítása. Ez garantálja, hogy a sűrített levegő költséghatékony módon, a meghatározott mennyiségben és minőségben álljon rendelkezésre.

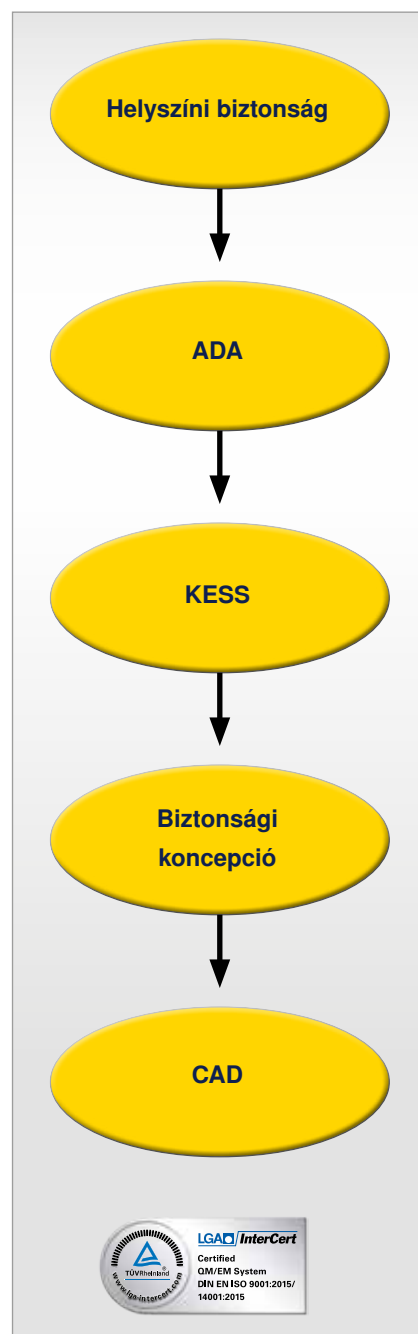
## 1. A tanácsadás segíthet a gazdaságos üzemeltetésben is

Ha azt akarjuk, hogy sűrítettlevegő-rendszerünk eleget tegyen ezeknek a követelményeknek, egyes elemeit úgy kell összehangolnunk, hogy pontosan megfeleljenek a telepítés, a környezet és a felhasználás által meghatározott követelményeknek. Ez azt jelenti, hogy a rendszerben megfelelően méretezett kompresszorokat, előkészítő berendezéseket és csővezetékeket kell beépíteni, valamint alapvető fontosságú a hatékony vezérlés, a megfelelő szellőzési technika és a kondenzátum-előkészítés alkalmazása is; emellett jó, ha mindehhez lehetőség szerint a hővisszanyerés lehetőségeinek kihasználása is társul. A KAESER által kifejlesztett KESS-rendszer teljes mértékben megfelel ezeknek a követelményeknek. A rendszer a sűrítettlevegő-szükséglet elemzését, a tervezést (1. ábra), a megvalósítást, a továbbképzést és az ügyfélszolgálatot is magában foglalja. Döntő jelentősége van a magas színvonalú tanácsadásnak és a megfelelő technológia kiválasztásának: A legnagyobb megtakarítási lehetőségek

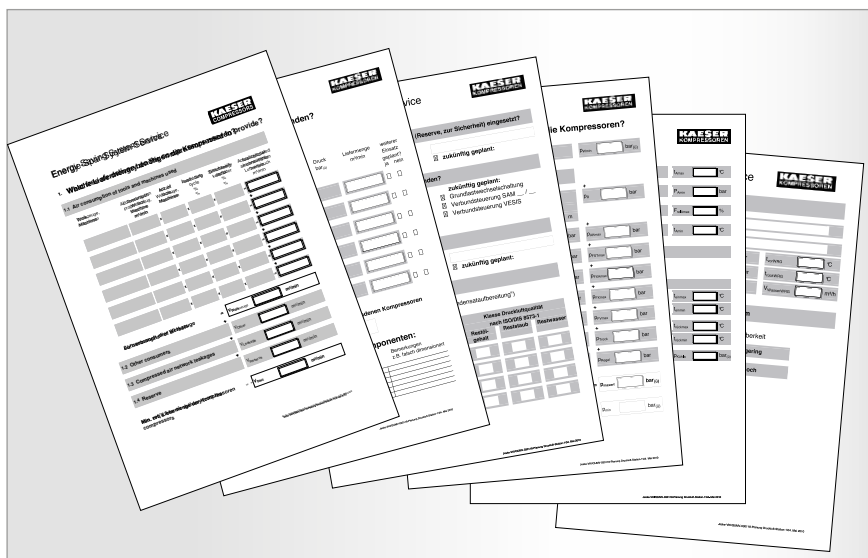
ugyanis nem a beszerzésben rejlenek, hanem az energiateljesítmény és a karbantartás területén.

## 2. A sűrítettlevegő-igény elemzése

Valamennyi KESS-tanácsadás



1. ábra: A KAESER Kompressoren sűrítettlevegő-elemzési rendszere



2. ábra: A „Kompresszorállomás” című kérdőív az új és meglévő rendszerek tervezéséhez (lásd még a függelékben, 56. oldal)

középpontjában a felhasználó jelenlegi és esetleges jövőbeni sűrített-levegő-szükségletének elemzése áll. Ennek a vizsgálatnak, amely a KAESER cégnél az ADA nevet (Analyse der Druckluft-Auslastung = sűrített-levegő-terhelési analízis) viseli, az alkalmazástól függően különböző keretfeltételeknek kell megfelelnie:

#### **a) Új sűrített-levegő-ellátási rendszer tervezése**

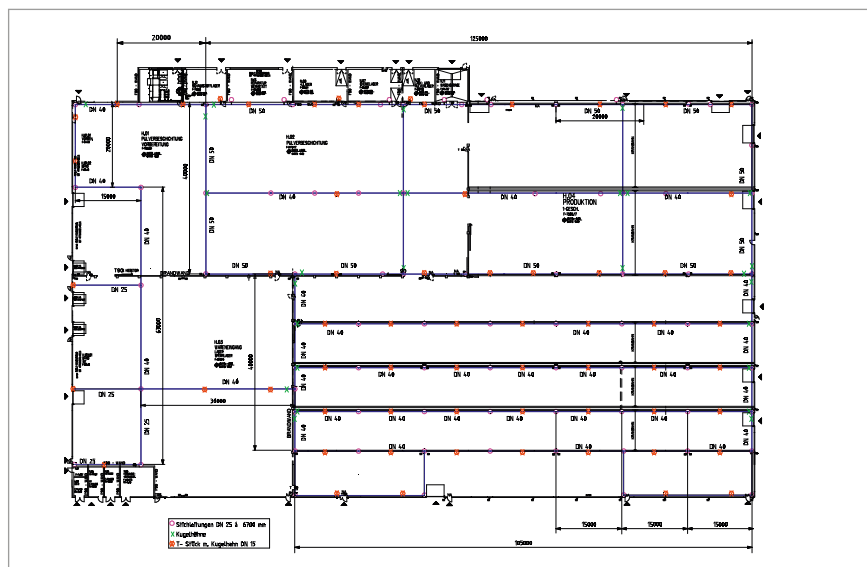
Egy új kompresszorállomás tervezése során a leendő üzemeltetőt egy speciális tervezési kérdőív kitöltésére kérjük meg (2. ábra). Ez lehetővé teszi, hogy a KAESER tapasztalt sűrített-levegő-szakértőivel együtt meghatározzák a várható sűrített-levegő-szükségletet, és az ehhez szükséges berendezéseket. A kérdőív kérdései minden olyan szempontot lefednek, amely a gazdaságos, környezettudatos sűrített-levegő-ellátáshoz fontos lehet.

#### **b) Bővítés és modernizálás**

Az új projektektől eltérően a bővítési tervek esetén elegendő támpont áll rendelkezésre a szükségletnek megfelelő tervezéshez. A KAESER által rendelkezésre bocsátott mérőberendezésekkel és mérési eljárásokkal az üzemeltető pontosan megállapíthatja, hogy különböző időszakokban mekkora a sűrített-levegő-felhasználás a meghatározott üzemszempontokban. Ebben az esetben nagyon fontos, hogy ne csak az átlag-, hanem a maximális és a minimális értékeket is mérjük (8. ábra, 29. oldal).

#### **c) Meglévő állomások hatékonyságának vizsgálata**

Számítógépes elemzőrendszerek segítségével meglévő állomások esetén is javasolt időnként azt felülvizsgálni, hogy (még mindig) megfelelő-e a kompresszorok terhelése, (még mindig) helyesen van-e programozva a felülrendelt vezérlés, valamint hogy az összes



3. ábra: Sűrített-levegő-hálózatral rendelkező üzem alaprajza

levegővesztés még mindig az elfogadható tartományon belül található-e. Az ADA alkalmazása akkor is javasolt, ha régi kompresszorokat cserélünk újakra. Ez lehetőséget ad arra, hogy az esetlegesen nem megfelelő teljesítményt növeljék, a kompresszorok üzemelés közbeni viselkedését javítsák (például részterhelés esetén), valamint megtervezzék az optimalizált, összes berendezésre kiterjedő vezérlést.

#### **d) Változó üzemi feltételek a sűrített-levegő-rendszerben**

Az üzemi feltételek változása esetén is érdemes lehet kikérni egy szakember tanácsát. Sok esetben a megfelelő előkészítési technológia alkalmazásával vagy a nyomás helyes beállításával jelentős költségcsökkentés érhető el.

### **3. Az üzemeltető adatai**

#### **a) Alaprajz**

Az általános tájékozódáshoz először is az üzem alaprajzára van szükség (3. ábra).

Ezen fel kell tüntetni a kompresszorállomás fővezetékét, az összekötő vezetéseket, valamint a betáplálási pontot. Ezenkívül meg kell adni a cső-

vezetékek méretezését és anyagát, valamint azt, hogy hol helyezkednek el a legnagyobb fogyasztók, illetve azok, amelyeknek meghatározott nyomású és minőségű sűrített levegőre van szükségük.

#### **b) A sűrített levegő felhasználási módjai**

Mivel a sűrített levegő rendkívül sokoldalú közeg, elengedhetetlen, hogy minél több részletet adjunk meg a felhasználás módjairól: Például vezérlőlevegőként, felszínbevonat készítéséhez, forgó szerszámokhoz, tisztítási célokra, folyamatlevegőként vagy más célra alkalmazzák majd?

#### **c) A meglévő kompresszorok**

A kompresszorok típusának és kiépítésének megadása mellett fontosak az olyan műszaki adatok, mint az üzemi nyomás, a szállítási teljesítmény, a teljesítményfelvétel, a hűtés módja és adott esetben a hulladék hő felhasználása.

#### **d) A sűrített levegő előkészítése**

Fontos megadni, hogy központi és/vagy decentralizált előkészítésről van-e szó, ►

# Sűrítettlevegő-szükséglet elemzése (ADA): Az aktuális állapot vizsgálata

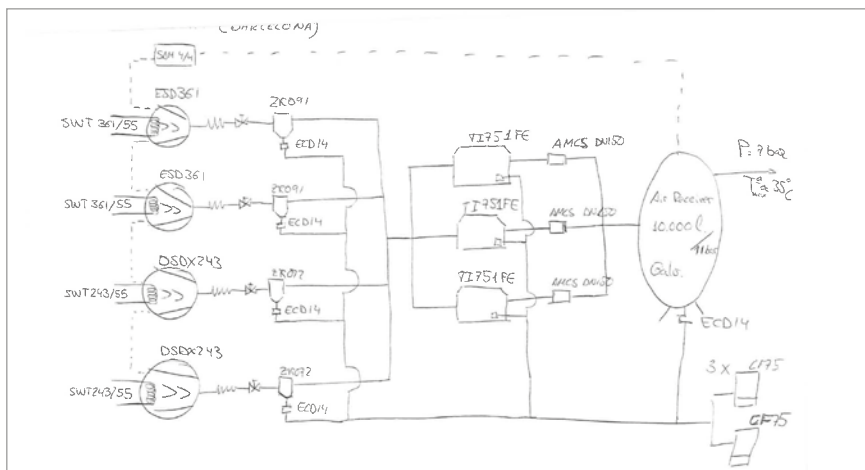
és milyen minőségi osztályú levegőre van szükség. Természetesen itt is szükség van az egyes berendezések műszaki adatainak megadására. A szükséges áttekintést egy folyamatábra biztosítja (4. ábra, 28. o.).

## e) A berendezések vezérlése és felügyelete

Mivel egy kompresszorállomás gazdaságosságát az egyes berendezések tulajdonságai mellett alapvetően ezek együttműködése határozza meg, ezért nem hiányozhat a vezérlés- és felügyelettechnika leírása sem.

## 4. Személyes egyeztetés az üzemeltető és a sűrítettlevegő-szakértő között

Amennyiben az imént felsorolt valamennyi adat rendelkezésre áll, akkor a szakértő ezek alapján egy előzetes megbeszélés keretében elmondja az üzemeltetőnek, milyen problémák állnak fenn a jelenlegi rendszer esetében. Ide tartozhat például a túl alacsony vagy ingadozó üzemi nyomás, a nem megfelelő levegőminőség, a kompresszorok rossz kiterheltsége vagy a hibás hűtés miatti problémák.



4. ábra: Egy kompresszorállomás kézzel rajzolt folyamatábrája

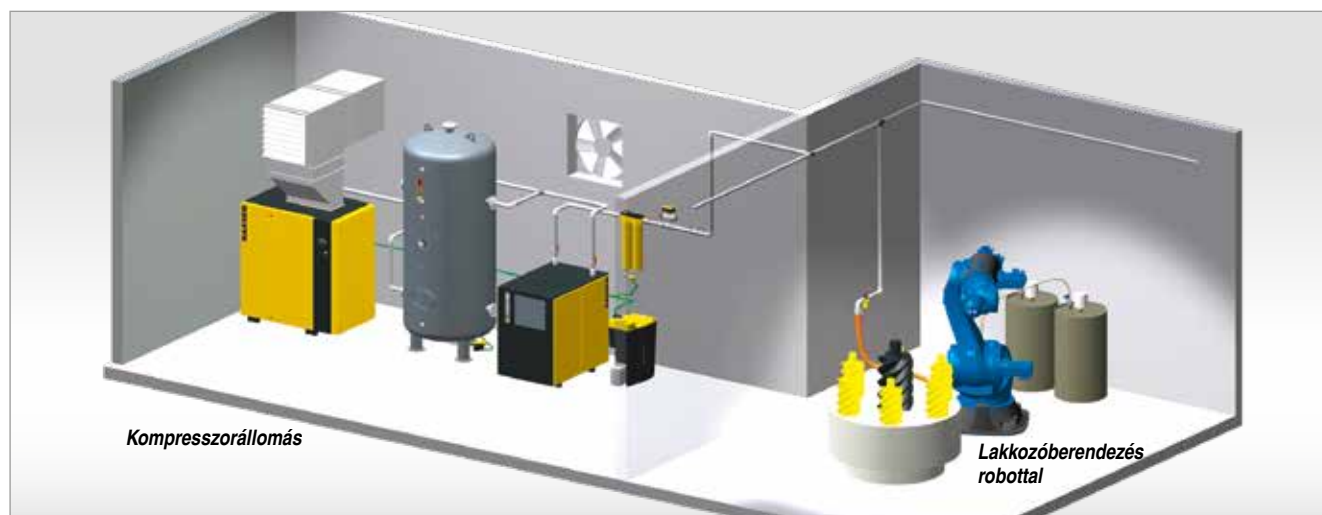
## 5. A sűrítettlevegő-rendszer helyszíni megtekintése

A legtöbb hasznos információt általában a sűrítettlevegő-rendszer helyszíni megtekintése nyújtja. Ajánlott a bejárást a legkritikusabb pontoknál kezdeni, azaz például ott, ahol nagy nyomásesés vagy rossz levegőminőség várható (5. ábra). A tapasztalat azt mutatja, hogy ezek a pontok többnyire a végső levegőelvételi pontoknál találhatók.

### a) Csatlakozótömlők, nyomáscsökkentők, vízleválasztók

Különösen sokszor lépnek fel

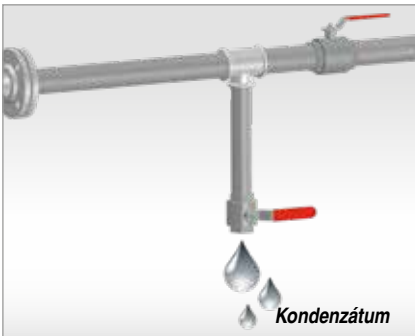
tömítetlenségek a sűrítettlevegő-fogyasztókhoz leágazó tömlőknél. Ezért ezek ellenőrzését feltétlenül el kell végezni a károsodásokra és tömítetlenségre vonatkozóan. Ha a rendszerben található nyomáscsökkentők, akkor ezek beállítását (az elő- és utányomást) terhelés alatt ellenőrizni kell (6. ábra). Ugyanez érvényes a nyomáscsökkentők elé felszerelt vízleválasztókra, amelyeknél az esetleges folyadékot és szennyeződéseket kell megvizsgálni. Szintén meg kell vizsgálni a lefelé irányuló kimeneti vezetékeket is (7. ábra).



