



**SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM**  
**SZEGEDI ÉLELMISZERIPARI FŐISKOLAI KAR**

---

***Élelmiszeripari Műveletek és Környezettechnika Tanszék***

OKTATÁSI SEGÉDLET

## **ALKALMAZOTT MŰSZAKI HŐTAN**

### **A hűtés termodinamikája**

című tantárgy előadásaihoz és gyakorlataihoz,  
nappali és levelező tagozatos hallgatók részére

Összeállította:

Prof. Dr. Szabó Gábor

Péter Szabó István

Szeged, 2001.

1.	A HŰTÉS FOGALOMRENDSZERE. A KOMPRESSZOROS ÉS ABSZORPCIÓS HŰTÉS ELVE ....	4
1.1.	A kompresszoros hűtőberendezés .....	5
1.2.	Az abszorpciós hűtőberendezés .....	5
1.3.	A hűtőkörfolyamatok energetikai jellemzői .....	9
2.	A HŰTŐKÖZEGEK FÁZISVÁLTOZÁSI DIAGRAMJAI. HŰTŐ- ÉS KÖZVETÍTŐ KÖZEGEK TULAJDONSÁGAI .....	12
2.1.	A gőznemű hűtőközeggel szemben támasztott követelmények .....	12
2.2.	Közvetítőközegek tulajdonságai.....	16
3.	EGYFOKOZATÚ HŰTŐKÖRFOLYAMATOK T-S, P-V ÉS LGP-H FÁZISVÁLTOZÁSI DIAGRAMOKBAN. A KÖRFOLYAMATOK TERMIKUS MÉRETEZÉSE.....	17
3.1.	Fázisváltási diagramok .....	17
3.2.	Termikus méretezés.....	18
4.	KÉT- ÉS TÖBBFOKOZATÚ HŰTŐKÖRFOLYAMATOK T-S, P-V ÉS LGP-H FÁZISVÁLTOZÁSI DIAGRAMOKBAN. A KÖRFOLYAMATOK TERMIKUS MÉRETEZÉSE.....	19
4.1.	Hűtőkörfolyamatok fázisváltási diagramjai.....	19
4.2.	Kétfokozatú körfolyamat termikus méretezése.....	24
5.	KASZKÁD HŰTŐGÉPEK. TURBÓLÉGHŰTŐK MŰKÖDÉSE, ALKALMAZÁSI LEHETŐSÉGEI. A NAPENERGIA HASZNOSÍTÁS ÉS A KONDENZÁCIÓS HŐHASZNOSÍTÁS ESETEI .....	25
5.1.	Kaszád hűtőgépek.....	25
5.2.	A turbóléghűtők működése, alkalmazási lehetőségei.....	25
5.3.	A napenergia hasznosítás és a kondenzációs hőhasznosítás esete.....	26
6.	HŰTŐBERENDEZÉSEK GÉPEI, KÉSZÜLÉKEI. HŰTŐKOMPRESSZOROK. IDEÁLIS ÉS VALÓSÁGOS KOMPRESSZOROK INDIKÁTORDIAGRAMJA .....	28
6.1.	Lengődugattyús hűtőkompesszorok.....	28
6.2.	Forgódugattyús kompresszorok .....	32
6.3.	Csavarkompesszorok.....	33
6.4.	Centrifugális vagy turbókompresszorok .....	34
7.	KONDENZÁTOR ÉS ELPÁROLOGTATÓ SZERKEZETEK. A KONDENZÁTOROK ÉS ELPÁROLOGTATÓK TERMIKUS MÉRETEZÉSE .....	36
7.1.	Kondenzátor szerkezetek.....	36
7.2.	A kondenzátorok termikus méretezésének alapjai .....	40
7.3.	Elpárologtató szerkezetek .....	42
7.4.	Az elpárologtatók termikus méretezésének alapjai .....	46

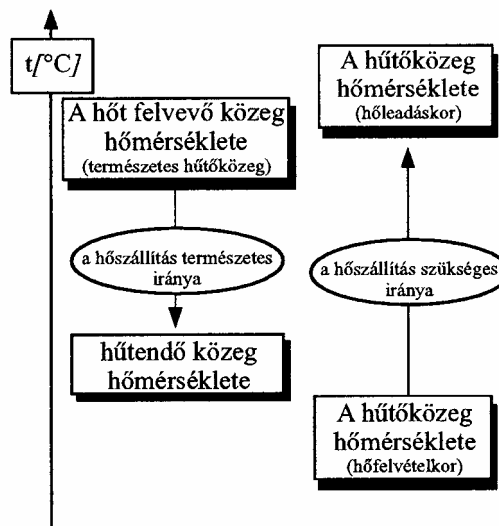
8. A HŰTŐRENDSZER KIEGÉSZÍTŐ KÉSZÜLÉKEI: OLAJLEVÁLASZTÓ, LÉGTELENÍTŐ, FOLYADÉK LEVÁLASZTÓ, FOLYADÉKGYŰJTŐ, HŰTŐKÖZEG SZIVATTYÚ, CSŐVEZETÉKEK, KARIMÁK, CSÓTARTÓK .....	47
8.1. Olajleválasztó .....	47
8.2. Folyadék leválasztó .....	49
8.3. Légtelenítő .....	49
8.4. Folyadékgyűjtő .....	51
8.5. Hűtőközeg szivattyú .....	52
8.6. Csővezetékek, karimák, csőtartók.....	52
9. A HŰTŐBERENDEZÉSEK AUTOMATIZÁLÁSA. IRÁNYÍTÁSTECHNIKAI ALAPFOGALMAK, SZABÁLYOZÓ BERENDEZÉSEK HŰTŐTECHNIKAI ALKALMAZÁSA. A KOMPRESSZOR, AZ ELPÁROLOGTATÓ ÉS A KONDENZÁTOR AUTOMATIKUS SZABÁLYOZÁSA .....	56
9.1. Az elpárologtatók szabályozása .....	56
9.2. Kompresszorszabályozás .....	59
9.3. Kondenzátorszabályozás .....	59
10. A HŰTŐBERENDEZÉSEK TELEPÍTÉSE. A HŰTŐBERENDEZÉS STACIONER ÜZEME. A HŰTŐBERENDEZÉSEK GAZDASÁGOS ÜZEMELTETÉSE.....	62
11. ÉLELMISZERTARTÓSÍTÁS HŰTÉSSEL, FAGYASZTÁSSAL. A HŰTÉS ÉS FAGYASZTÁS HŐTANI SZÁMÍTÁSAI .....	64
12. A HŰTŐLÁNC EGYES ELEMEI, HŰTŐHÁZAK, HŰTŐTEREK. A HŰTŐHÁZ HIDEGSZÜKSÉGLETE, A HŰTÉS ÉS FAGYASZTÁS BERENDEZÉSEI .....	67
13. A KLIMATIZÁLÁS ELMÉLETE ÉS GYAKORLATA. MOLLIER-FÉLE H-Y DIAGRAM. A NEDVES LEVEGŐ ÁLLAPOTVÁLTOZÁSAI, A LEVEGŐ NEDVESSÉGTARTALMÁNAK MEGVÁLTOZTATÁSA HŰTÉSSEL, KEVERÉSSEL .....	71
14. IPARI KLÍMÁK HŐ- ÉS NEDVESSÉGTERHELÉSÉT MEGHATÁROZÓ ÖSSZEFÜGGÉSEK. KOMFORT KLÍMÁK, KLÍMACENTRUMOK .....	74
14.1. A klimatizált tér hő- és nedvességterhelésének meghatározása.....	75

# 1. A HŰTÉS FOGALOMRENDSZERE. A KOMPRESSZOROS ÉS ABSZORPCIÓS HŰTÉS ELVE

**Közvetlen hűtés:** a lehűtendő anyagnál alacsonyabb hőmérsékletű hűtőközeg áll rendelkezésre.

**Közvetett hűtés:** a hő természetes áramlásával ellentétes folyamat valósul meg, amely csak gépi berendezésekkel, külső energia felhasználásával érhető el.

**Hűtőberendezés:** a hőnek alacsonyabb hőmérsékletszintről magasabb hőmérsékletszintre való szállítását külső energiaráfordítás árán megvalósító berendezés.



1. ábra

A hűtés folyamatában résztvevő közegek:

- hűtőközeg (munkaközeg): gáz vagy alacsony hőmérsékleten párolgó folyadék,
- hűtendő közeg,
- hőt felvevő közeg.

A folyamat jellemző hőmérsékletszintjei:

- elpárologtatási hőmérséklet,
- kondenzációs hőmérséklet.

## A hűtőberendezések osztályozása

A befektetendő energia fajtája szerint:

- mechanikai munkát (**kompreszoros**),
- hőenergiát (**abszorpció**s és gőzsugár-kompreszoros),
- villamos energiát használó (termoelektromos) berendezések.

A hűtőközeg fajtája szerint:

- gáznemű (a folyamat során változatlan halmazállapotú),
- gőznemű (halmazállapotát változtató) közeggel dolgozó berendezések.

## A kompreszoros hűtőberendezések osztályozása

A kompreszor által beszívott közeg állapota szerint:

- száraz,

- nedves,
- befecskendezéses.

A kompresszió fokozatainak száma szerint:

- egyfokozatú,
- többfokozatú.

A kondenzálódott hűtőközeg utóhűtése szerint:

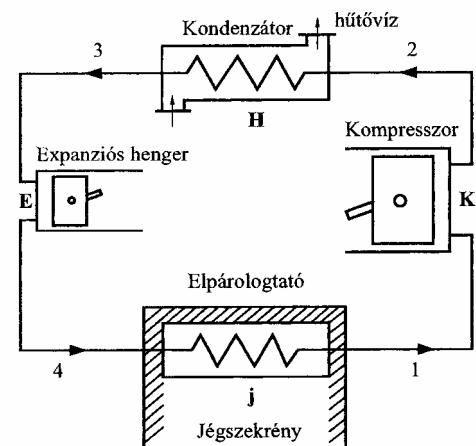
- utóhűtéses,
- utóhűtés nélküli.

A nyomásesés megvalósítása szerint:

- expanzióhengeres,
- fojtásos.

### 1.1. A KOMPRESSZOROS HŰTŐBERENDEZÉS

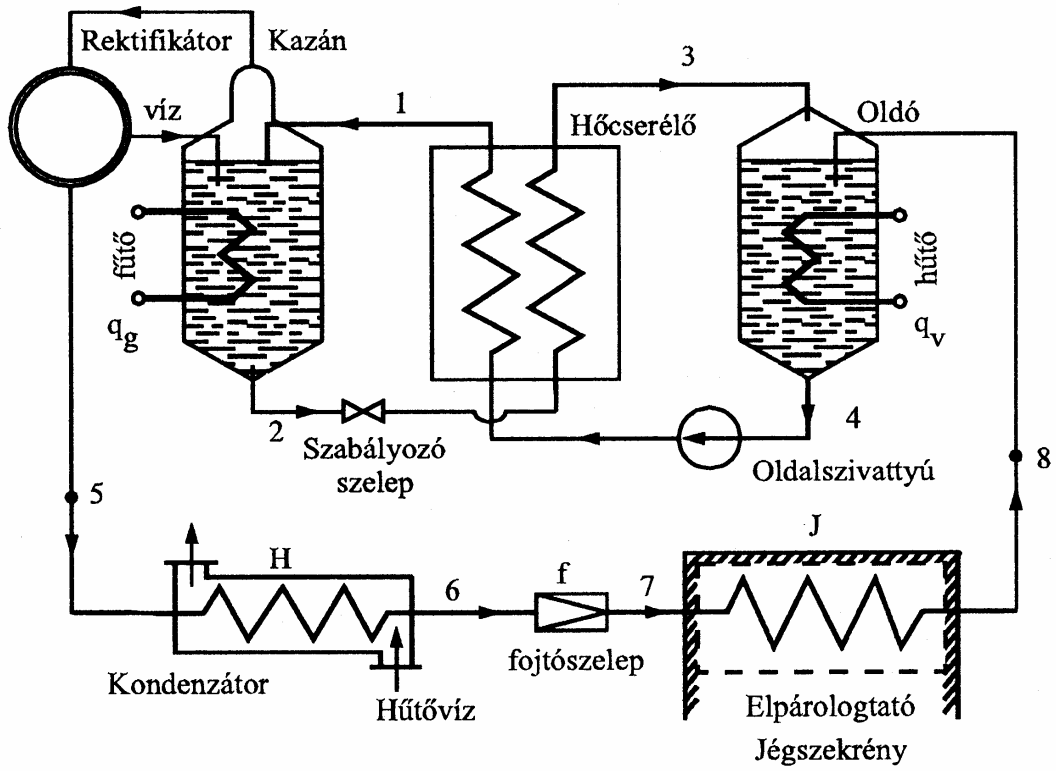
A berendezés négy fő szerkezeti eleme a kompresszor, a kondenzátor, az expanziós henger vagy a fojtószelep, és az elpárolgató. A hűtőközeg az elpárolgatóban alacsony nyomáson és hőmérsékleten veszi fel a hűtendő közegből a hőt, és azt a kondenzátorban magas nyomáson és hőmérsékleten adja le a környezetnek. A nyomásemelkedés a kompresszorban, a nyomásesés az expanziós hengerben vagy a fojtószelepleben megy végbe.