5. ábra: Hasznos: A sűrítettlevegő-rendszer helyszíni megtekintése



6. ábra: Karbantartási egység nyomáscsökken-tővel



7. ábra: A sűrítettlevegő-kimeneti vezeték ned-vességtartalmának vizsgálata

#### b) Elzárószervek

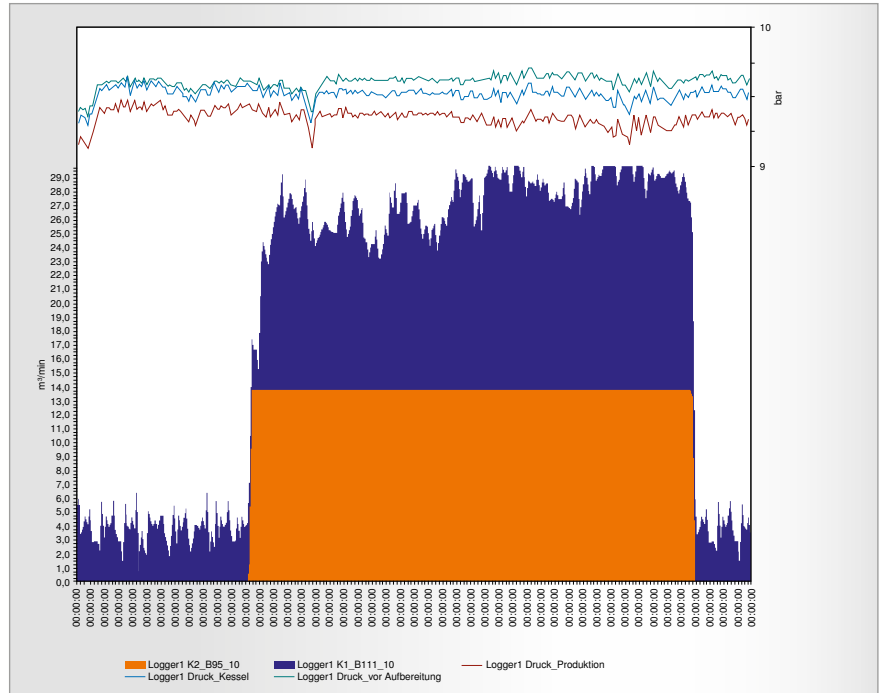
A rendszer hatékonyságára a főveze-tékről leágazó csatlakozóvezetékek állapota is jelentős befolyást gya-korol. Az ilyen neuralgikus pontokhoz tartoznak az elzárószervek is. Ezért ellenőrizni kell, hogy a hálózatba kedvező áramlási tulajdonsággal rendelkező, teljes nyitási keresztmetszetű golyóscsapokat ill. csappantyúkat, vagy pedig kedvezőtlen áramlási tulajdonságú vízelzáró szerelvényeket, ill. sarokszelepeket építettek-e be.

#### c) Fővezeték-hálózat

A fővezeték-hálózat esetében legfonto-sabb, hogy megtaláljuk a nyomásesést okozó szűk keresztmetszeti helyeket.

#### d) Sűrítettlevegő-előkészítő rendszer

Itt a legfontosabb vizsgálati kritériumok az elért nyomás alatti harmatpont (szá-



8. ábra: Az ipari üzem ADA segítségével mért nyomás- és sűrítettlevegő-felhasználási görbéje

razsági fok), valamint a mindenkori nyomáskülönbség. Az alkalmazástól függően további minőségi vizsgálatokra is szükség lehet.

#### e) Kompresszorállomás

Természetesen maga a kompresszo-rállomás is jelentős hiányosságokkal rendelkezhet. Részletesen elemezni kell pl. a kompresszorok telepítését, a szellőzőrendszert, a hűtést és a csö-vezést is. Ezen túlmenően fontos még a kompresszorok összes kapcsolási differenciája, a sűrített levegős tartá-lyok mérete, és annak a mérési pontnak megállapítása, ahonnan a kompresz-szorok vezérlése történik.

#### f) A mérési pontok meghatározása

A bejárást követően a sűrítettlevegő-szakértő az üzemeltetővel együtt meghatározza, hol legyenek a fogyasz-táselemzéshez szükséges mérési pontok. Minimálisan szükséges az előkészítés előtti és utáni, valamint a sűrítettlevegő-hálózat kimeneténél tör-ténő nyomásmérés.

#### 6. A nyomás és a levegőfelhasználás mérése (ADA)

A nyomás és levegőfelhasználás méré-sekor a kompresszorállomás és a teljes rendszer üzemelését legalább 10 napon keresztül modern adatnaplózási technológia segítségével elemezzük. Az adatnaplózó regisztrálja a fontos értékeket, majd egy számítógépnek továbbítja őket, amely ezekből egy pontos fogyasztási diagrammot készít. Ezen jól láthatóak a nyomásesések, a nyomás- és fogyasztásingadozások, az üresjárat fázisok. Felismerhetők a kompresszorok terheléses és üresjárat szakaszai, valamint az, hogy az egyes kompresszorok mennyire veszik ki részüket a mindenkori levegőfogyasz-tásból. A teljes kép megismeréséhez a levegővesztés mérésére is szükség van. Ezt a **10. fejezetben (24. oldal)** leírtaknak megfelelően végzik, és adott esetben akár egyes hálózatszakaszok lezárását is szükségessé teheti.

# A gazdasági koncepció meghatározása

**A sűrítettlevegő-rendszerek következetes optimalizálása révén az európai ipari üzemek átlagosan a sűrített levegővel kapcsolatos költségeik több mint 30%-át képesek megtakarítani. Ennek az értéknek a legnagyobb részét, körülbelül 70–90%-át az energiaszükséglet teszi ki. Így a felhasználók számára egyre fontosabb, hogy ki tudják alakítani a leghatékonyabb koncepciót a sűrített levegő előállítására.**

A KAESER KESS-rendszerének optimalizációs számításai segítségével pillanatok alatt ki lehet választani a rendelkezésre álló sűrítettlevegő-ellátási lehetőségek közül az adott felhasználói üzem számára legmegfelelőbbet. Az újonnan tervezett üzemeknél a számítás alapja a kitöltött tervezési kérdőív. A már létező kompresszorállomások esetén a számítás alapját a sűrítettlevegőszükséglet-elemzés (ADA) segítségével meghatározott, jellegzetes napi üzem összefoglalása jelenti (lásd 8. ábra, 29. oldal).

## 1. Számítógéppel támogatott vizsgálat

Egy állomás optimalizálása során a telepített kompresszorok és ezek esetleges újabb változatainak műszaki adatait beviszik a számítógépes rendszerbe. A KESS ezután megkeresi az optimális variációt, és hogy hol van lehetőség költségmegtakarításra. Ekkor azonban nem csak az adott sűrítettlevegő-igény esetén szükséges energiafelhasználást és az ehhez tartozó veszteségi teljesítményt számítja ki a rendszer.

Itt inkább arra van lehetőség, hogy pontos képet alkossunk a kompresszorállomás teljes futásidőre vonatkoztatott teljesítményének konkrét alakulásáról (1. ábra). Ily módon a részterhelés gyenge pontjai már előre felismerhetők és kiküszöbölhetők. Végeredményként egyértelmű helyzetképet kapunk az elérhető költségmegtakarításról és az amortizációról.

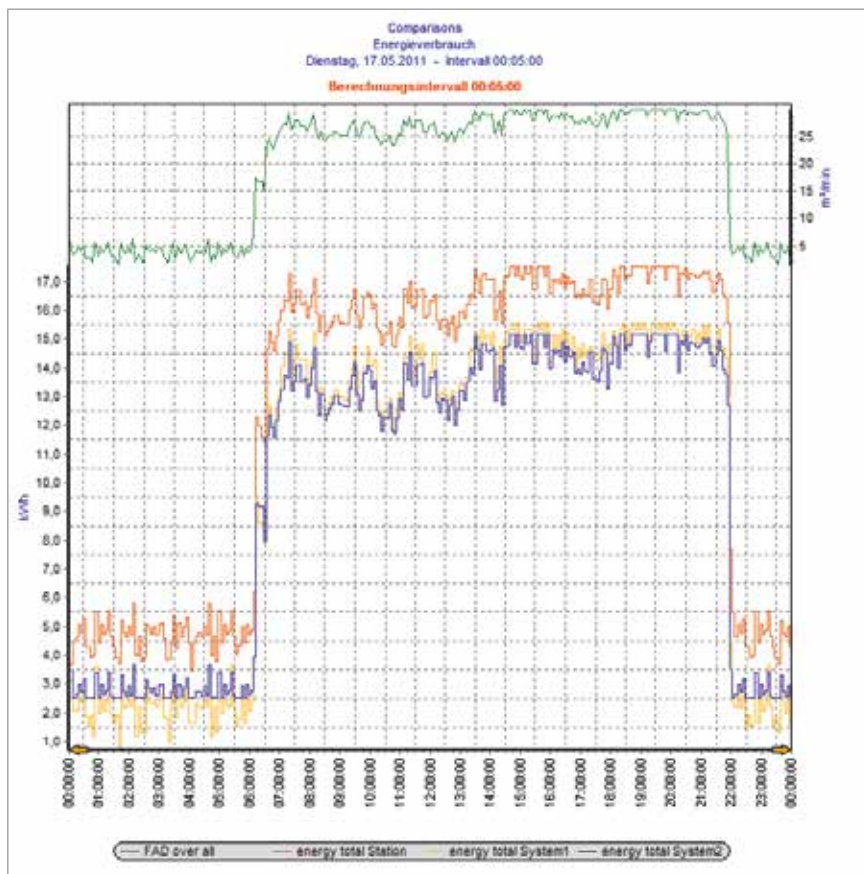
## 2. A változatosság gyönyörködtet

Legtöbbször az egymással pontosan összehangolt, különböző teljesítményű kompresszorok konfigurációja jelenti a megfelelő megoldást. Ez általában nagyobb alapterheléses és készenléti gépeket tartalmaz, amelyeket kisebb csúcsterheléses gépekkel kombinálnak. Az összes berendezésre kiterjedő vezérlés feladata az, hogy a lehető legkiegyenlítettőbb fajlagos teljesítményszükségletről gondoskodjon. Ennek érdekében képesnek kell lennie arra, hogy akár 16 kompresszor esetén egy mindössze 0,2 bar-os nyomástartományban is kiválassza az alapterheléses és a csúcsterheléses kompresszorok legkedvezőbb kombinációját. Az ilyen követelményeket az

olyan intelligens vezérlésrendszerek képesek kielégíteni, mint a SIGMA AIR MANAGER. Ez a vezérlés egy teljes, kompresszorokból és további alkotóelemekből (kondenzátumleeresztőkből, szárítókból stb.) álló buszrendszeren keresztül képes az adatok küldésére és fogadására. Ennek érdekében egy központi vezérléstechnikához csatlakozik, és oda az összes üzemi adatot továbbítani tudja.

## 3. Építéstechnikai optimalizálás

Új kompresszorállomás tervezése vagy egy meglévő modernizálása során a legoptimálisabb módon kell a helyi adottságok előnyeit kihasználni. A modern tervezőrendszerek – amilyeneket a KAESER is alkalmaz – ehhez

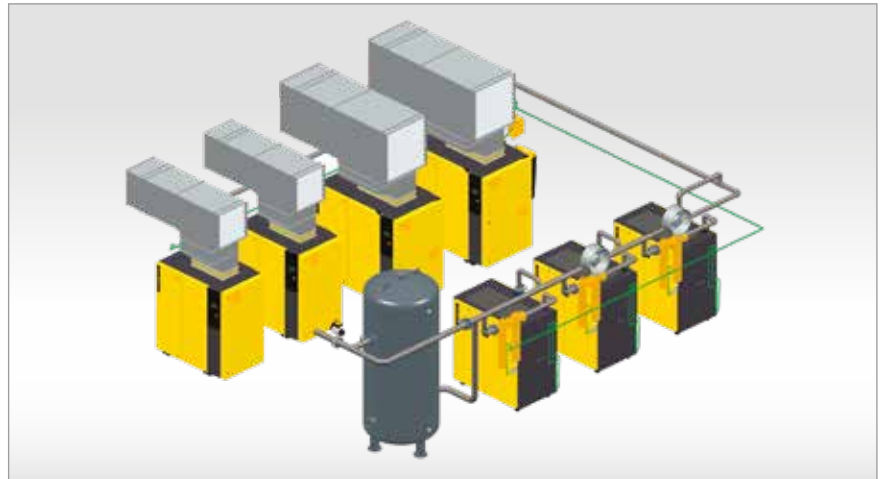


1. ábra: Egy meglévő kompresszorállomás energiafogyasztásának összehasonlítása egy munkanap folyamán különböző új berendezésváriációkkal, a sűrítettlevegő-fogyasztástól függően

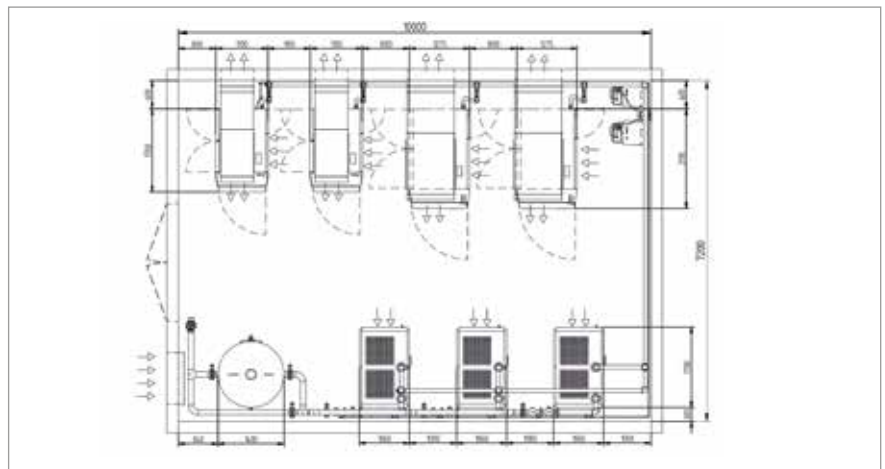
jelentős segítséget nyújtanak. Ezekkel a tervezés folyamán nemcsak az alaprajzok és a gépészeti folyamatábrák hozhatók létre, hanem számítógépes 3D-ábrázolások és -animációk elkészítése is lehetséges. Így szűkös helyviszonyok ellenére is lehetővé válik a gazdaságos levegőhűtésre való átállás, hiszen a vízűtéshez viszonyítva akár a költségek 30–40 százalékát is megtakaríthatjuk. (2a–c. ábra).

#### 4. Az üzemeltetés optimalizálása és a vezérlés

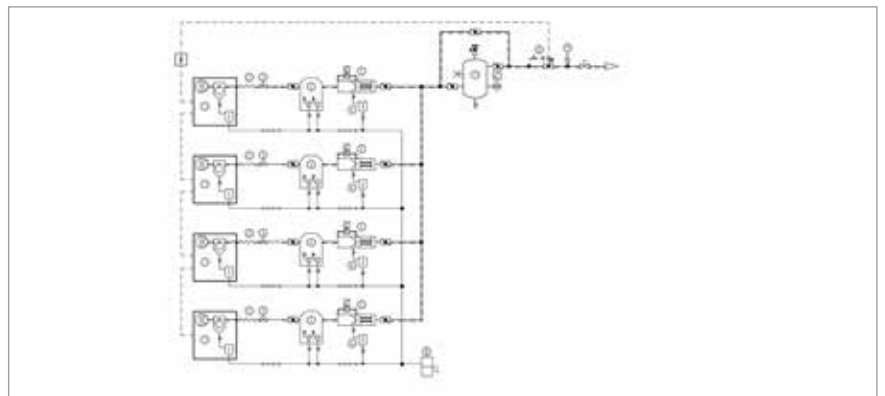
Ahhoz, hogy a gazdaságos sűrítetlevegő-ellátást hosszú távon garantáljuk, nem csupán az optimális költség-háson arányt kell jól beállítanunk, hanem a hatékony vezérléshez nélkülözhetetlen áttekinthetőséget is biztosítanunk kell. Mindehhez jó alapot jelent a SIGMA CONTROL kompresszorvezérlés, azaz tulajdonképpen egy ipari számítógép, amely öt előre beprogramozott vezérlési móddal rendelkezik, valamint képes az adatok gyűjtésére, és ezek továbbítására az adathálózaton keresztül. A felülrendelt vezérlés szintjén a Sigma Control megfelelője egy másik ipari számítógép, a már említett SIGMA AIR MANAGER (18. oldal). Az állomás optimális szabályozása és felügyelete mellett szintén fontos feladat a releváns adatok gyűjtése, és azok továbbítása egy számítógép-hálózatra (Ethernet). Ez akár az interneten keresztül, akár a SIGMA CONTROL CENTER vezérléstechnikai szoftver segítségével is történhet. A SIGMA AIR MANAGER a SIGMA AIR CONTROL elnevezésű megjelenítőrendszernek köszönhetően lehetővé teszi, hogy számítógépen megtekintsük az állomás összes kompresszorát, és azok legfontosabb üzemi adatait. Ennek segítségével azonnal látható, hogy a kompresszorállomás kifogástalanul üzemel-e, vagy esetleg valamilyen karbantartást igénylő üzemi zavar vagy meghibásodás lépett fel,



2a. ábra: Egy kompresszorállomás CAD segítségével optimalizált 3D-terve



2b. ábra: Egy kompresszorállomás alaprajza



2c. ábra: Egy kompresszorállomás gépészeti folyamatábrája

illetve azt is ellenőrizhetjük, hogy mekkora az üzemi nyomás.