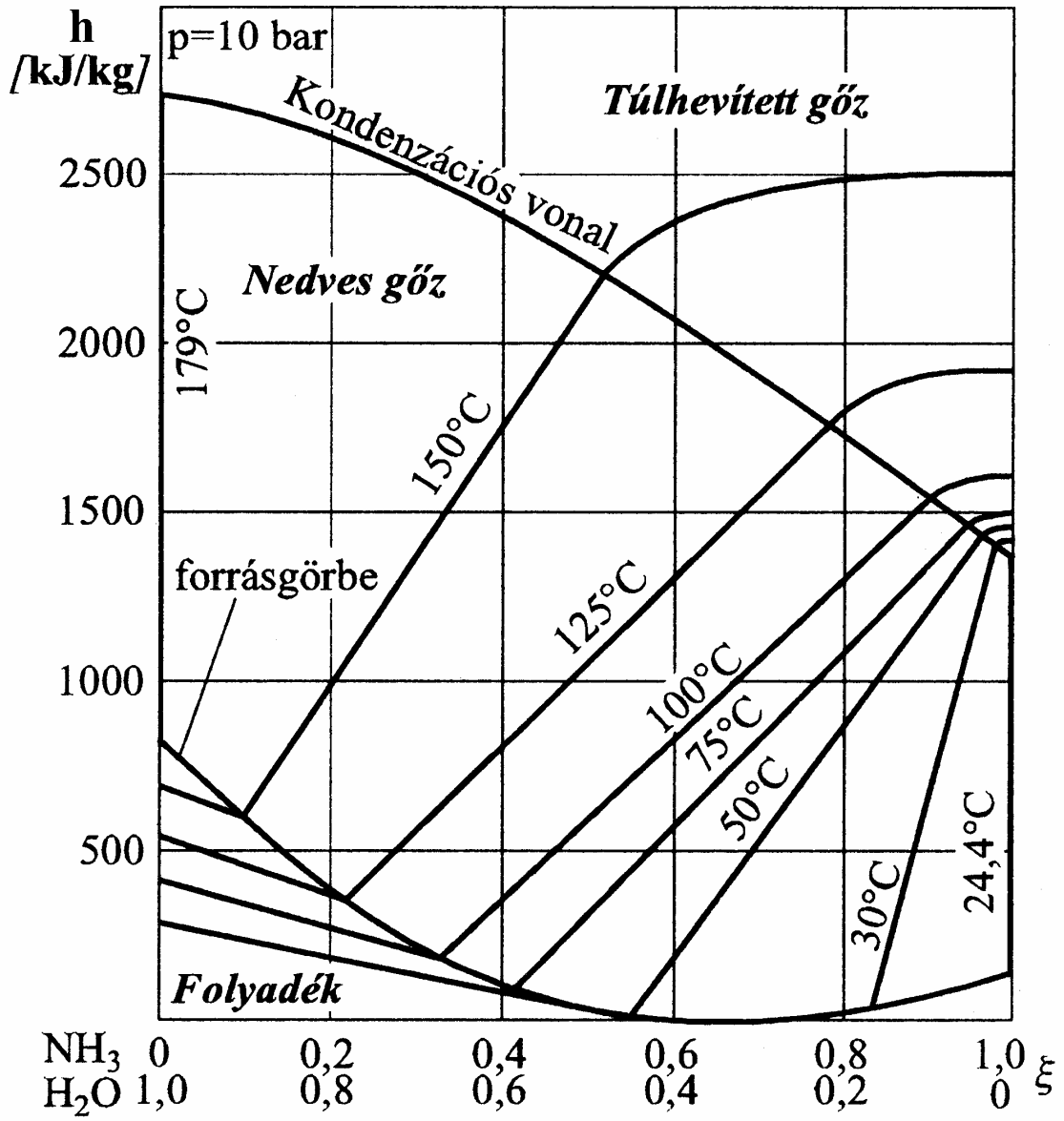
2. ábra

### 1.2. AZ ABSZORPCIÓS HŰTŐBERENDEZÉS

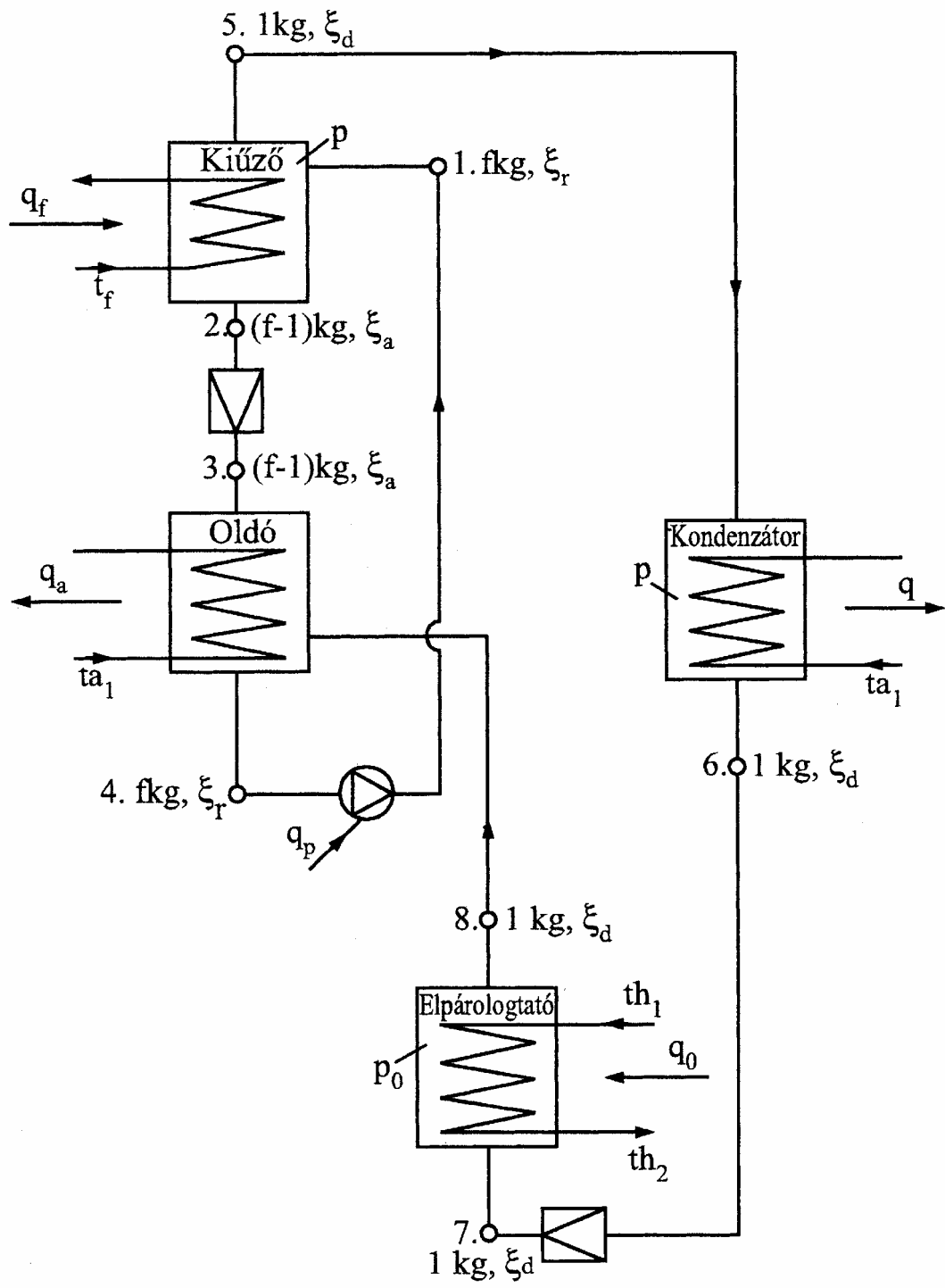
Közvetlen hőenergiát igénylő folyamat. A munkaközeg kétkomponensű oldat, ún. közegpár, a hűtőközeg és egy megfelelő oldószer elegye. A folyamat során az oldat koncentrációja változó.



3. ábra

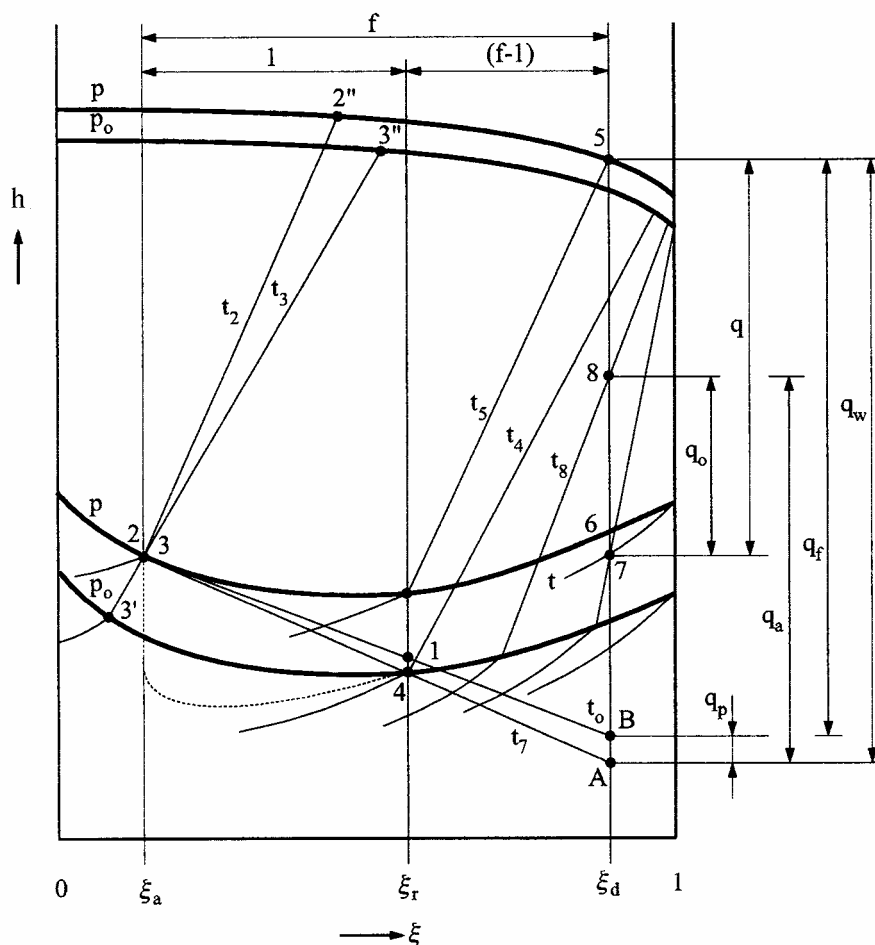


4. ábra



5. ábra





6. ábra

### 1.3. A HŰTŐKÖRFOLYAMATOK ENERGETIKAI JELLEMZŐI

Az alábbi mennyiségek közül a fajlagosak 1 kg, illetve 1 m<sup>3</sup> hűtőközeggel vonatkoztatottak.

$\Phi, Q_0$  – hűtőtéljesítmény,  $\left[ \frac{kJ}{s} = kW \right]$

$q_0$  – fajlagos hűtőtéljesítmény (1 kg hűtőközeggel létesített hűtőtéljesítmény),  $\frac{kJ}{kg}$

$q_{0v}$  – fajlagos volumetrikus hűtőtéljesítmény (1 m<sup>3</sup> hűtőközeggel létesített hűtőtéljesítmény),  $\frac{kJ}{m^3}$

$t_0$  – elpárologtatási hőmérséklet, °C

$t$  – kondenzációs hőmérséklet, °C

$p_0$  – elpárologtatási nyomás, bar

$p$  – kondenzációs nyomás, bar

- $w_k$  – az adiabatikus kompresszióhoz szükséges technikai munka,  $\frac{kJ}{kg}$
- $q_{be}$  – abszorpciós berendezéseknél fűtéssel befektetett hőmennyiség,  $\frac{kJ}{kg}$
- $w_e$  – az adiabatikus expanzióból visszanyert technikai munka,  $\frac{kJ}{kg}$
- $w$  – a hűtőfolyamat fenntartásához szükséges technikai munka,  $\frac{kJ}{kg}$
- $q_k$  – a kondenzátorban leadott hőmennyiség,  $\frac{kJ}{kg}$
- $q_{tu}$  – az utóhűtőben leadott hőmennyiség,  $\frac{kJ}{kg}$
- $\varepsilon$  – jósági fok, hűtési hatásfok,  $\frac{kJ\ h\ddot{o}}{kJ\ munka}$
- $\varepsilon_q$  – hőviszony, abszorpciós berendezéseknél,  $\frac{kJ\ h\ddot{o}}{kJ\ h\ddot{o}}$
- $\dot{m}$  – a keringtetendő hűtőközeg tömegárama,  $\frac{kg}{s}$
- $\dot{V}_{th}$  – a hűtőközeg elméleti térfogatárama a kompresszor szívócsonkján,  $\frac{m^3}{s}$
- $\lambda$  – a kompresszor szállítási foka
- $\dot{V}_{geo}$  – a hűtőközeg geometriai térfogatárama a kompresszor szívócsonkján,  $\frac{m^3}{s}$
- $\eta_i$  – a kompresszor hajtásának indikált hatásfoka
- $\eta_{eff}$  – a kompresszor hajtásának effektív hatásfoka
- $P_{th}$  – a kompresszor elméleti teljesítményszükségelete,  $kW$
- $P_i$  – a kompresszor indikált teljesítményszükségelete,  $kW$
- $P_{eff}$  – a kompresszor effektív teljesítményszükségelete,  $kW$
- $d$  – a kompresszor hengerátmérője
- $s$  – a kompresszor lökethossza
- $z$  – a kompresszor hengereinek száma
- $n$  – a kompresszor fordulatszáma,  $\frac{1}{s}$
- $M$  – a kompresszor hajtásához szükséges nyomaték

A körfolyamat állapotváltozásainak jelölése:

- 1 – 2.: kompresszió,
- 2 – 3.: kondenzáció,
- 3 – 3'.: utóhűtés (ha van),
- 3 – 4. (utóhűtés esetén 3' – 4): expanszió,
- 4 – 1.: párolgás.