# A kompresszorállomás gazdaságos hűtése

A kompresszorok a betáplált villamos energia 100%-át hővé alakítják át. Már egy viszonylag kis méretű, 18,5 kW-os csavarkompresszor is melléktermékként annyi hőenergiát termel, amivel akár egy teljes családi házat könnyedén fűteni lehet. Ezért egy kompresszorállomás problémamentes üzemeltetéséhez elengedhetetlen a hatékony hűtés biztosítása.

A kompresszorok által termelt hő kiválóan alkalmas arra, hogy energiát takarítsunk meg. A megfelelő hőviszanyerő rendszerek alkalmazásával a bevitt energia akár 96 százaléka visszanyerhető és felhasználható. Ezáltal az előállítás költségeit jelentősen csökkenthetjük (lásd 8. fejezet, 20. oldal). Mindazonáltal még a hővisszanyerő-rendszerrel felszerelt sűrített levegős berendezéseknek is rendelkezniük kell egy teljes értékű hűtőrendszerrel, amely szintén segíti a költségek csökkentését. Így a léghűtés költségei akár 30 százalékkal is alacsonyabbak lehetnek a vízűtés költségeinél. Ezért a léghűtés, amennyiben lehetséges, mindig előnyben részesítendő.

## 1. A kompresszorok környezete

### 1.1 Tiszta és hűvös környezet a nyerő

A szerződéses alkalmazottakról szóló törvény (VGB) 16. balesetmegelőzési előírása („13.4 Kompresszorok”, 12. §, 1. szakasz) kimondja: „A kompresszort úgy kell felállítani, hogy megfelelő mértékben hozzáférhető legyen, és a szükséges hűtését biztosítani lehessen.” A kivitelezésre vonatkozó előírások arra is felhívják a figyelmet, hogy a levegő- és olajhűtéses berendezések esetén a környezeti hőmérséklet nem lépheti túl a +40 °C-ot.

Ezenkívül a 15. § a következőt is tartalmazza: „... A kompresszor szívóoldali bemeneti területén nem



*Példa: kompresszorállomás kilépőlevegő-rendszerrel és termosztát által vezérelt kiegészítő szellőztetéssel a hűtveszárító berendezés számára*

bocsáthatók ki veszélyes vegyületek.” Ezek az előírások a balesetveszély minimalizálása érdekében kerültek megfogalmazásra. Ugyanakkor a kompresszor gazdaságos és alacsony karbantartási igényű üzemeltetéséhez még számos egyéb szempontot is figyelembe kell venni.

### 1.2 A kompresszorhelyiség nem raktár

Egy kompresszor üzemi helyisége nem használható raktárként. A nem odaillő eszközöket, szilárd anyagokat és további szennyeződések el kell innen távolítani. A padlózatnak lehetőség szerint kopásálló anyagból kell állnia. A hűtőlevegőt – ugyanúgy, mint az összesűrítendő levegőt – semmiképpen nem szabad megfelelő, erőteljes szűrés nélkül poros, kormos vagy más szennyeződést tartalmazó környezetből beszívni. Szokásos üzemi körülmények esetén a kompresszor által sűrítési és a hűtési céllal beszívott levegőt is szűrők segítségével kell tisztítani.

### 1.3 A megfelelő hőmérsékletű klíma

A kompresszorok megbízhatóságára és a karbantartás gyakoriságára jelentős

befolyást gyakorolnak még a hőmérsékleti viszonyok is: A beszívott levegő és a hűtőlevegő nem lehet sem túl hideg (+3 °C alatt), sem túl meleg (+40 °C felett)\*. Nyáron például néha az üzemi épületek déli, de akár nyugati homlokzata is jelentősen, akár 40 °C feletti hőmérsékletre is felmelegedhet az erős napsütés következtében – még mérsékelt égövön is. Emiatt ajánlatos a beszívott levegő és a hűtőlevegő nyílásait olyan helyen elhelyezni, ahol nincsenek kitéve az erős napsütésnek. A nyílások nagyságát a kompresszorok teljesítménye és a szellőzés módja határozzák meg.

## 2. Szellőzés a kompresszorhelyiségben

A kompresszorhelyiség megfelelő szellőztetése nemcsak a léghűtéses, de a vízűtéses kompresszorok esetében is szükséges. Minden esetben el kell vezetni a kompresszor belsejében felépő sugárzóhőt és az elektronikus hajtómotor által termelt hőt – amelyek együttesen a kompresszor üzemi teljesítményének 10%-át is jelenthetik.



### 3. Különböző szellőztetési módok

#### 3.1. Természetes szellőztetés

A kompresszor a beszívott hűtőlevegőt először felmelegíti, amely ezután felé áramlik, majd végül a meglévő túlnyomás miatt egy fent elhelyezett kimeneti nyíláson keresztül távozik a helyiségből (1. ábra). Ez a rendkívül egyszerű módszer azonban csak kivételes esetekben és 5,5 kW alatti kompresszorteljesítmény esetén használható. A természetes szellőztetést ugyanis már a napsugárzás vagy a levegő kimeneti nyílásán befújó szél leállíthatja.

#### 3.2 Mesterséges szellőztetés

Ez a módszer irányított hűtlégáram segítségével működik. A hideg évszakban a +3 °C alatti hőmérséklet akadályozza a termosztát általi vezérlést. A túlzottan alacsony hőmérséklet negatívan befolyásolja a kompresszorok működőképességét, valamint a kondenzátumelvezetés és -előkészítés hatékonyságát. A termosztáttal történő vezérlésre azért van szükség, mert mesterséges szellőztetés esetén a kompresszorhelyiségben enyhe vákuum uralkodik, amely megakadályozza a felmelegedett levegő visszaáramlását a helyiségbe. A mesterséges szellőztetésnek két módszere ismert:

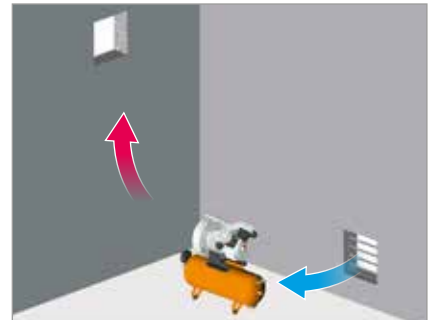
##### 3.2.1 Szellőztetés külső ventilátorral

Ilyenkor a kompresszorhelyiség levegőkimeneti nyílásába épített, termosztátvezérléssel ellátott külső ventilátor (2. ábra) szívja el a meleg levegőt. Ebben az esetben fontos, hogy a levegő-beszívónyílást (jobbra alul) ne méretezzék alul, mivel a túl nagy vákuumot egy túlságosan erős, nagy zajjal járó levegőáramlás kísérik. Ez a kompresszorállomás egész hűtését veszélyeztetheti, ezért a szellőztetést úgy kell kiépíteni, hogy a kompresszor által leadott hő miatt fellépő hőmér-

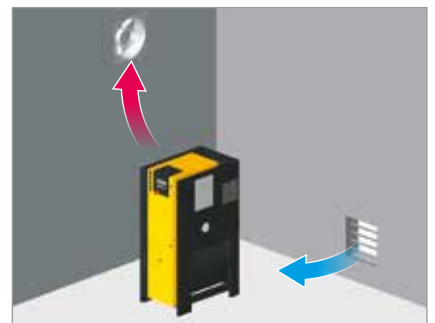
sékletemelkedés ne lépje túl a 7K-t. Ellenkező esetben fennáll az esélye, hogy termikus rövidzárlat jön létre, és a kompresszorok meghibásodhatnak.

##### 3.2.2 Szellőztetés kilépő légcsatorna használatával

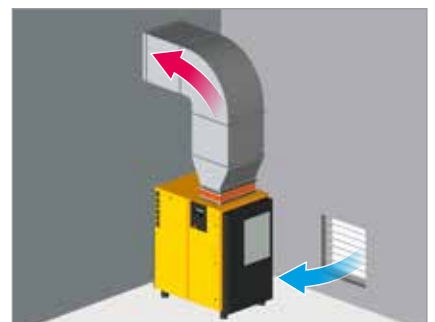
A teljesen burkolt csavarkompresszorok esetén alkalmazható egy szinte teljes mértékben ideális szellőztetési módszer a kilépő légcsatorna segítségével: Ilyenkor a kompresszor a belépő levegőt egy nyíláson keresztül szívja be, a meleg levegőt pedig egy kilépő csatornába fújja ki a gép, ami aztán közvetlenül kivezeti a kompresszorhelyiségből (3. ábra). Ennek legfőbb előnye abban rejlik, hogy a hűtlégáram könnyebben felmelegíthető, akár kb. 20 K hőmérsékletre is, ezáltal a szükséges hűtlégáram mennyisége alacsonyabb lehet. Normál esetben a kompresszorokba szériafelszerelésként beépített ventilátorok teljes mértékben el tudják látni a kilépő levegő kifúvásának feladatát. Azaz a külső ventilátorral működő szellőztetéssel ellentétben itt nem szükséges további energiaráfordítás. Mindez azonban csak akkor érvényes, ha a ventilátorok elegendő nyomástartálékkal rendelkeznek. A kilépő légcsatornát ezenkívül egy termosztát által vezérelt keringetettlevegő-zsaluval (4. ábra) is fel kell szerelni, hogy télen elkerülhető legyen a kompresszorhelyiség túlzott lehűlése. Amennyiben a kompresszorhelyiségben léghűtéses szárítók is találhatóak, akkor figyelembe kell venni azt is, hogy a kompresszor és a szárító szellőzéstechnikai szempontból nem befolyásolhatja egymást. +25 °C feletti hőmérséklet esetén ajánlott az átáramló hűtőlevegő mennyiségét egy termosztát által vezérelt segédventilátor segítségével megnövelni.



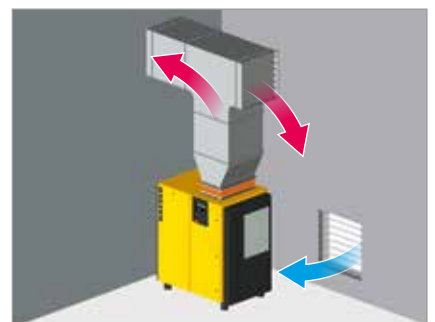
1. ábra: Természetes szellőztetés az 5,5 kW teljesítmény alatti berendezéseknek



2. ábra: Mesterséges szellőztetés ventilátorral 5,5 – 11 kW teljesítményű berendezések esetén



3. ábra: Mesterséges szellőztetés kilépő légcsatornával – 11 kW teljesítmény feletti berendezések esetén



4. ábra: A hőmérséklet kiegyenlítéséről egy termosztát által vezérelt keringetettlevegő-zsalu gondoskodik

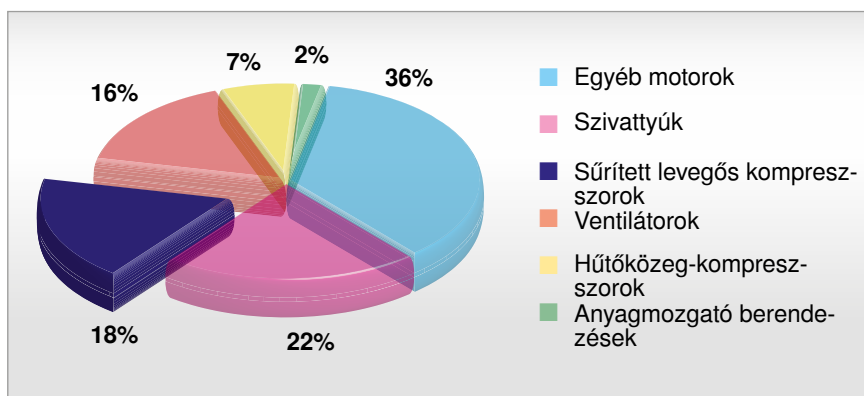
# Megbízhatóság és költséghatékonyság hosszú távú fenntartása

A 22. és 33. oldalak közötti részben láthattuk, hogy mit kell figyelembe venni egy új hálózat kiépítése, illetve egy meglévő hálózat felújítása esetén. Ezenkívül bemutattuk, milyen egy hatékonyan működő kompresszorállomás tervezési folyamata. Az energia- és költségtudatos tervezés, illetve kivitelezés azonban a legjobb esetben is csak az érem egyik oldalát jelenti. Aki a sűrítettlevegő-ellátás hatékonyságát hosszú távon is biztosítani szeretné, annak elsősorban gondoskodnia kell a sűrítettlevegő-rendszer hatékony üzemeltetéséről is.

Ha a felhasználó a lehető leghatékonyabb levegőfelhasználásra törekszik, az három területen is előnyt jelent: Az ellátás biztonsága magasabb, a sűrített levegő költsége és az energiafelhasználás pedig jelentősen alacsonyabb. Hatékonyság tekintetében még számos lehetőség áll rendelkezésre: A „SAVE II” EU-tanulmány szerint az európai sűrítettlevegő-fogyasztók 2000-ben 80 milliárd kWh villamos energiát fogyasztottak. Ennek 30 százalékát meg lehetett volna takarítani. (1. ábra).

## 1. Mit jelent az optimális gazdaságosság?

Egy sűrítettlevegő-rendszer



1. ábra: A sűrített levegős kompresszorok aránya az energiafogyasztásban ipari módon alkalmazott elektronikus meghajtások között az EU-ban (Forrás: SAVE II (2000))

gazdaságossága leginkább a költségstruktúrájában mutatkozik meg. Az elérhető optimum természetesen üzemtől és termeléstől függően mindenütt máshogy néz ki. Ebben döntő szerepe van a kompresszorok üzemidejének, a nyomás szintnek és más kereskedelmi paramétereknek.

Az alábbi példában egy léghűtéses kompresszorállomással felszerelt optimalizált rendszert mutatunk be: Futási idő: 5 év; energiaár: 8 cent/kWh; kamatláb: 6%; üzemi túlnyomás: 7 bar; a sűrített levegő minőség az ISO 8573-1 szerint: visszamaradó olajtartalom: 1. osztály, visszamaradó portartalom: 1. osztály, visszamaradó

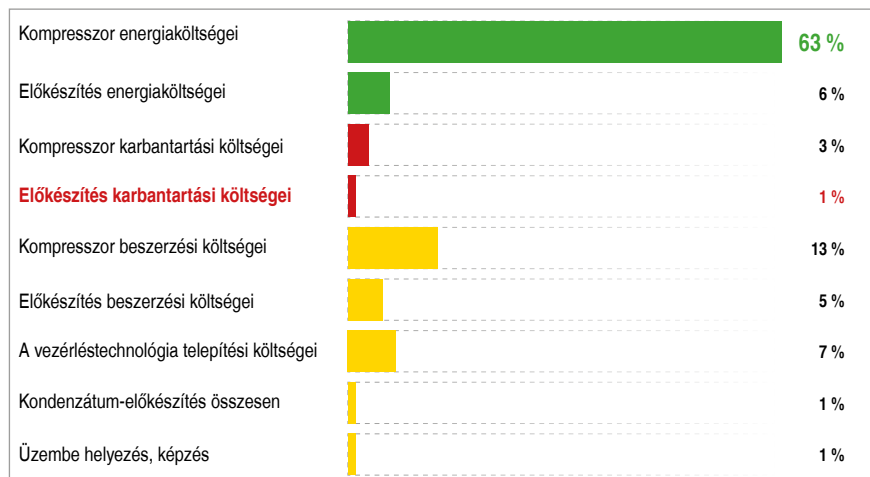
víz tartalom: 4. osztály. A példában a következők láthatók: Még optimális feltételek esetén is az energiafogyasztás teszi ki a sűrített levegő teljes költségének nagy részét, körülbelül 70%-ot (2. ábra). A Németországban telepített kompresszorállomások jellegzetességeit az FH Coburg 2003-ban kiadott tanulmánya mutatta be (3. ábra, 35. oldal).