A felsorolt jellemzők meghatározása:

$$q_0 = h_1 - h_4$$

$$\dot{m} = \frac{Q_0}{q_0}$$

$$w_k = h_1 - h_2$$

$$\dot{V}_{th} = \dot{m}v_1$$

$$w_e = h_3 - h_4$$

$$\dot{V}_{geo} = \frac{\dot{V}_{th}}{\lambda} = \frac{d^2\pi}{4} snz$$

$$w = w_k + w_e$$

$$P_{th} = \dot{m}w_k$$

$$q_k = h_2 - h_3$$

$$P_i = \frac{P_{th}}{\eta_i}$$

$$\varepsilon = \frac{q_0}{|w|}$$

$$P_{eff} = \frac{P_{th}}{\eta_{eff}}$$

$$\varepsilon_q = \frac{q_0}{q_{be}}$$

$$M = \frac{P_{eff}}{2\pi n}$$

## 2. A HŰTŐKÖZEGEK FÁZISVÁLTOZÁSI DIAGRAMJAI. HŰTŐ- ÉS KÖZVETÍTŐ KÖZEGEK TULAJDONSÁGAI

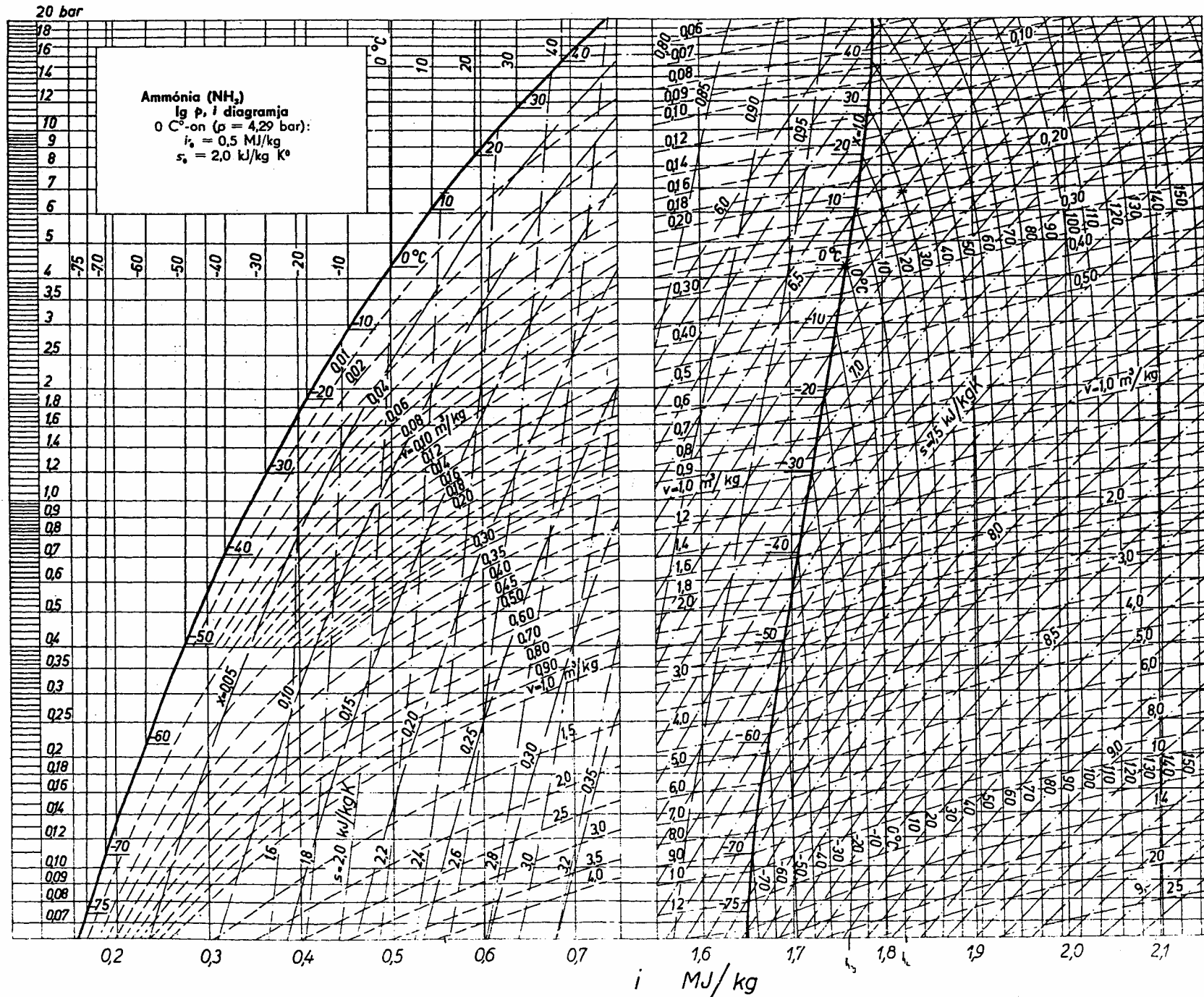
### 2.1. A GŐZNEMŰ HŰTŐKÖZEGEKKEL SZEMBEN TÁMASZTOTT KÖVETELMÉNYEK

- a körfolyamat hőleadási hőmérsékleténél lényegesen magasabb kritikus hőmérséklet,
- a létesítendő elpárolgási hőmérsékletnél alacsonyabb dermedéspont,
- legyen közömbös az alkalmazott szerkezeti anyagokkal szemben,
- kémiaailag stabil legyen,
- ne legyen mérgező,
- ne legyen robbanás- és tűzveszélyes, levegővel keveredve sem,
- tegye lehetővé a berendezés tömítetlenségeinek könnyű felderítését,
- a kompresszor kenőolajában ne oldódjék, ne befolyásolja az olaj kenési tulajdonságait,
- az elpárolgási hőmérséklethez tartozó telítési nyomás lehetőleg ne legyen az atmoszférikus nyomásnál alacsonyabb,
- a kondenzációs hőmérséklethez tartozó telítési nyomás ne legyen magas,
- a kondenzációs és elpárolgási nyomások viszonya kicsi legyen,
- fajlagos hőtéljesítménye nagy legyen, olcsó és könnyen beszerezhető legyen,
- tegyen eleget a fokozódó környezetvédelmi kívánalmaknak.

#### 1. táblázat. A gyakrabban használt hűtőközegek fontosabb fizikai jellemzői

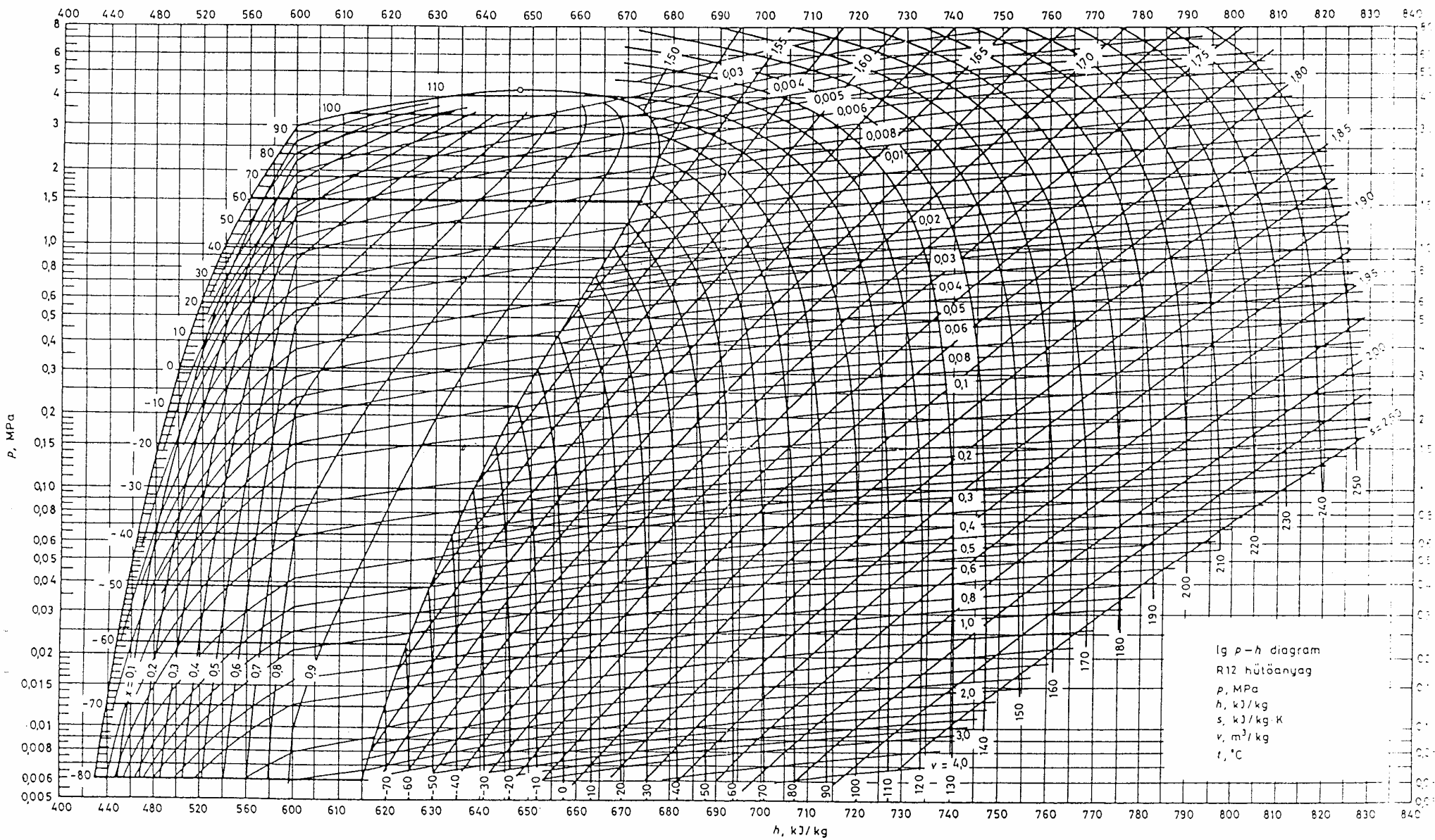
Hűtőközeg	Képlet	Moltömeg M	Gáz- állandó, R kJ/(kgK)	Forrás- pont °C	Olvas- pont °C	Kritikus		Fajhő kJ/(kgK)		$\kappa$ 0 °C-nál
						hőfok C	nyomás N/cm <sup>2</sup>	Folyadék c	Gáz c <sub>p</sub>	
Ammónia	NH <sub>3</sub>	17,032	488,263	-33,35	-77,9	132,4	1129,726	4,647	2,06	1,312
R11	CFCl <sub>3</sub>	137,38	60,536	+23,65	-111	198,0	437,377	0,871	0,544	1,124
R12	CF <sub>2</sub> CL <sub>2</sub>	120,92	68,771	-29,8	-155	112,0	400,798	0,854	0,611	1,148
R13	CF <sub>3</sub> Cl	104,47	79,601	-81,5	-181	28,78	386,970	0,8,50	0,528	1,15
R22	CHF <sub>2</sub> Cl	86,475	96,164	-40,80	-160	96,0	493,569	1,098	0,607	1,19
R113	C <sub>2</sub> F <sub>3</sub> Cl <sub>3</sub>	187,39	44,375	+47,6	-36,5	214,1	341,271	0,946	0,624	1,075
R114	C <sub>2</sub> F <sub>4</sub> Cl <sub>2</sub>	170,93	48,6511	4,1	-94,0	146,0	337,349	0,971	0,636	1,106
Széndioxid	CO <sub>2</sub>	44,01	188,955	-78,48	-56,6	31,0	35,5567	-	-0,825	1,30
Metil-klorid	CH <sub>3</sub> Cl	50,491	164,752	-24,0	-91,5	143,1	667,833	1,549	0,737	1,27
Víz (vízgőz)	H <sub>2</sub> O	18,02	461,501	+100	0	374,15	2212,871	4,220	1,859	1,40

Nyomás, bar



Készítette: ... Péterné, 3. Auflage, Verlag C. F. Müller, Karlsruhe 1958 alapján

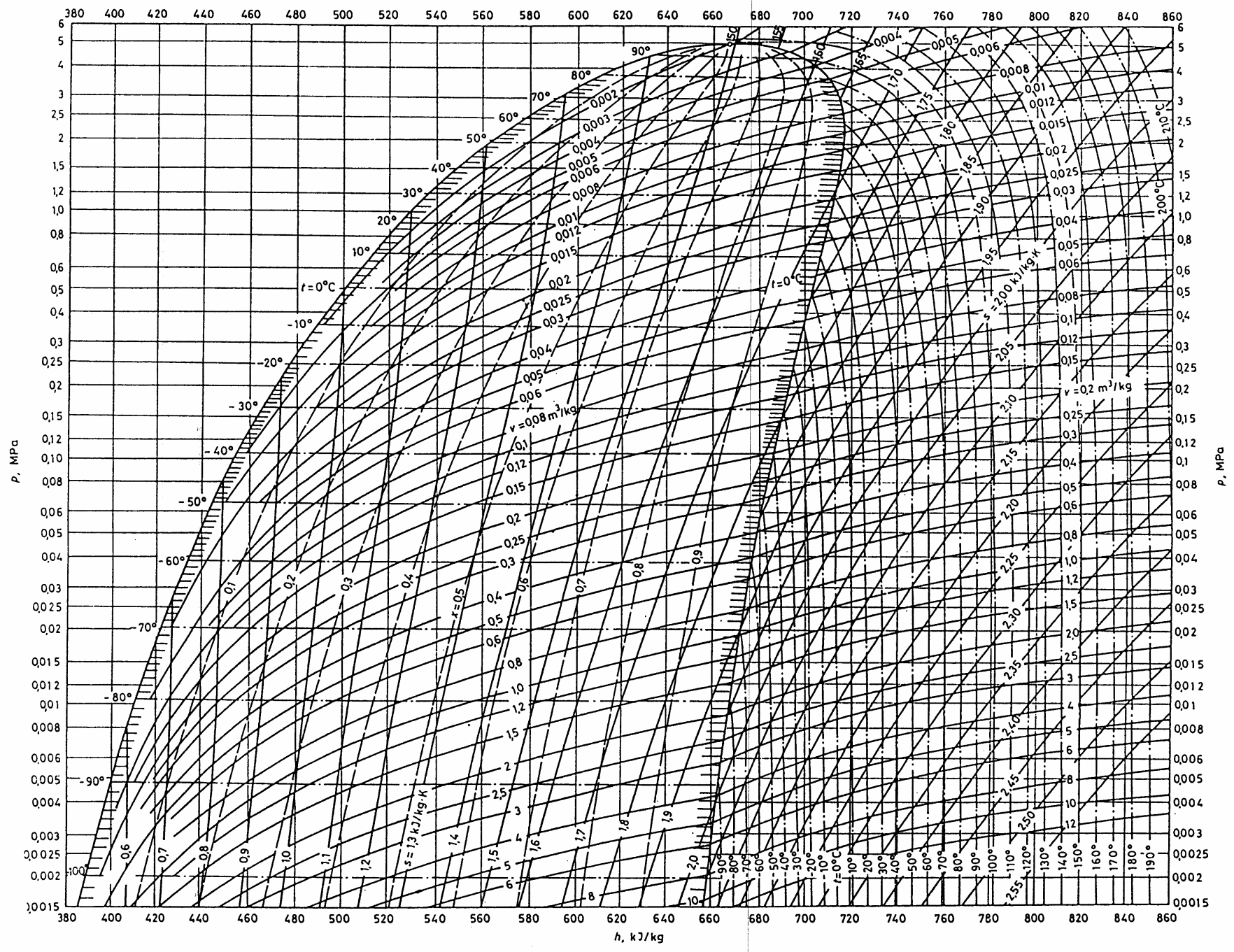
7. ábra



lg  $p-h$  diagram  
 R12 hűtőanyag  
 $p$ , MPa  
 $h$ , kJ/kg  
 $s$ , kJ/kg K  
 $v$ , m<sup>3</sup>/kg  
 $t$ , °C

R 12  $p-h$  diagramja

8. ábra



R 22

9. ábra

## 2.2. KÖZVETÍTŐKÖZEGEK TULAJDONSÁGAI

**Víz:** 0 °C fok fölött használható. Elsősorban légkondicionáló berendezéseknél használatos, illetve abszorpciós hűtőgépekben. A keménysége max. 8-10 nk°.

**Sóoldatok vagy sólevek:** ide tartozik pl. a NaCl, CaCl<sub>2</sub>, MgCl<sub>2</sub> oldat. 0-55 °C-ig használatosak. Dermedéspontjuk a koncentrációtól függ. A legalacsonyabb dermedéspont NaCl oldatnál -21,2 °C, CaCl<sub>2</sub> oldatnál -55 °C. Hátrányuk, hogy alkalmazásuk korróziót és iszaplerakódást eredményez.

**Etilénglikol:** alkaloidos közvetítőközeg, vizes oldatát használják. Korróziós hatása a sólevekéhez képest kicsi. Forráspontja 197 °C, fagyáspontja jelentősen függ a koncentrációtól. 5 %-os vizes oldata -45 °C-ig használható.

**Minusol:** a legjobb tulajdonságú közvetítőközeg. Szagtalan, sárga színű, habzó, lúgos folyadék. Nem mérgező, nem gyúlékony, korróziót nem okoz. Az oldatot a Minusol Pulvis nevű por vízbe történő adagolásával készítik.