## 2. A gazdaságosság megőrzése

Aki a tartósan gazdaságos levegőellátásban érdekelt, annak feltétlenül figyelembe kell vennie a következő fontos tényezőket:

### 2.1 Szükségletalapú karbantartás

Az ipari számítógépen alapuló, SIGMA CONTROL vezérléshez hasonló belső kompresszorvezérlések, valamint a „SIGMA AIR MANAGER 4.0” rendszerhez hasonló sűrítettlevegő-kezelési rendszerek pontos tájékoztatást nyújtanak a kompresszorállomás egyes alkotóelemeinek karbantartási intervallumairól. Ez lehetőséget nyújt a karbantartási munkálatok szükségletnek megfelelő, megelőző jellegű elvégzésére. Ennek eredményeképpen alacsonyabbak lesznek a karbantartási költségek, gazdaságosabb és megbízhatóbb lesz a sűrítettlevegő-ellátás, és ezáltal az üzemi termelés is.



2. ábra: Egy optimalizált sűrítettlevegő-rendszer költségstruktúrája

## 2.2 A megfelelő fogyasztók alkalmazása

Nemcsak az előállítás, de a felhasználás területén is előfordulhat, hogy nem a megfelelő helyen igyekszik takarékoskodni az üzemeltető: például a gyártósor berendezésein, amelyekhez ugyan adott esetben olcsóbban juthat hozzá, viszont magasabb üzemi nyomást igényelnek. Ilyenkor emelni kell a nyomást és/vagy bővíteni kell a sűrítettelevő-rendszert – így a ráfordítás ezekkel a pluszköltségekkel gyorsan túllépheti a drágább, ám alacsonyabb nyomást (például 6 bart) igénylő berendezését. Emiatt a termelő berendezések beszerzésére vonatkozóan olyan irányelveket kell meghatározni, amelyek nemcsak a feszültség-, hanem a sűrítettelevő-ellátást is figyelembe veszik.

## 2.3 A termeléstől függő követelmények megváltozása

### 2.3.1 Sűrítettelevő-felhasználás

#### a) A termelés átalakítása

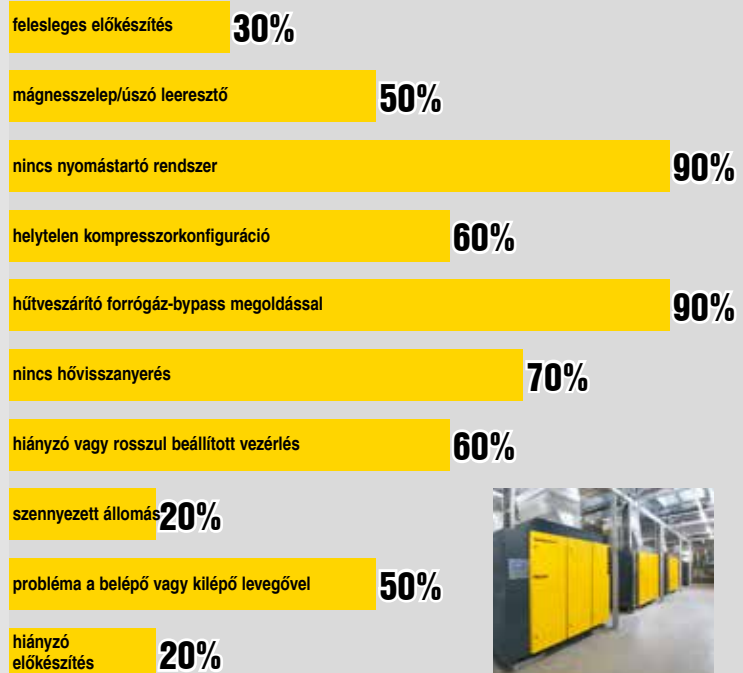
A fogyasztásingadozások által okozott problémák manapság egyre több üzemben kerülnek napi-rendre. Erre gyakran nem fordítanak kellő figyelmet, így előfordulhat, hogy a termelés átalakítása után a kompresszorok az egyik műszakban szélsőségesen alacsony kiterheléssel működnek, míg a másikban olyan nagy levegőszükségletet igényelnek, hogy a biztonsági tartalékokat is kimerítik. A sűrítettelevő-ellátásnak tehát a folyamatosan változó termelési struktúrához is igazodnia kell.

#### b) A termelés bővítése

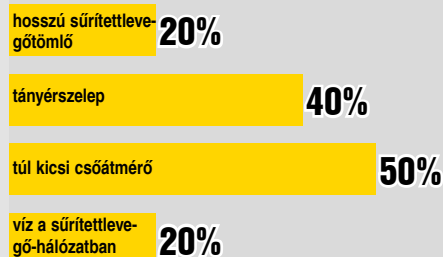
Ebben az esetben nemcsak a kompresszorok teljesítményét, hanem a csővezetéseket és a sűrített levegő előkészítését is össze kell hangolni a megváltozott üzemi feltételekkel.

## Rendellenességek a kompresszorállomásokon és a termelőhelyiségekben

### Kompresszorállomás



### Termelés



3. ábra: Az eredeti dokumentumot lásd: a KAESER KOMPRESSOREN által a sűrítettelevő-hatékony-sági kampány keretein belül végzett air-audit (levegő-ellenőrzés) eredményeinek vizsgálata. Szakdolgozat – Anja Seitz, Coburgi Műszaki Egyetem, Gépgyártási Szak (2003)

# Megbízhatóság és költséghatékonyság hosszú távú fenntartása

Amennyiben valamely üzem termelőkapacitását egy meglévő berendezés bővítésével kívánják növelni, akkor ajánlott a berendezés sűrítettlevegő-fogyasztását pontos mérés technikai eszközök segítségével feltérképezni, hogy a lehető legrészletesebb információkhoz jussunk, és az ellátást az új körülményeknek megfelelően alakíthassuk.

## 2.3.2 Az ellátás biztonsága

A kompresszorállomások esetében általánosan elterjedt gyakorlat egy készleltéti berendezés alkalmazása.

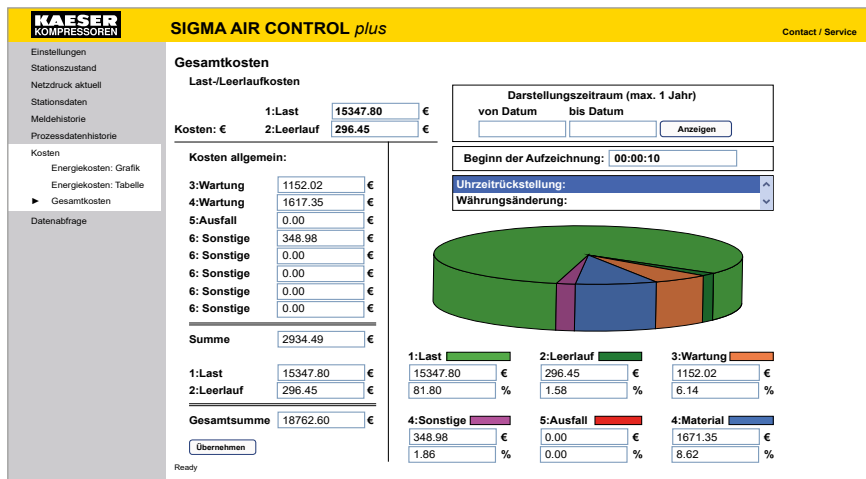


4. ábra: A szivárgások helyének meghatározása ultrahangos módszerrel

A sűrítettlevegő-ellátás terén viszont gyakran nem gondoskodnak a biztonsági tartalékról. A levegőfelhasználás növekedésekor ugyan bekapcsol a készleltéti kompresszor, de a hiányos előkészítési kapacitás miatt romlik a sűrített levegő minősége. Ezért a készleltéti kompresszorok esetén javasolt egy előkészítő egység (szárító/szűrő) betervezése is.

## 2.3.3 A sűrített levegő minőségének változtatása

Amennyiben jobb levegőminőségre van szükség, akkor azt kell eldöntenünk, hogy a teljes termelésen változtat-



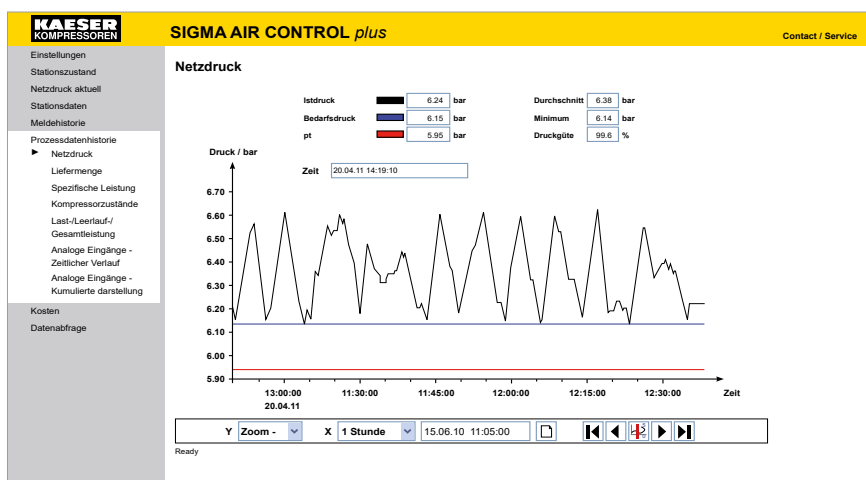
5a. ábra: Kezelőrendszer: Sűrítettlevegő-költség elemzése (webalapú)

nunk kell-e, vagy csak egy bizonyos területen. Az első esetben nem elég csak a központi sűrítettlevegő-előkészítés átalakítása. Szükség van az addig gyengébb minőségű sűrített levegőt szállító csővezeték-hálózat alapos tisztítására, vagy akár komplett cseréjére is. A második esetben egy olyan különálló előkészítő berendezés kiépítése ajánlott, amely biztosítja a sűrített levegő megfelelő minőségét. Ennek biztosítása érdekében az átáramló térfogatot kell megfelelő berendezéssel korlátoznunk. Túlságosan nagy sűrítettlevegő-mennyiség

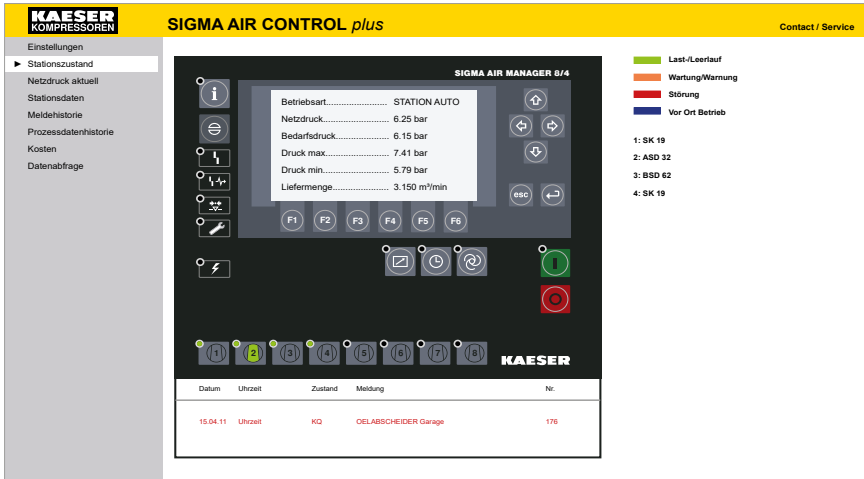
esetén ugyanis előfordulhat, hogy az előkészítés nem tudja megfelelően ellátni a feladatát, mivel természetesen nem a maximális szállítási teljesítményre tervezték.

## 2.4 A szivárgások felügyelete

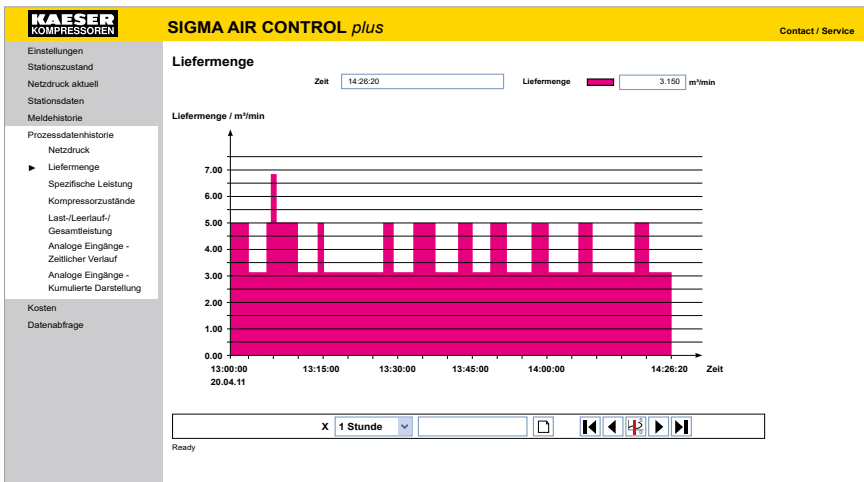
Minden sűrítettlevegő-hálózatban – még megfelelő karbantartás mellett is – vannak tömítetlen pontok. A szivárgások esetenként jelentős energiavesztéshez is vezethetnek. Ennek fő okai közé tartozik a szerzőszámok, a tömlőcsatlakozások és a gépek alkatrészeinek kopása (4. ábra).



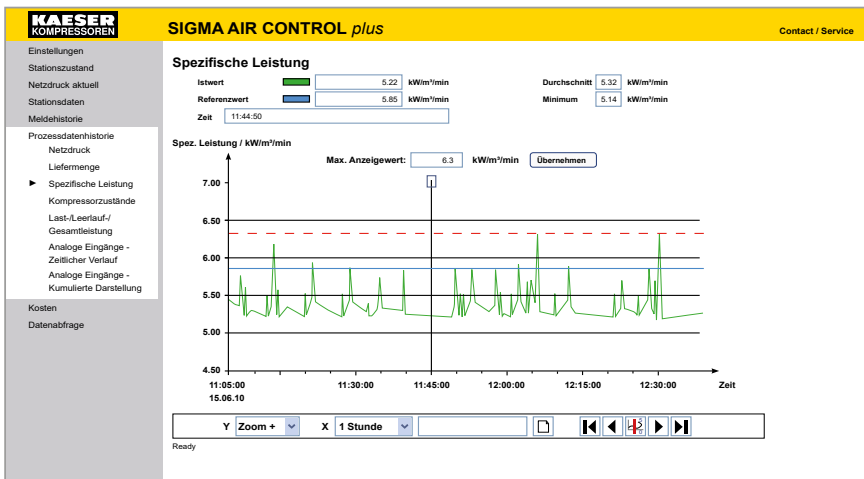
5b. ábra: Nyomáslefutás



5c. ábra: Áttekintés: Vezérlési és kezelési rendszer



5d. ábra: Sűrítettlevegő-fogyasztás



5e. ábra: Fajlagos teljesítményszükséglet

Éppen ezért fontos ezekre a hiányosságokra folyamatosan odafigyelni, és amennyiben szükséges, orvosolni ezeket. Például a SIGMA AIR MANAGER tekintetében ajánlott a teljes szivárgás rendszeres ellenőrzése. Ha a tömítetlenség mértéke növekszik, akkor a szivárgási pontokat haladéktalanul lokalizálni és javítani kell.

### 3. A költségmenedzsment biztosítja a gazdaságosságot

A tervezés során végzett elemzésből nyert adatoknak – rendszeresen aktualizált formában – a későbbi üzemeltetés folyamán is hasznát vehetjük. Nem szükséges ehhez egy külön elemzést elvégeznünk. A SIGMA AIR MANAGER-hez hasonló rendszerek átveszik ezt a feladatot. Ez biztosítja a levegőminőség-ellenőrzés és a hatékony sűrítettlevegő-költségkezelés alapjait (5a–e. ábra). Minél több üzemeltető törekszik a sűrítettlevegő-költségek átláthatóságára, méri fel az energiamegtakarítási potenciált és állítja előtérbe a sűrített levegős rendszer berendezéseinek hatékonyságát már a beszerzés fázisában, annál közelebb kerül valamennyi érintett a sűrítettlevegő-előállítás energiafelhasználásának minden területre kiterjedő, legalább 30%-os csökkentéséhez – mindez a vállalati költségvetés és a környezet előnyére is válhat.



# Gyakorlati tippek

---

1–7. tipp

40-51

1. tipp

# Megtakarítás az optimális nyomással

Egy sűrítettlevegő-rendszer gazdaságossága nem utolsósorban a megfelelő üzemi túlnyomástól függ. Itt már kis intézkedésekkel is nagy hatást lehet elérni.

A sűrített levegővel működő szerszámok csatlakoztatása gyakran a következőképpen néz ki: Nyugalmi állapotban a karbantartási egység 6,1 bar, a szerszám pedig 6,0 bar nyomással rendelkezik. Ez a nyomás azonban nem egyezik meg a levegőfelhasználás esetén fellépő nyomással.

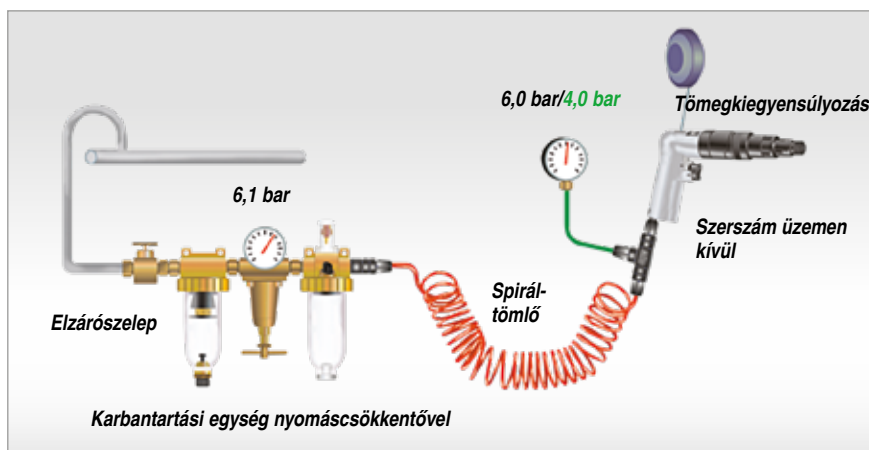
## Nyomásesés a szerszámnál – mi a teendő?

Gyakran az éppen működő szerszámnál a nyomásmérés során jelentős nyomásesés mérhető. Az alábbi példában ez eléri a 2 bar-t; ez azt jelenti, hogy a szerszám az elérhető teljesítményének mindössze 54%-át képes nyújtani.

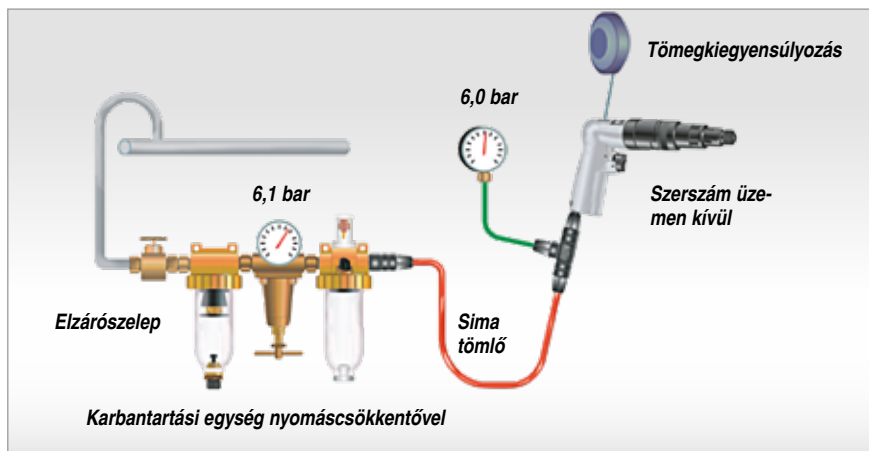
Ennek az okai gyakran könnyen elháríthatók:

- a) **Túl alacsony a csatlakozó keresztmetszete:** Használjon nagyobb átmérőjű gyorscsatlakozót.
- b) **Hibásan beállított nyomáscsökkentő:** nyissa meg jobban.
- c) **Túlságosan alacsony rendszernyomás:** Növelje meg a nyomást a főhálózatban, vagy építsen be nagyobb átmérőjű csővezetéseket.
- d) **Túl kicsi spiráltömlő:** Alkalmazzon nagyobb méretű spiráltömlőt, vagy – még előnyösebb megoldásként – használjon sima tömlőt.
- e) **Nyomásesés a decentralizált vízleválasztóban:** A sűrített levegő szárítását oldja meg centralizáltan (a leválasztó ebben az esetben felesleges).

Ezekkel az intézkedésekkel elérhető a szerszám optimális nyomása (jelen esetben 6 bar). Ezzel biztosítható a 100%-os teljesítmény.



Szerszám csatlakoztatása spiráltömlővel – 6,0 baros nyomás nulla sűrítettlevegő-felhasználás mellett. 4,0 bar a szerszám üzemelése során = 2 bar nyomásesés a szerszám üzemelése során: csak 54%-os teljesítmény!



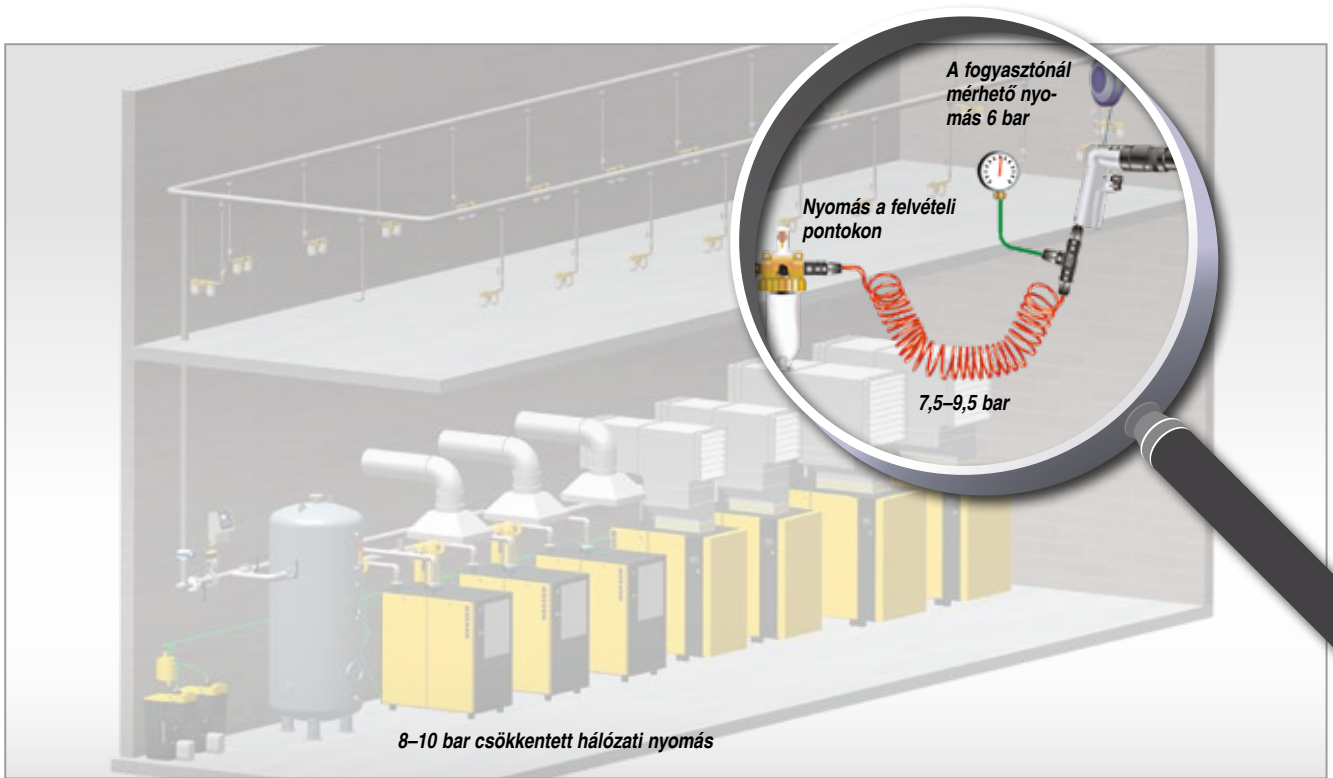
A vízleválasztók és a spiráltömlők rendkívül sok energiát fogyasztanak: Ehelyett a sűrített levegő centralizált szárítása és a sima tömlők alkalmazása javasolt

## Energiamegtakarítás – a megfelelő trükk alkalmazásával

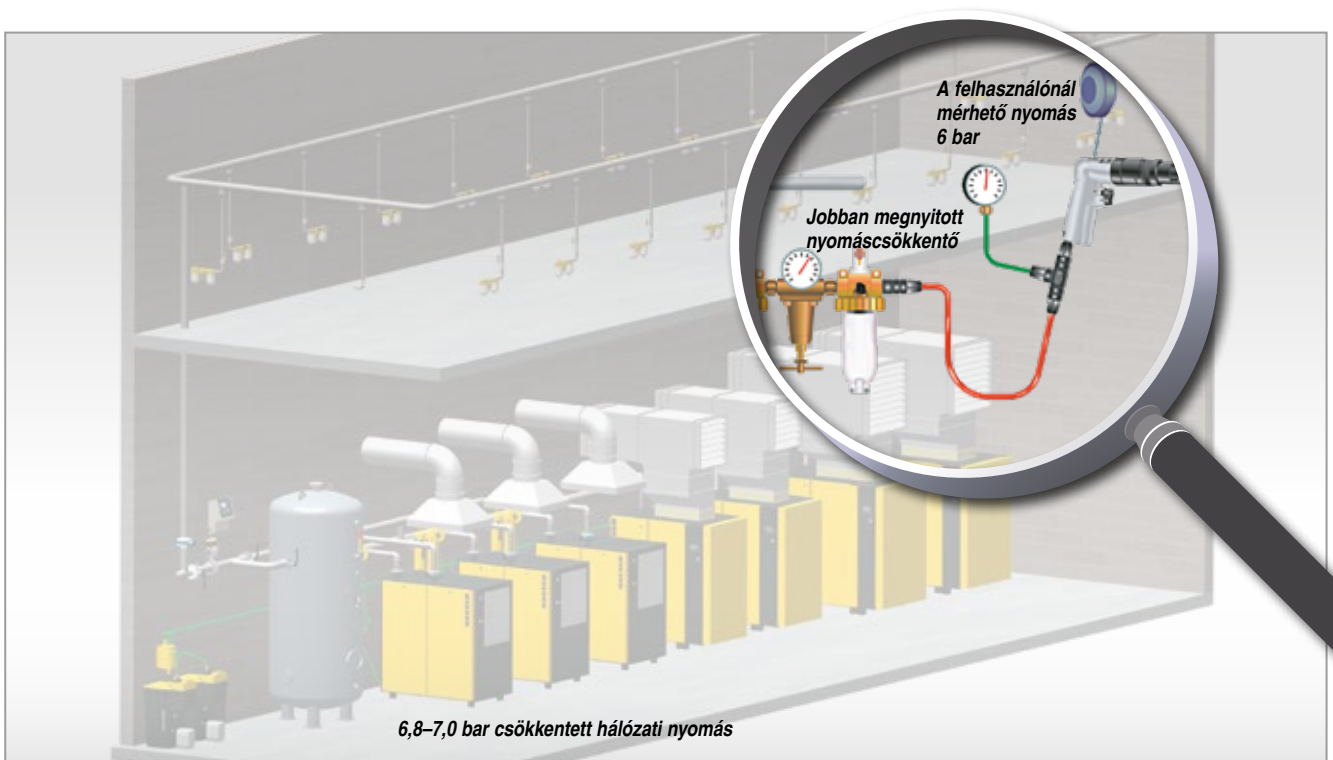
A nyomáscsökkentők jelentősebben befolyásolják a sűrített levegő alkalmazásának hatékonyságát, mint azt a legtöbben gondolják. Az alábbi példában szereplő sűrítettlevegő-rendszer 8 és 10 bar közötti nyomással üzemel. A felvételi helyen fellépő 7,5 és 9,5 bar közötti nyomást nyomáscsökkentők segítségével 6 barra csökkentik. Energiamegtakarítási célból az üzemi nyomást 6,8 és 7 bar közé csökkentik. Így a hálózat felvételi pontjain 6,1 bar nyomás áll elő, a szerszámoknál viszont csak 4 bar. Ez számos követ-

kezménnyel jár: hosszabb működési időtartam, hibás működési eredmények a szerszám túl alacsony nyomása miatt, valamint a kompresszor hosszabb futási ideje. A kitűzött megtakarítást ezzel szemben könnyűszerrel el lehet érni, ha nemcsak a rendszernyomást csökkentik, hanem ezzel együtt sima tömlőket építenek be, eltávolítják a felesleges vízleválasztót, a fogyasztóknál alkalmazott nyomáscsökkentőt pedig tovább nyitják.





*Tiszta energiavesztés: Túlzott sűrítés, majd a nyomás csökkentése a fogyasztónál...*



*... ehelyett: Csökkentse a rendszernyomást, és nyissa meg jobban a nyomáscsökkentőt*

## 2. tipp

# Megfelelő nyomás a levegőcsatlakoztatás során

**A kompresszorállomásnál fellépő nyomás már stimmel, de a sűrített-levegő-fogyasztóknál ennek ellenére túl alacsony. Miért lehet ez?**

Az ilyen esetekben gyakran a tömlők, a gyorscsatlakozók vagy a nyomáscsökkentők a felelősek. Gyakran már a hálózatból való elviteli pontnál alacsony a hálózati nyomás: Így lehetséges, hogy az eredeti 6,8–7 bar nagyságú nyomásból a fogyasztó számára már mindössze 5 bar marad.

Az ellenszer azonban egyszerűen megtalálható: „Állítsuk az állomásban fellépő nyomást a szükségesnél 1 barral magasabbra!” Az ilyen ötleteket azonban érdemes kritikusan szemlélteni, hiszen a nyomás minden egyes barnyi növelésével nemcsak a kompresszorállomás energiaigénye nő meg akár 6%-kal, de a szivárgás mértéke is jelentősen megemelkedhet. Éppen ezért a legfontosabb az okok feltárása, és amennyiben szükséges, ezek orvoslása.

### A csővezeték-hálózat hibaforrásai

Amikor a nyomás nagysága közvetlenül

a kompresszor után megfelelő, és ezt az utána csatlakoztatott előkészítő berendezések túlzottan nem csökkentik, akkor a hiba forrását a csővezeték-hálózatban kell keresni. Ez három szakaszra osztható: Fővezeték, elosztóvezeték és csatlakozóvezeték (1. ábra). Egy optimalizált sűrített-levegő-rendszerben a következő nyomáscsökkenések gazdaságosan tarthatók:

Fővezeték (1):	0,03 bar
Elosztóvezeték (2):	0,03 bar
Csatlakozóvezeték (3):	0,04 bar
Ehhez még hozzájárulhatnak a következők:	
Szárító (4):	0,2 bar
Karbantartási egység/tömlő (5):	0,5 bar
<b>összesen:</b>	<b>0,8 bar</b>

### A „palacknyak” megszüntetése

Alapos vizsgálatok során gyakran kiderül, hogy a fő- és elosztóvezetéseket kielégítően méretezték, azonban a csatlakozóvezetékek túl szűkek.

A cső szélessége nem lehet kisebb a DN 25 méretnél (1”).

Az átmérő pontos meghatározásához szükséges eszközt a KAESER

KOMPRESSOREN weboldalán biztosítjuk:

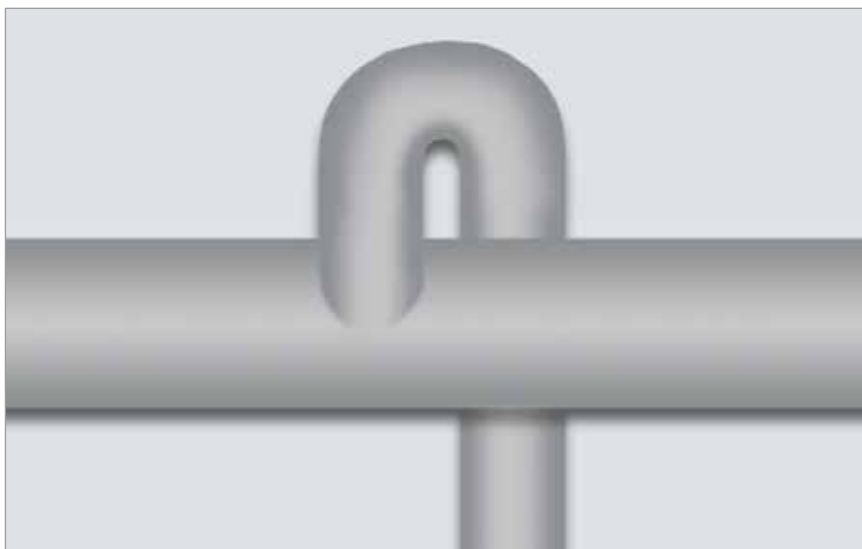
<http://www.kaeser.de/service/wissen/rechner/druckabfall/>

Erre a célra ezenkívül egy speciális **nomogram** is segítségül hívható. Ez az **1. függelékben, az 54. oldalon** található.