### 2. táblázat

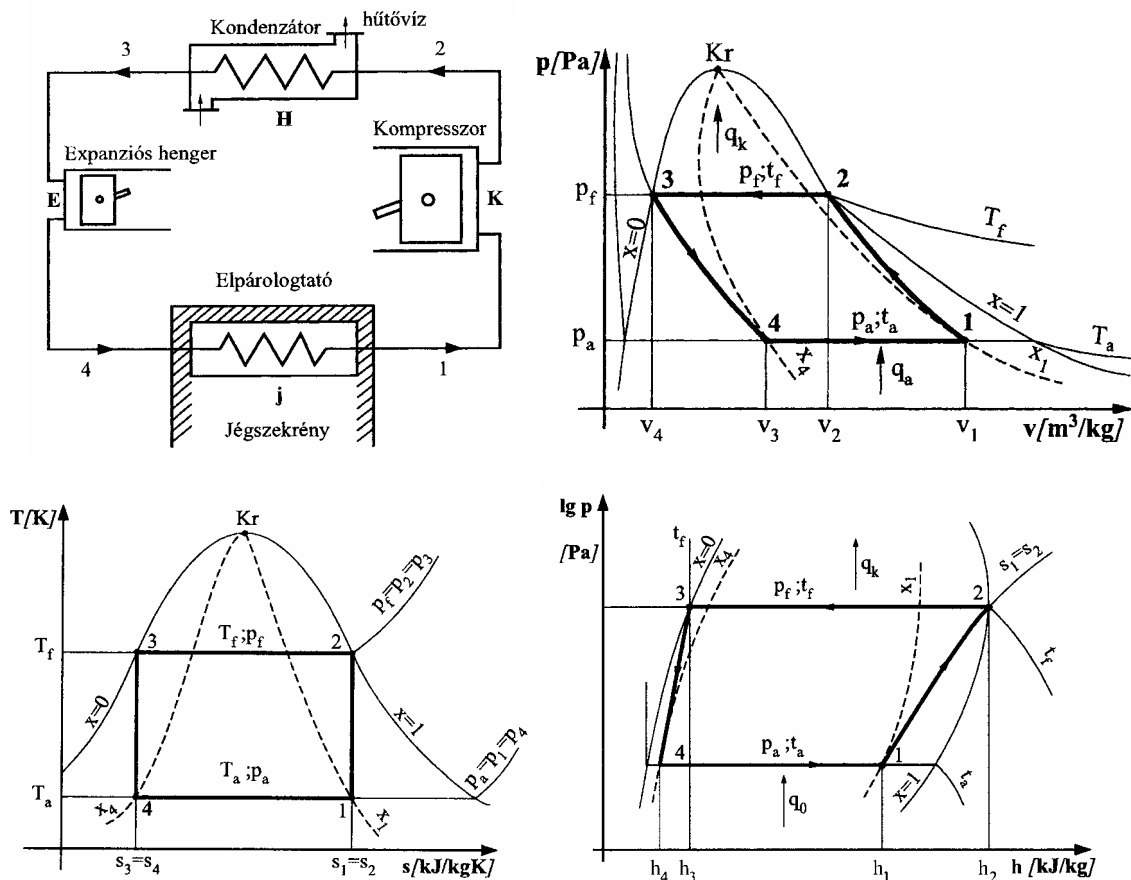
Megnevezés	Hűtési határ °C	Sűrűség kg/m <sup>3</sup>
Minusol normál	-15	1270
Minusol forte	-20	1330
Minusol super	-25	1380



### 3. EGYFOKOZATÚ HŰTŐKÖRFOLYAMATOK T-s, p-v ÉS lgp-h FÁZISVÁLTOZÁSI DIAGRAMOKBAN. A KÖRFOLYAMATOK TERMIKUS MÉRETEZÉSE

#### 3.1. FÁZISVÁLTOZÁSI DIAGRAMOK

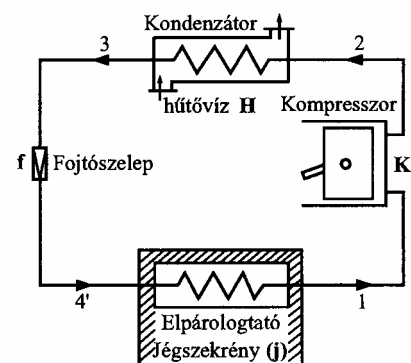
A kompresszoros, egyfokozatú, nedves, expanzióhengeres körfolyamat elvi sémája és diagramjai:



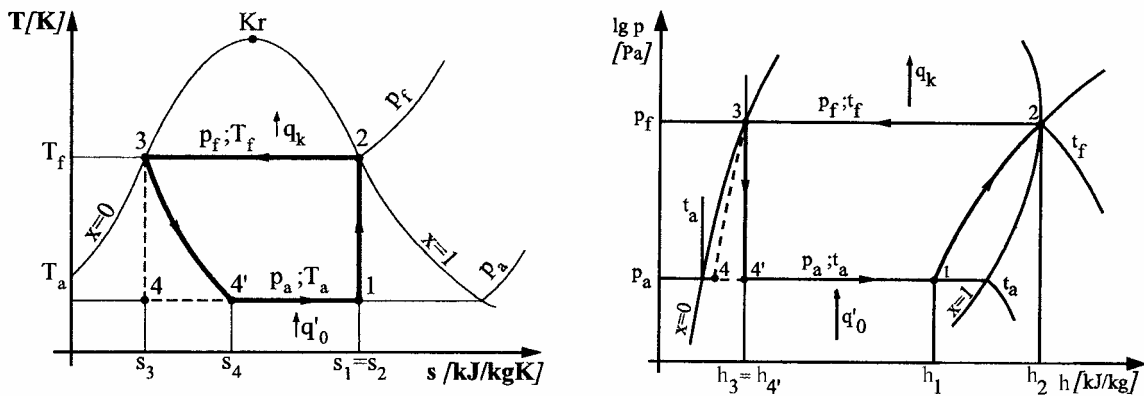
10. ábra

A kompresszoros, egyfokozatú, nedves, fojtószelepes körfolyamat:

A gyakorlatban expanzióhenger helyett a nyomásesést fojtószeleppel valósítják meg. A nyomásesés így nem eredményez munkát, ezért a szelep veszteséget okoz, de lényegesen egyszerűbb és olcsóbb, mint az expanzióhenger.



11. ábra



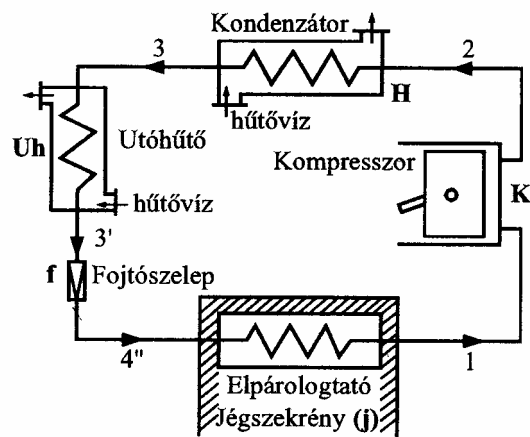
12. ábra

Kompresszoros, egyfokozatú, száraz, utóhűtéses körfolyamat:

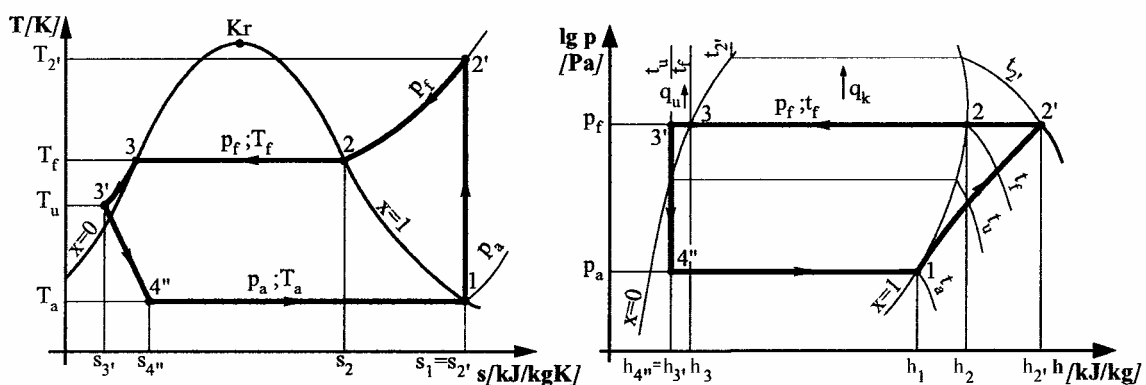
A kapcsolat az előzőhöz képest két dologban tér el:

- a kompresszor nem nedves, hanem száraz telített gőzt szív,
- a kondenzátorból kilépő forrponi folyadékot utóhűtjük, és csak ezután vezetjük a fojtószelepbe.

Mindkét megoldás a hűtőteljesítmény növekedését eredményezi.