### A megfelelő bekötés biztosítása

Az esetlegesen létrejövő nedvességtartalom miatt bekövetkező üzemzavarok és károk elkerülése érdekében az elosztóvezeték és a csatlakozóvezeték között javasolt az áramvonalasabb „hattyúnyak” (2. ábra) kialakítása: Csak ha teljes mértékben garantálni lehet, hogy a csővezetékben nem keletkezhet kondenzátum, akkor lehet közvetlenül lefelé irányuló kimeneti csövet alkalmazni (3. ábra).

A kompresszor és a levegőfogyasztó sűrített-levegő-kilépése közötti legfeljebb 1 bar-os nyomáscsökkenésnél, az optimális bekötés a **40. oldalon** látható módon történhet.



2. ábra: Hattyúnyak



1. ábra: Egy sűrítettlevegő-elosztó rendszer főbb alkotóelemei: Fővezeték (1), elosztóvezeték (2), csatlakozóvezeték (3), szárító (4), karbantartási egység/tömlő (5)



3. ábra: közvetlen kimeneti cső

## 3. tipp

# A sűrített levegő hatékony elosztása

A sűrített levegő üzemben belüli elosztásának három fő típusa létezik – gerincvezetékek, körvezetékek, hálózat –, és az adott üzem számára ideális megoldás nagyban függ az üzem adottságaitól. A sűrített levegő gazdaságos felhasználása érdekében annak nemcsak energiatakarékos előállításáról, hanem az üzemben történő hatékony elosztásáról is gondoskodni kell. Alább megtudhatja, hogy miként.

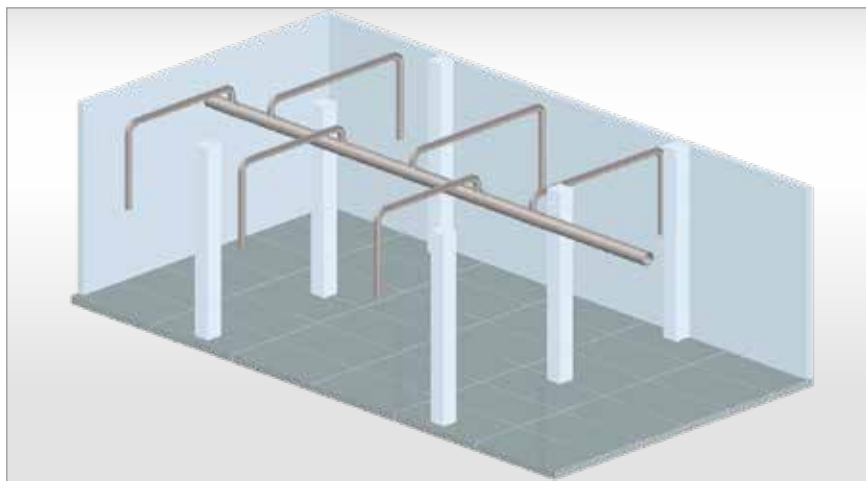
## Gerincvezetékek

Az egyes sűrített levegő-fogyasztókhoz vezetett kimenetekkel ellátott gerincvezetékek telepítése (1. ábra) viszonylag egyszerű művelet. A lefektetendő csőhossz arányaiban rövid, viszont kielégítő szállítási kapacitással kell rendelkeznie a teljes levegőmennyiség szállításához.

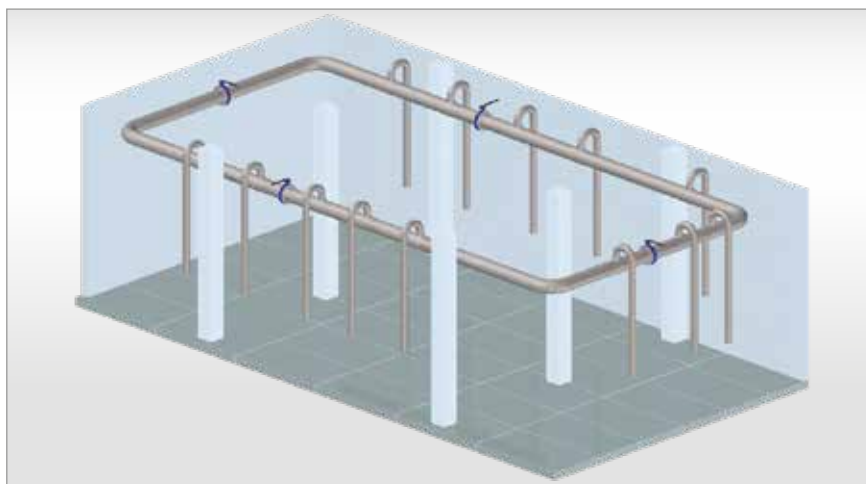
Ez azt jelenti, hogy a körvezetékekhez vagy a hálózatokhoz képest a keresztmetszetnek jelentősen nagyobbak kell lenniük. A fogyasztókhoz vezető csatlakozóvezetékeknek is hosszabbnak kell lenniük a további utak miatt, ezért ezeket is nagyobbra szükséges méretezni. Mivel arra nincs lehetőség, hogy a csővezetékrendszer egyes részeit bővítési vagy felújítási munkák számára lezárják, a gerincvezeték-rendszer leginkább a kis üzemek számára ajánlott.

## Körvezetékek

A körvezetékek (2. ábra) a gerincvezetékekhez képest magasabb telepítési ráfordítások ellenére egy döntő előnnyel rendelkeznek: Egészen a fogyasztóig egyforma nagyságú sűrített levegő-igényt kell ellátniuk, így a csővezetékek hosszát és térfogatát csaknem fele akkora elegendő méretezni. Az ugyanakkora szállítási kapacitást itt kisebb csőkeresztmetszettel is el lehet érni. A rövid csatlakozóvezetékek mérete csak ritkán haladja meg a DN 25 nagyságot. A kellő mennyiségű elzáróegység beépítése lehetővé teszi az egyes



1. ábra: Sűrített levegő-gerincvezeték



2. ábra: Sűrített levegő-körvezeték

vezeték szakaszok leállítását felújítási és bővítési munkálatok számára folyamatos működés közben is.

## Hálózat

A nagy kiterjedésű üzemek esetén javasolt a csővezeték-hálózat kiépítése – tehát egy hosszanti és keresztirányú csatlakozásokkal rendelkező hálózati struktúrából bővített körvezeték (3. ábra). Ugyan itt a legnagyobbak a telepítési ráfordítások, fontos az előnyöket is mérlegelni: A hálózati struktúrájának köszönhetően nagy szelvényű csarnokokban is lehetséges a

megbízható és energiahatékony sűrített levegő-ellátás biztosítása anélkül, hogy a csővezetékek méretezése átlépne az észszerű kereteken. Épp ellenkezőleg: A hálózatos kialakításnak köszönhetően ebben az esetben – ahogy kisebb vagy közepes üzemeknél a körvezetékek esetén is – a viszonylag kis méretű vezetékekkel is el lehet látni a feladatot. Az ilyen rendszerekben is lehetséges az egyes vezeték szakaszok elzáróegységekkel való lezárása.

## A fővezeték(ek) lefektetése

A sűrített levegő-rendszer fővezetéke

az egyes üzemi területek (épületek) elosztóvezetékeit köti össze a kompresszorállomással (előállítás).

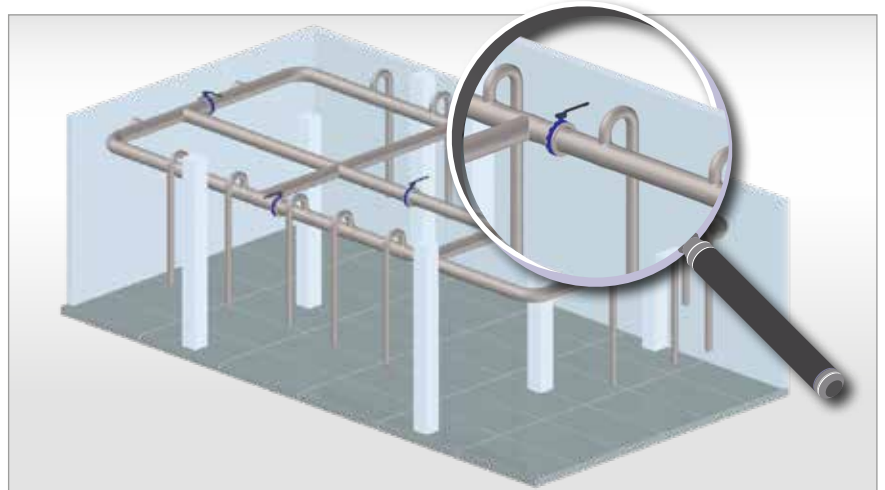
A sűrített levegőt szállító fővezeték méretezésénél a legfontosabb az alkalmazott kompresszorok összes szállítási teljesítményének meghatározása. Ez az érték határozza meg a vezeték nagyságát és kapacitását. A nyomásvesztés nem lépheti át a 0,03 bart.

#### Ellátás egy állomással

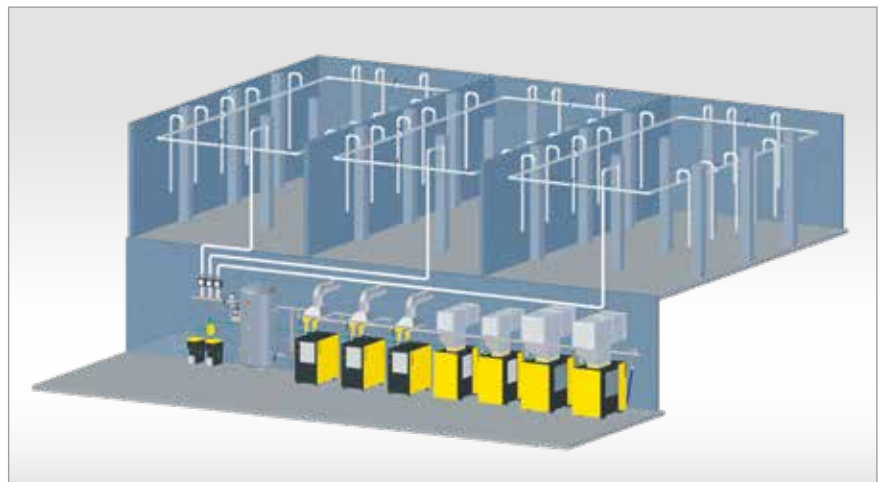
Ha egy kompresszorállomás több üzemi területet (termelési csarnokot) is ellát sűrített levegővel, akkor az egyes területek megfelelő fővezetékeit az adott terület maximális sűrített levegő-szükségletének megfelelően kell lefektetni (úgy, hogy a levegővesztés ne haladja meg a 0,03 bart). A kompresszorállomáson belül egy csővezetékgyűjtővel összefogott csővezetékek előnye, hogy segítségükkel szükség szerint egész üzemi területek sűrített levegő-ellátása egyszerűen leállítható. A beépített térfogatáram-mérő berendezések könnyedén képesek az egyes területek levegőfelhasználásának meghatározására (4. ábra).

#### Ellátás több állomással

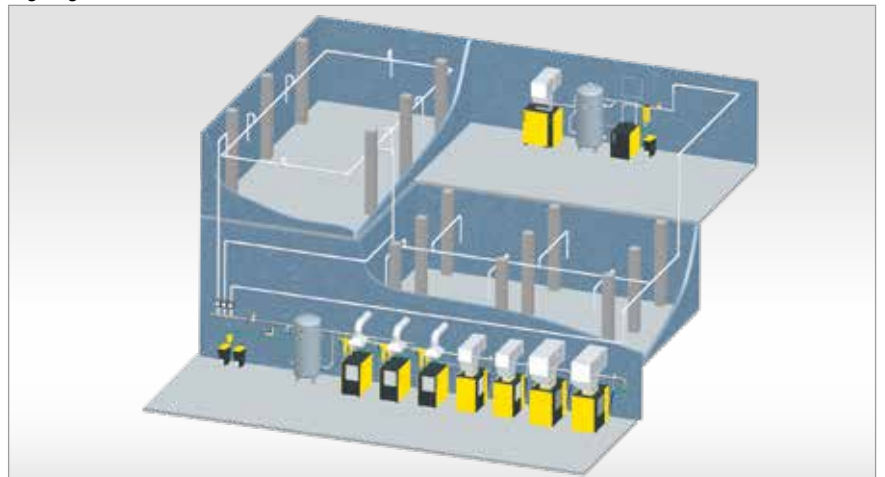
Ha egy nagy fővezetékrendszerbe két vagy több kompresszorállomást is becsatlakoztatnak, akkor a rendszer csővezetékeit úgy kell méretezni, hogy az összes üzemi terület legnagyobb állomásának szállítási csúcsteljesítményét képes legyen elérni. Az egyes állomások közti nyomásvesztés itt sem haladhatja meg a 0,03 bar értéket. Ellenkező esetben drága szabályozási rendszerek alkalmazása válhat szükségessé (5. ábra).



3. ábra: Sűrített levegő csővezeték-hálózat



4. ábra: Több termelési terület sűrített levegő-ellátásának biztosítása egy központi kompresszorállomás segítségével



5. ábra: Több termelési terület sűrített levegő-ellátásának biztosítása két kompresszorállomás és központi szabályozás segítségével

4. tipp

# Csővezetékek a kompresszorállomáson

Amellett, hogy ellátják a sűrített levegő üzemben belüli elosztásának feladatát, a csővezetékek felelősek a kompresszorok és a kompresszorállomás többi alkotóelemének összekötéséért, azaz a teljes rendszer összekapcsolásáért. A telepítésnél meghatározható néhány fontos terület, amelyre a lehető legmagasabb fokú üzemi biztonság és hatékonyság elérése érdekében van szükség.

Általánosságban a csővezetékeket úgy kell lefektetni a kompresszorállomás területén, hogy az általuk okozott nyomásvesztés maximális szállítási teljesítmény esetén 0,01 barnál kevesebb legyen. Ezenfelül az itt jelentkező, nem meghatározandó hőterhelés miatt javasolt a fémcsővek használata.

### A sűrített levegő-elosztóvezetékek csatlakoztatása

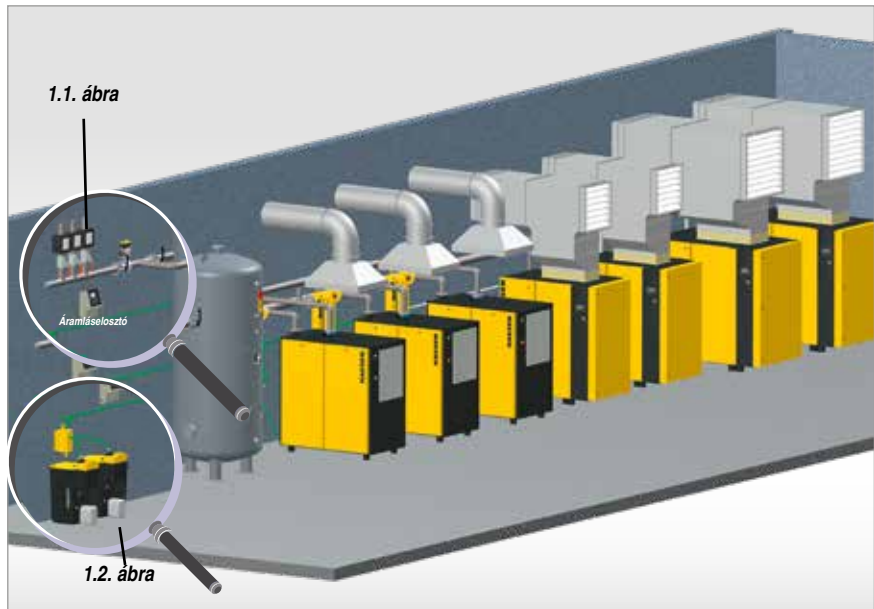
Az állomáson belül a csővezetékek sűrített levegő-hálózatra való csatlakoztatásához egy gyűjtő használata javasolt, amelyből aztán le tudnak ágazni az elosztóvezetékek (1.1. ábra). Így szükség esetén leállítható a meghatározott üzemi területek levegőellátása.

### Telepítés magas páratartalmú területeken

A magas nedvességtartalmú sűrített levegőt tartalmazó területeken, azaz a kompresszorok után és a szárítók előtt található csővezetékszakaszokon lehetőleg ne alkalmazzunk vízcsapdát. Ha mégis, akkor a csővezetéket a vízcsapda irányába lejtősen kell kialakítani, és a vízcsapdát célszerűen egy kondenzátumleeresztő segítségével vízteleníteni kell (2. ábra).

### Az elemek helyes csatlakoztatása

A kompresszorállomás belsejében az egyes alkotóelemeket (a kompresszort, a szárítót, stb.) alapvetően fentről kell a fővezetékkel összekötni. A DN 100



1. ábra: Kompresszorállomás csővezetékgyűjtővel

méretnél nagyobb csőszélesség esetén oldalirányban is össze lehet őket kötni (3a/b. ábra).

### A kompresszorok csatlakoztatása

A rezgések átvitelének megakadályozása érdekében a kompresszorokat vibrációt kiküszöbölő módon kell a csővezeték-hálózattal összekötni. A DN 100 méretnél kisebb csőszélesség esetén elegendő a tömlőcsatlakozás használata (4. ábra). A tömlő és az első csőhajlat között egy olyan rögzítést kell kialakítani, amely a fellépő erőt felveszi, és így annak a csővezetékre való átvitelét megakadályozza (4.1. ábra). A DN 100 méretnél nagyobb csőszélesség esetén a tömlő helyett a kompresszor és a csővezeték-hálózat vibrációmentes csatlakoztatásához axiálkompenzátor használata szükséges. (3b. ábra).

### A kondenzátum biztonságos eltávolítása

A keletkező kondenzátum biztonságos eltávolítása a kompresszorállomás optimalizált üzemi biztonságának



2. ábra: Csővezeték vízcsapdával és kondenzátumleeresztővel

és rendelkezésre állásának egyik alapkövetelménye. Különösen a kondenzátumvezeték lefektetésekor fontos a hibák kiküszöbölése.

Annak ellenére, hogy a feladat végrehajtásához modern elvezetési technológia áll rendelkezésre, a kondenzátum-előkészítő rendszer csatlakozóvezetékeit gyakran helytelenül fektetik le. Ha szeretné elkerülni az ilyen jellegű hibákat,

és biztosra menni, akkor érdemes a **következő tippeket** mindig betartani:

#### Kondenzátumleeresztő lezárása

A kondenzátumleeresztőt úgy kell kialakítani, hogy mindkét oldalról egy-egy golyós szeleppel lezárható legyen, így karbantartáskor nehézségek nélkül el lehessen távolítani a rendszerből (2.1. ábra).

#### A megfelelő méretű csatlakozó

A gyűjtővezetékre való csatlakozásnak legalább a 0,5 hüvelykes méretet el kell érnie. Csak így kerülhető el a szükségtelen tolónyomás.

#### Csatlakozás fentről

A kondenzátumvezetéseket fentről kell a gyűjtővezetékhez csatlakoztatni, így az elvezetési helyek nem tudják kölcsönösen befolyásolni egymást (3a. (1) ábra).

#### Nyomás nélküli vezeték, lejtéssel

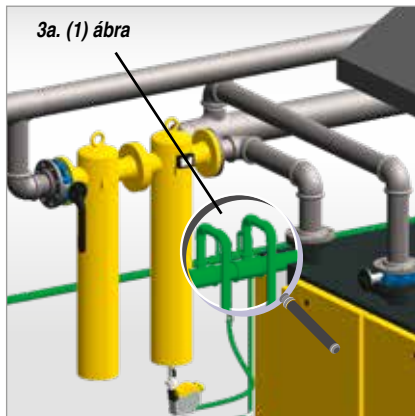
Minden esetben úgy kell kialakítani a kondenzátumgyűjtővezetékét, hogy szabad lejtése legyen. Emellett nem lehet nyomás alatt. Csak ilyen vezetékbe lehetséges a különböző nyomásszinttel rendelkező rendszerelemek (ciklonleválasztó, sűrítettlevegő-tartály, hűtveszárító, sűrítettlevegőszűrő) kondenzátumleeresztőit bevezetni. Amennyiben ez nem áll rendelkezésre, akkor a kondenzátum-előkészítő berendezésnél különböző csatlakozási pontokat kell alkalmazni (Aquamat).

#### Több előkészítő berendezés esetén

Amennyiben a keletkező kondenzátum-mennyiség miatt több előkészítő berendezés használata szükséges, akkor a fő kondenzátumvezeték egy áramláselosztón keresztül kell csatlakoztatni (1.2. ábra).

#### 15 bar feletti rendszernyomás

A 15barfeletti nyomásszinttel rendelkező



3a. ábra: Hűtveszárító és kondenzátumleeresztő csatlakoztatása (mindig fentről)



3b. ábra: Vibrációt kiküszöbölő kompresszorcsatlakoztatás axiálkompenzátorok segítségével



4. ábra: Vibrációt kiküszöbölő kompresszorcsatlakoztatás tömlő segítségével

rendszerek esetén a kondenzátum előkészítő berendezésbe való bevezetése elé egy külön magasnyomás-mentesítő kamrát kell beépíteni.

5. tipp

# A kompresszorok helyes felállítása

**A felállítási és környezeti feltételek nagyban befolyásolják a megvalósítható sűrítettlevegő-előállítás gazdaságosságát és megbízhatóságát. Itt három alapelvet kell betartani.**

### 1. Az állomás tisztán tartása

Számos kompresszorállomás tisztasága és karbantartási színvonala hagyományosan kívánvalót maga után, még akkor is, ha az állapot nem hasonlít az **1. ábrára**. A tisztaságra való törekvés elsősorban a berendezések portól való



1. ábra: Elhanyagolt kompresszorállomás

védelmét jelenti. Máskülönben hamar károsodhatnak a kompresszorok légszűrői, amely megnövekedett karbantartási igényt, romló teljesítményt és gyengülő levegőhűtést eredményezhet. Ennek további következményei is lehetnek: a túlmelegedés miatt gyakrabban fordulhatnak elő a kompresszor üzemzavarai, csökkenhet a szárító teljesítménye, ezáltal megnövekedhet a keletkező kondenzátum mennyisége, amely károsodással fenyegetheti a fogyasztókat, valamint csökkenhet a termékminőség. Ha a porártalom a telephely megfelelő kiválasztásával nem kerülhető el, akkor a beszívott levegő szövetzsebes levegőszűrőit ajánlott megtisztítani (**2a., 2b. ábra**).

### 2. Mérsékelt hőmérséklet biztosítása

A hideg évszakban a kompresszorállomást fagymentesen kell tartani: Először is itt zajlik az előkészítés előtt nedvességtartalommal rendelkező sűrített levegő előállítása és elszállítása. Fagy esetén a kondenzátum



2a. ábra: Szövetzsebes levegőszűrő (szívóoldalon)

miatt befagyott vezetékek komoly üzemzavarokat okozhatnak. Ezenfelül a +5 °C alatti hőmérséklet esetén a kompresszorokban található olajok és csapágyzsírok kenőképessége lecsökken, amely szintén működési zavarokat idézhet elő. Ezzel ellentétben nyáron olyan sok kompresszorhőt kell elvezetni, hogy a helyiség hőmérséklete lehetőleg ne lépje át a külső hőmérsékletet. Ha ez megtörténik, a motorok és elektromos alkatrészek túlmelegedhetnek, a szárító pedig a sűrített levegő köráramú hűtésének túlságosan alacsony mértéke miatt túlterhelődhet. Ennek következményeként a keletkező kondenzátummennyiség növekedése, valamint a fogyasztóknál bekövetkező üzemzavarok léphetnek fel. Legrosszabb esetben a nem megfelelő szellőzés által okozott hőtorlódás a kompresszorok és szárítók teljes leállítását, és így a sűrítettlevegő-ellátás



2b. ábra: Szövetzsebes levegőszűrő (kompresszor oldalán)

teljes mértékű kiesését okozhatja. Ez olyan hűtőrendszerekkel előzhető meg, amelyek a kompresszorállomás hőháztartását automatikusan szabályozzák a belépő, kilépő és keringetett levegő termostátvezérlése által (**3. ábra**).

### 3. Karbantartást megkönnyítő állomás

A modern kompresszoroknak és előkészítő berendezéseknek viszonylag alacsony a karbantartási igénye, azonban ettől függetlenül a karbantartást nem lehet teljesen elhagyni. A berendezéseket úgy kell elhelyezni, hogy a karbantartási pontok hozzáférhetőek legyenek. A sűrítettlevegő-előállítás esetén a lehető legmagasabb fokú gazdaságosság és megbízhatóság csak akkor érhető el, ha az előbb említett három feltételre kellő mértékben odafigyelnek.



3. ábra: Kompresszorállomás termostáttal vezérelt levegőkezeléssel



**6. tipp**

# A kompresszorállomások légcseréje

A kompresszorállomás megfelelő levegőztetése jelentősen hozzájárulhat a sűrített levegő megfelelő rendelkezésre állásához, valamint a karbantartási költségek minimalizálásához.

## 1. Bemeneti levegőnyílások megfelelő elhelyezése

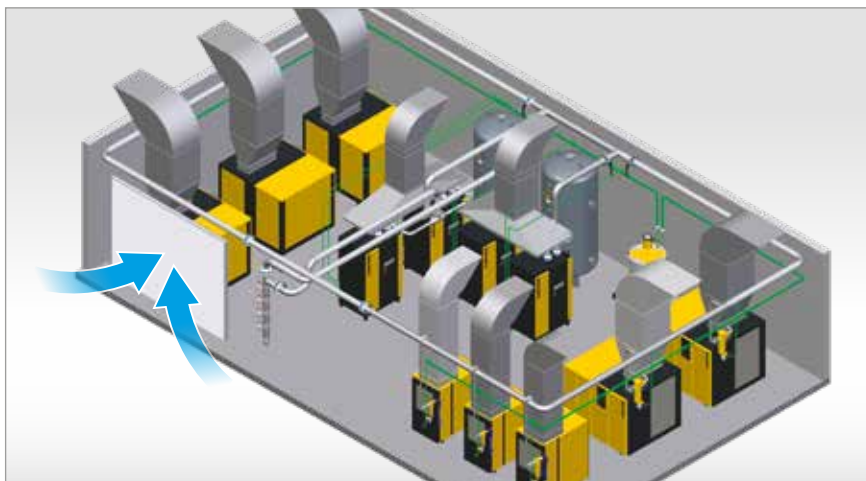
A kompresszorállomás levegőztetéséhez a bemeneti levegőnyílások helyzete rendkívül fontos. Az üzembiztonság és a megbízhatóság érdekében a kívülről beszívott levegőt lehetőleg ne tegyük ki az időjárás viszontagságainak. Így mindenképpen javasolt, hogy a naptól védett oldalon az állomás külső falának alsó felére vonatkozóan gondoskodjanak az időjárás-védelemről.

## 2. Szennyeződések és káros anyagok távol tartása

Biztosítani kell, hogy a rendszer a levegővel minél kevesebb port és káros anyagot szívjon be. Ide tartoznak az agresszív és éghető anyagok, például a belsőégésű motorok kipufogógáza. Ezért a kompresszorállomás beszívási területéről ki kell tiltani a tehergépkocsi-forgalmat. Ha nem lehet az állomás környékén a nagyobb mennyiségű port vagy szennyeződések elkerülni, akkor mindenképpen gondoskodni kell a megfelelő védelmi intézkedésekről. Mérsékelt szennyeződés esetén elegendő a hűtőlevegő-szűrők alkalmazása, extrém esetekben azonban az úgynevezett porfogók használata javasolt.

## 3. A bemeneti levegőnyílások megfelelő méretezése és felszerelése

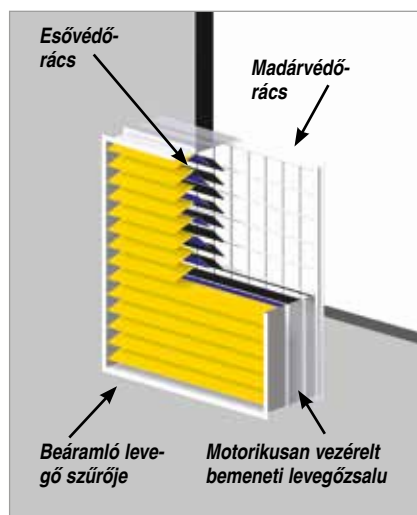
A bemeneti levegőnyílások nagyságát a már meglévő levegőhűtési kompresszorok teljesítménye határozza meg. Minden telepített névleges teljesítmény kilowattja után a bemeneti levegőnyílások 0,02–0,03 m<sup>2</sup> nagyságú szabad keresztmetszetére van szükség. Ez 130–230 m<sup>3</sup>/h hűtőlevegő-mennyi-



2. ábra: Kompresszorállomás bemeneti levegőrendszerrel

ségnek felel meg. Különös figyelmet kell fordítani a megfelelő nagyságú szabad keresztmetszet biztosítására. Az esővédőrácsok, zsaluk és a nem gazdaságos beszívási feltételek esetén szükséges szűrők jelentősen csökkenthetik ezt a keresztmetszetet: A szellőztetési rendszer függvényében ez a csökkenés akár a 30–60%-ot is elérheti. Megéri az áramvonalas szellőztetési rendszerek kiválasztása. Minden esetben szükséges a védelmi és szabályozási berendezések által okozott keresztmetszet-szűkülés ellensúlyozása.

Egy bemeneti levegőrendszer (1. ábra)



1. ábra: Bemeneti levegőrendszer (felépítés)

leggyakrabban egy madárvédőrácsból, egy esővédőrácsból, egy motorosan működtetett bemeneti levegőzsaluból és adott esetben egy bemeneti légszűrőből áll. A több kompresszorból álló állomások esetén javasolt a bemeneti levegőrendszer termosztáton keresztüli szabályozása, valamint a nyílások felosztása az egyes berendezések helyzete és teljesítménye alapján (2. ábra).

## 4. A vízűtési kompresszorok levegőztetése is fontos

A vízűtési kompresszorok esetén is megszokott a levegőhűtési motorok általi hajtás beépítése, amelyek kisugárzó hőt adnak le, és így szintén szükségük van a kielégítő levegőztetés biztosítására. A vízűtési kompresszorok telepített teljesítményüknek körülbelül 20%-át hőként adják le, amelyet hűtőlevegővel el kell szállítani. Ezért ebben az esetben is fontos biztosítani a megfelelően méretezett bemeneti levegőnyílásokat.

## 7. tipp

# A kompresszorállomások szellőztetése

Amennyiben a sűrített levegő rendelkezésre állását, valamint az alacsony karbantartási költségeket biztosítani szeretnénk, fontos gondoskodnunk a kompresszorállomás megfelelő szellőztetéséről. Ha a kinti hőmérséklet  $+5\text{ °C}$  alá esik, akkor az állomás üzemi helyiségét keringetett levegővel kell állandó hőmérsékleten tartani.

### 1. A kilépő levegő egyszerű elvezetése

A kilépő légcsatornáknak fontos feladatot kell ellátniuk a kompresszorállomáson belül: Eltávolítják a felmelegedett hűtőlevegőt, és ezzel együtt a kompresszorok által leadott motorhőt és sugárzót (1. ábra). A modern gépeknél lehetőség nyílik arra, hogy a különböző forrásokból származó berendezéshőt egyetlen kimeneti levegőnyíláson keresztül távolítsák el (1. ábra, nagyító). Ezt a kilépő légcsatornával rugalmasan egy szövetkompenzátor segítségével lehet összekötni (2. ábra). Amikor a kinti hőmérséklet  $+10\text{ °C}$  fölé emelkedik, akkor a levegőn keresztül elvezetett teljes hőmennyiség eltá-



2. ábra: Kompresszorok szellőztetésének csatlakoztatása szövetkompenzátor segítségével

volítható a kompresszorok üzemi helyiségéből. A régebbi típusú kompresszorokon még gyakran látni különálló kimeneti levegőnyílásokat.

Ide is érdemes egycsatornás megoldást beépíteni.

### 2. Gyűjtőcsatorna telepítése

Ha az egyéni kilépő légcsatorna beépítése építéstechnikailag nem lehetséges, akkor a megoldást a kilépőlevegő-gyűjtőcsatorna telepítése jelentheti (3. ábra). A kompresszorok megfelelő csatlakoztatásához visszacsapó zsalukra lehet szükség. A zsaluk zárt állapotban, az adott kompresszor nyugalmi állapotában megakadályozzák meleg levegő visszaáramlását az állomásra. A motoros hajtású zsaluszelepek csökkentik a nyomásvesztést, és a „motor jár” jelzéssel vezérelhetők. A gyűjtőcsatorna terelőlemezeivel szintén elkerülhető a nyomásvesztés.

### 3. Temperálás keringetett levegővel

A  $+5\text{ °C}$  alatti külső hőmérséklet esetén olyan keringetett levegő-rendszernek kell rendelkezésre állnia, amely  $+10\text{ °C}$ -ig marad aktív, és a hőmérséklettől függően módosul a rendszer nyitottságának mértéke (1. ábra). Az időlegesen teljesen leállított kompresszorállomásoknál szükség van kiegészítő fűtésre, amely az üzemi helyiség hőmérsékletét  $+5\text{ °C}$  felett tartja.