13. ábra



14. ábra

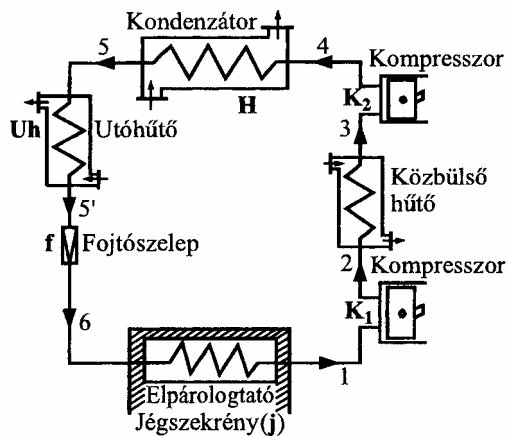
### 3.2. TERMIKUS MÉRETEZÉS

A termikus méretezés az 1.3. fejezetben ismertetett összefüggések segítségével történik.

#### 4. KÉT- ÉS TÖBBFOKOZATÚ HŰTŐKÖRFOLYAMATOK T-s, p-v ÉS lgp-h FÁZISVÁLTOZÁSI DIAGRAMOKBAN. A KÖRFOLYAMATOK TERMIKUS MÉRETEZÉSE

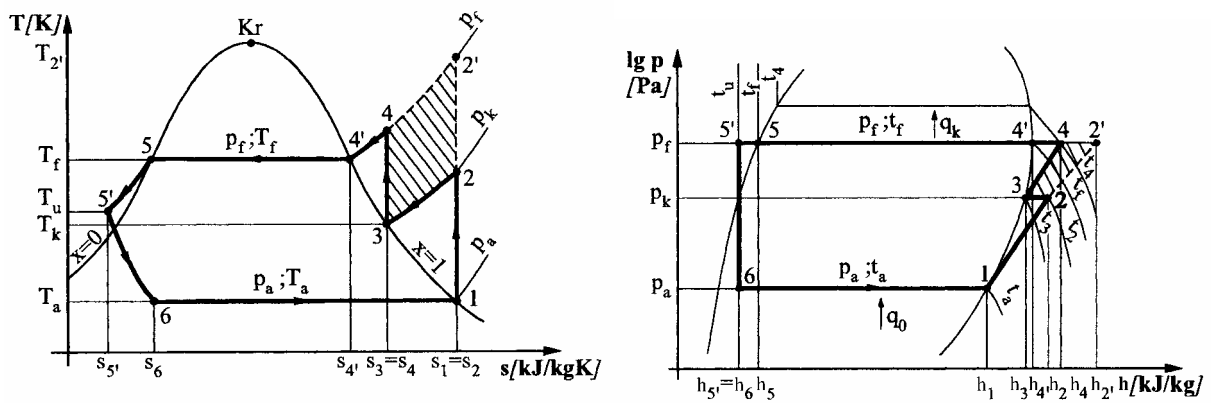
##### 4.1. HŰTŐKÖRFOLYAMATOK FÁZISVÁLTOZÁSI DIAGRAMJAI

Kétfokozatú kompresszoros, egyfokozatú fojtásos, száraz, utóhűtéses körfolyamat sémája és diagramjai:



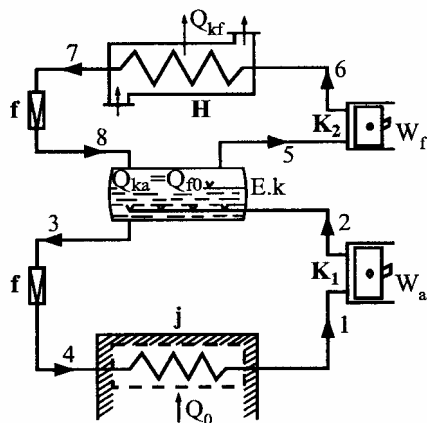
15. ábra

Kétfokozatú kompresszió alkalmazása nagy  $p_f/p_a$  nyomásviszonynál szokásos. A két kompresszor közé ún. közbenső hűtő kerül, amely a hűtőközeget állandó  $p_k$  nyomáson  $T_2$  hőmérsékletéről  $T_3$ -ra hűti le. A kétfokozatú kompresszió alkalmazásából adódó munkacsökkenés a sraffozott területtel arányos. A kompresszió véghőmérséklete is csökken:  $T_2' < T_4$ .



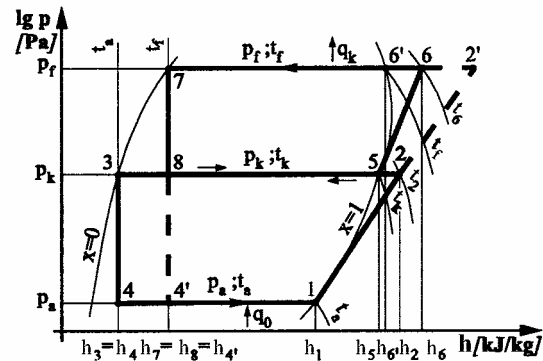
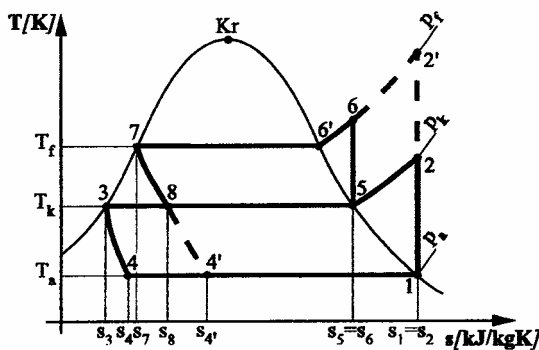
16. ábra

Kétfokozatú (kétf. kompresszió és kétf. fojtás), száraz körfolyamat:



17. ábra

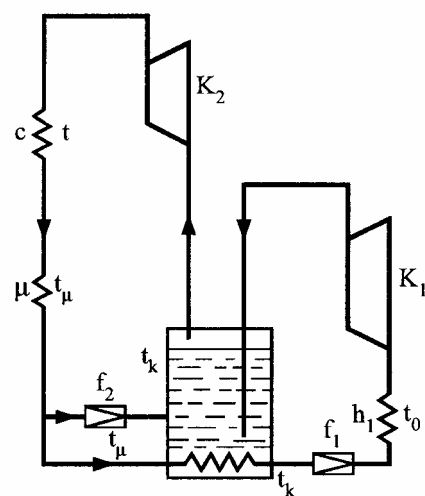
A kapcsolást akkor alkalmazzák, ha nagy a nyomásviszony, vagy ha az alsó hőfokszint igen alacsony. Az **elnyelető** az alsó körben kondenzátor, a felső körben elpárolgató. A két körben keringtetett közegmennyiség nem azonos, a méretezésnél az elnyeletőbe bevitt és onnan elvont energiák egyenlőségéből kell kiindulni (lásd: 4.2. fejezet).



18. ábra

Kétfokozatú hűtőberendezés utóhűtéssel és egyfokozatú fojtással:

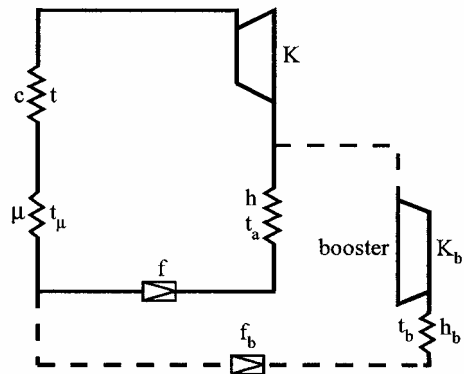
A fojtószelep előtt a folyadékot utóhűtjük azáltal, hogy keresztülvezetjük a közbenső edényben elhelyezett csőkiágyn. A hűtőt egy másik fojtószelepen keresztül árasztjuk el a folyadékkal. Ezen áramoltatjuk át a kis nyomású kompresszorból jövő gőzt. A megoldás előnye, hogy kis nyomású fokozatban a hűtőközegbe jutott kenőolaj nem kerül a kis nyomású elpárolgatóba.



19. ábra

Előtétkompresszorral (booster-kompresszorral) kiegészített hűtőberendezés:

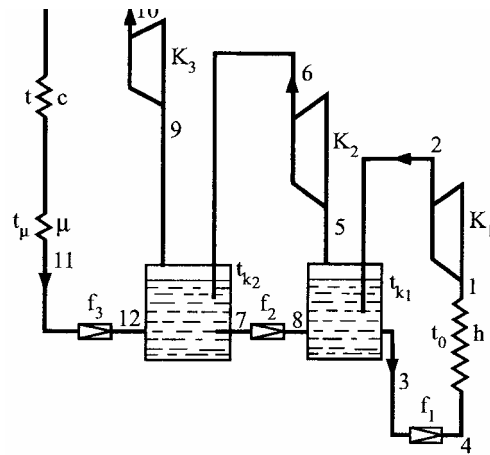
A kapcsolás alkalmas egyfokozatú hűtőberendezések átalakítására alacsonyabb hőmérséklet előállítására céljából. Az ábrán szaggatott vonal jelöli az utólagosan beépített részt.