### 4. Hűtveszárító szellőztetése

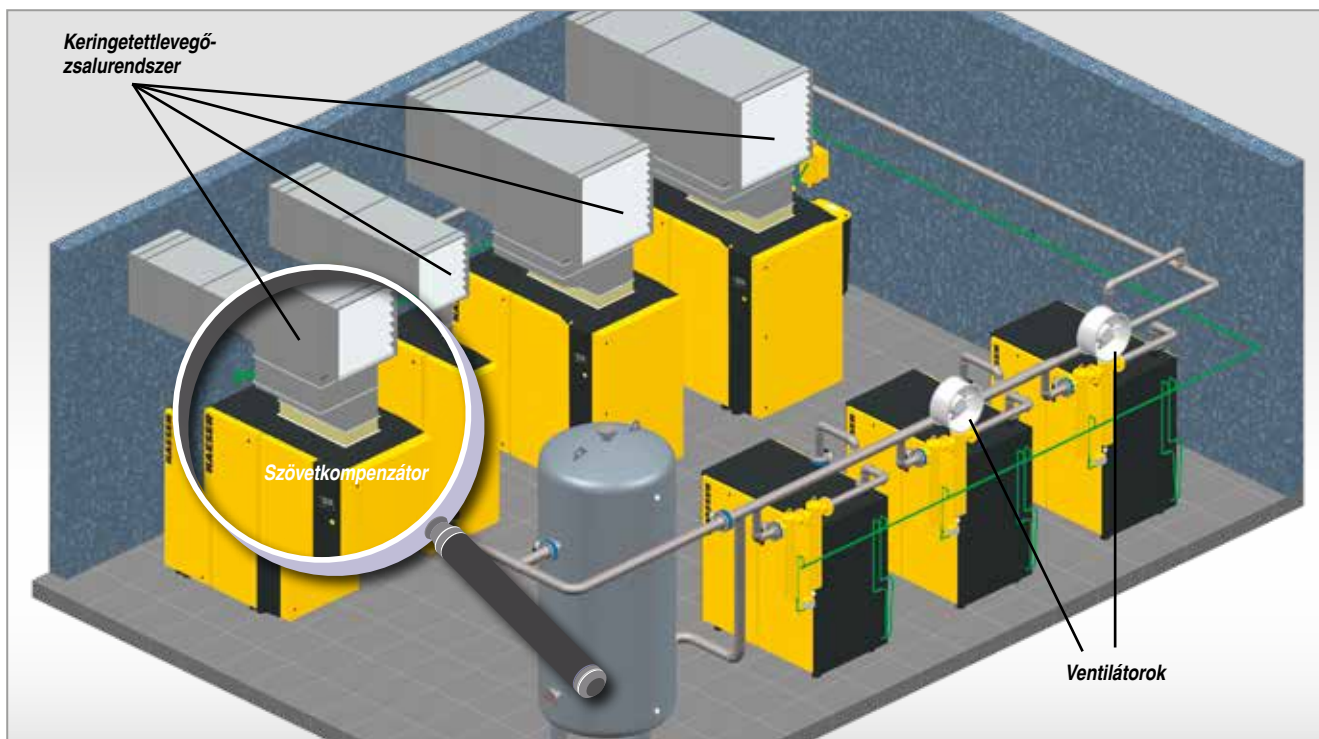
A hűtveszárítók körülbelül a hozzájuk bevezetett elektronikus teljesítmény négyszeresét hozzák létre hő formájában. Éppen ezért ezekhez a berendezésekhez saját, termosztáttal szabályozott ventilátorral felszerelt levegőkivezetési rendszer kialakítása szükséges (1. és 3. ábra). Amennyiben az állomásnak több hűtveszárító is a része, akkor a ventilátornak lépésvezérléssel kell rendelkeznie, amely  $+20\text{ °C}$  felett lép működésbe. Mivel ez a levegőkivezetési rendszer nem folyamatosan működik, a kilépő légcsatornát nem szabad közvetlenül a szárítóra helyezni.

### 5. A levegőkivezetési rendszerek helyes kialakítása és vezérlése

Minden levegőkivezetési rendszert úgy kell lefektetni, hogy ne idézzen elő nagyobb nyomásvesztést, mint amekkorát a legkisebb gép fennmaradó nyomáson szállít (oda kell figyelni a gyártó által megadott értékekre). Különben az adott berendezés kilépő levegője visszaáramlik az üzemi helyiségbe. Ha nem elegendő a fennmaradó nyomás, akkor további ventilátorok beépítése lehet szükséges. A csapantyúkat a helyiség termosztátjának és a kompresszoroknak automatikusan kell szabályozniuk. Annak érdekében, hogy a szelepek műszaki hibáit hamar felismerjék, és ezeket a vezérléstechnika felé továbbítani lehessen, ajánlott a rendszer több berendezést átfogó vezérlés általi felügyelete (pl. SIGMA AIR MANAGER).

### 6. Vízhűtés rendkívüli esete

Mivel még a vízhűtéses kompresszorok is a telepített teljesítmény kb. 20%-át kisugárzott hőként leadják, itt is szükséges a megfelelő szellőztetés biztosítása.



1. ábra: Légtechnikai rendszer kompresszoroként saját csatornával



3. ábra: Légtechnikai rendszer gyűjtőcsatornával az összes kompresszorhoz



# Függelék

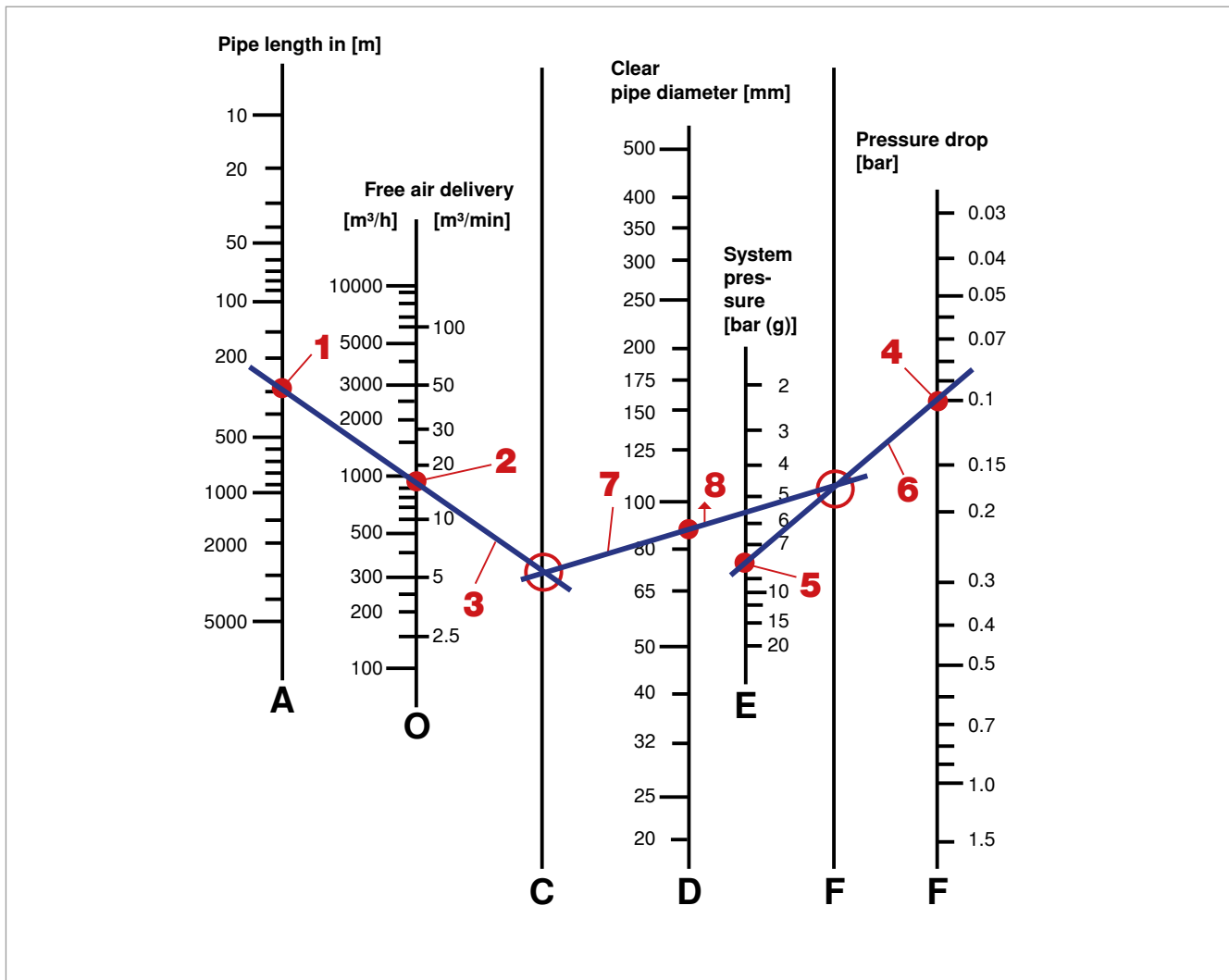
---

1-2. függelék

54-57

## 1. függelék

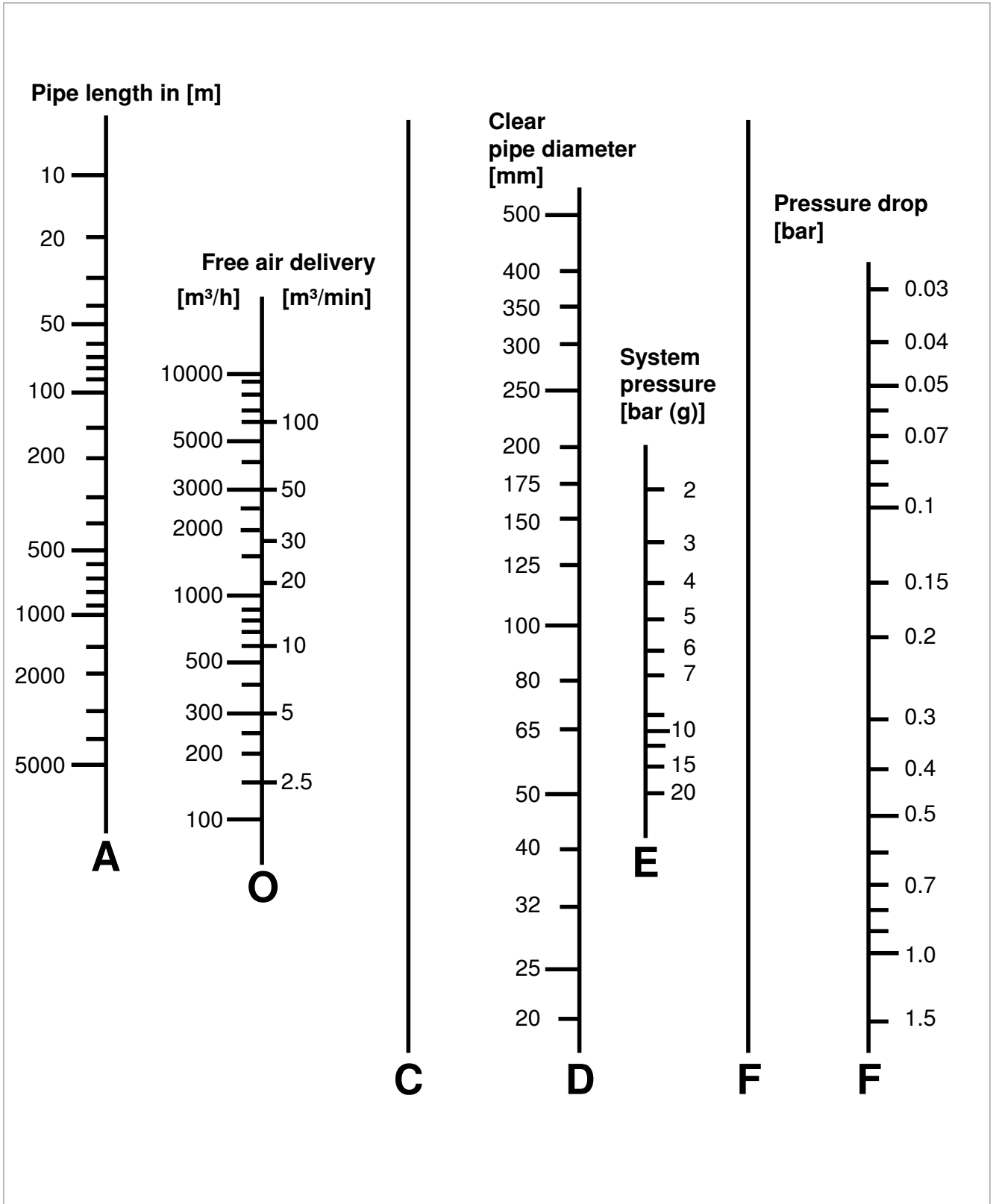
# Nomogram a szükséges belső csőátmérőjének meghatározása



**A sűrítettlevegő-vezetékek belső átmérőinek meghatározása nomogrammal az alábbiaknak megfelelően lehetséges:** Először is az A és B tengelyen jelölni kell a cső hosszát és a szállítási teljesítményt. A két pontot egy egyenessel kell

összekötni, amelynek meghosszabbítása metszi a C tengelyt. Ezután az E és G tengelyeken jelölni kell a minimális rendszernyomást és a legfeljebb megengedhető nyomásvesztéséget. A két pont közötti egyenes meghosszabbítása metszi az F tengelyt. A C és F tengely

metszéspontjai közé húzott egyenes pontosan azon a ponton metszi a D tengelyt, amelyről leolvasható a szükséges csőszélesség.



2. függelék

# Példakérdőívek az energiatakarékos rendszerszolgáltatáshoz

## Energy Saving System Service



### 1. What free air delivery do the compressors need to provide?

#### 1.1 Air consumption of tools and machines used

Tools, machines	Air consumption per tool, machine m <sup>3</sup> /min	No. of tools, machines	Load / duty cycle %	Simultaneity factor %	Actual calculated air consumption m <sup>3</sup> /min
<input type="text"/>	<input type="text"/>	x <input type="text"/>	x <input type="text"/>	x <input type="text"/>	= <input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	x <input type="text"/>	x <input type="text"/>	x <input type="text"/>	= <input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	x <input type="text"/>	x <input type="text"/>	x <input type="text"/>	= <input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	x <input type="text"/>	x <input type="text"/>	x <input type="text"/>	= <input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	x <input type="text"/>	x <input type="text"/>	x <input type="text"/>	= <input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	x <input type="text"/>	x <input type="text"/>	x <input type="text"/>	= <input type="text"/>

Air consumption of all tools =  $V_{\text{Tools}}$   m<sup>3</sup>/min

1.2 Other consumers  $V_{\text{Other}}$   m<sup>3</sup>/min

1.3 Compressed air network leakages  $V_{\text{Leakage}}$   m<sup>3</sup>/min

1.4 Reserve  $V_{\text{Reserve}}$   m<sup>3</sup>/min

Min. req'd free air delivery from the compressors =  $V_{\text{Total}}$   m<sup>3</sup>/min



## Energy Saving System Service



### 2. Are compressors already in use?

No

Yes

Operator's designation	Manufacturer	Model	Pressure bar <sub>(g)</sub>	Free air delivery m <sup>3</sup> /min	Continued use planned?	
					Yes	No
				<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Total free air delivery of existing compressors that will continue to be used**

=  $V_{\text{Existing}}$   m<sup>3</sup>/min

### Existing compressed air treatment components:

Type/model (dryer, filter, drain etc.)	Manufacturer	Designed for m <sup>3</sup> /min	bar(g)	Remarks e.g. Incorrectly sized



**CSD 105**

**SIGMA** 

**IE4**





# Otthon az egész világon

A KAESER KOMPRESSOREN a komplett sűrített levegős rendszerek egyik legnagyobb gyártójaként világszerte jelen van. A képviseltek és partnercégek több mint 100 országban biztosítják, hogy modern, hatékony és megbízható sűrített levegős berendezések álljanak a felhasználók rendelkezésére. A tapasztalt szaktanácsadók és mérnökök átfogó tanácsadást nyújtanak és egyedi, energiahatékony megoldásokat dolgoznak ki a sűrített levegő összes felhasználási területére. A nemzetközi KAESER cégcsoport globális számítógép-hálózata az egész világon hozzáférhetővé teszi az ügyfelek számára a rendszer-szolgáltatóval kapcsolatos know-how-t.

A magasan kvalifikált, az egész világon jelen lévő forgalmazási és szervizhálózat biztosítja az összes KAESER termék és szolgáltatás legmagasabb szintű elérhetőségét.



## KAESER KOMPRESSOREN Kft.

2040 Budaörs, Gyár u. 2 – Tel.: (23) 445 300 – Fax: (23) 445 301  
E-mail: [info.hungary@kaeser.com](mailto:info.hungary@kaeser.com) – [www.kaeser.com](http://www.kaeser.com)