20. ábra

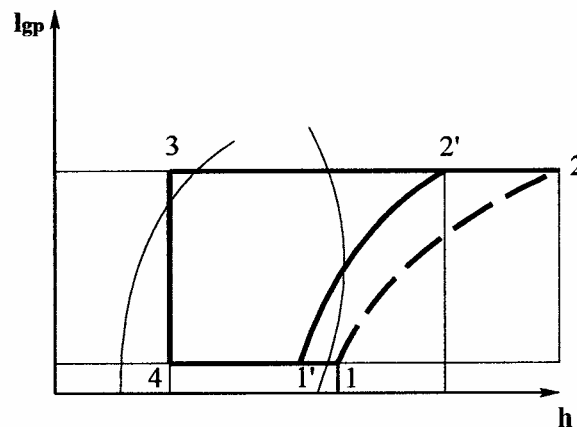
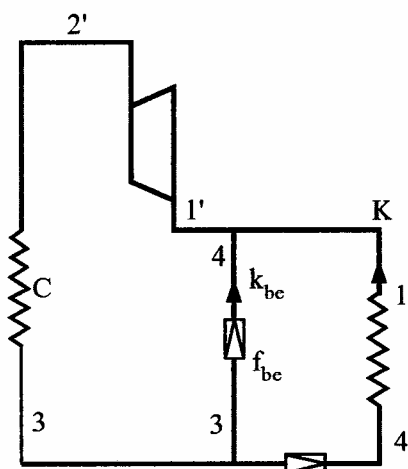
Háromfokozatú hűtőberendezés:

A kapcsolás mélyhűtésre használható. A három kompresszor a nagy nyomásviszony miatt szükséges.



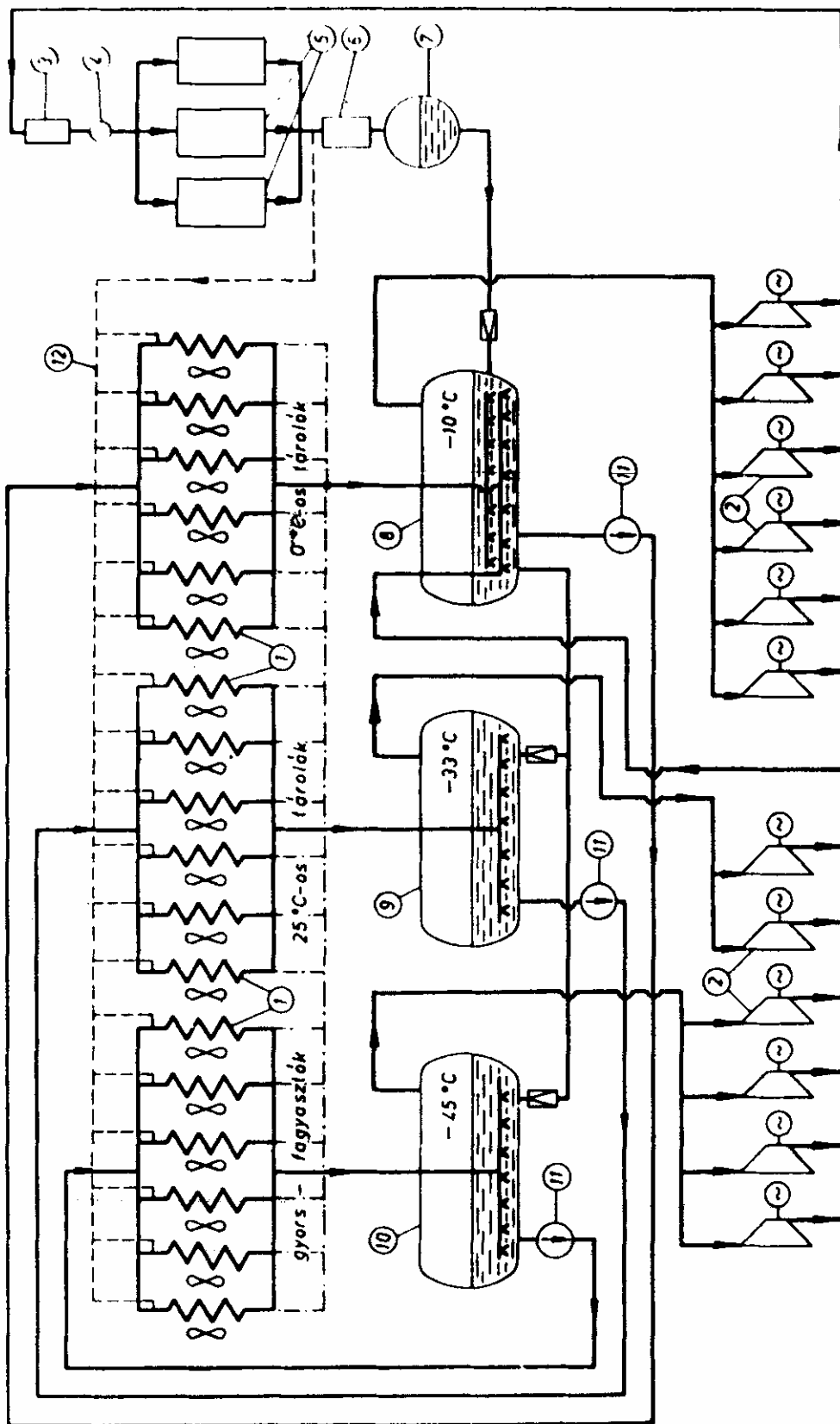
21. ábra

Egyfokozatú, befecskendezéses hűtőberendezés:



22. ábra

Nagy nyomásviszony esetén az egyfokozatú berendezésekben magas kompresszió-véghőmérséklet ( $t_2$ ) alakulhat ki. Ez csökkenthető, ha az utóhűtőből kilépő hűtőközeg egy részét szabályozószelepen keresztül visszaadagoljuk a kompresszor szívóoldalára. Az eljárással csökkenthető az elpárologtatási hőmérséklet is, de a hűtőteljesítmény romlik.



23. ábra

## 4.2. KÉTFOKOZATÚ KÖRFOLYAMAT TERMIKUS MÉRETEZÉSE

A körfolyamat kapcsolása és diagramjai a 16-17. ábrákon láthatóak. A képletekben az  $a$  index az alsó, az  $f$  index a felső körfolyamatra utal.

Az elnyeletöböl annyi hőt kell elvinni, mint amennyit oda bevezettünk:

$$Q_{ka} = Q_{f0}$$

$$q_{ka} = q_0 + |w_{ka}| = h_2 - h_3$$

$$q_{f0} = h_5 - h_8$$

$$q_0 = h_1 - h_4$$

$$\dot{m}_f = \frac{Q_{f0}}{q_{f0}} = \dot{m}_a \frac{h_2 - h_3}{h_5 - h_8}$$

$$w = w_a + \frac{\dot{m}_f}{\dot{m}_a} w_f = (h_1 - h_2) + \frac{\dot{m}_f}{\dot{m}_a} (h_5 - h_6)$$

$$\varepsilon = \frac{q_0}{|w|} = \frac{h_1 - h_4}{\left| (h_1 - h_2) + \frac{\dot{m}_f}{\dot{m}_a} (h_5 - h_6) \right|}$$

$$Q_{kf} = \dot{m}_f (h_6 - h_7)$$

Ha ugyanezt a hőmérsékletviszonyt egyfokozatú körfolyamattal valósítjuk meg:

$$q'_0 = h_1 - h'_4$$

$$w' = h_1 - h'_2$$

$$\varepsilon' = \frac{q'_0}{|w'|} = \frac{h_1 - h'_4}{h_1 - h'_2}$$

$$\varepsilon' < \varepsilon$$

Kétfokozatú körfolyamatot  $p_f / p_a > 8$  nyomásviszonynál alkalmazunk. A közbenső nyomás meghatározása:

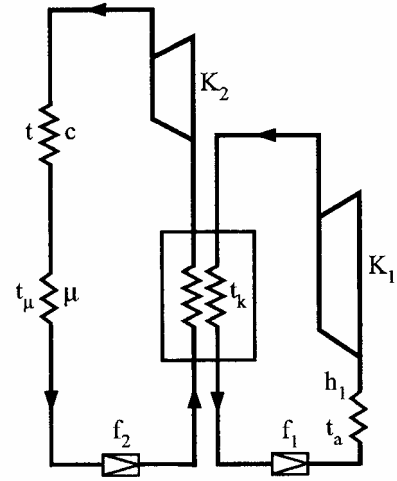
$$p_k = \sqrt{p_a p_f}$$



## 5. KASZKÁD HŰTŐGÉPEK. TURBÓLÉGHŰTŐK MŰKÖDÉSE, ALKALMAZÁSI LEHETŐSÉGEI. A NAPENERGIA HASZNOSÍTÁS ÉS A KONDENZÁCIÓS HŐHASZNOSÍTÁS ESETEI

### 5.1. KASZKÁD HŰTŐGÉPEK

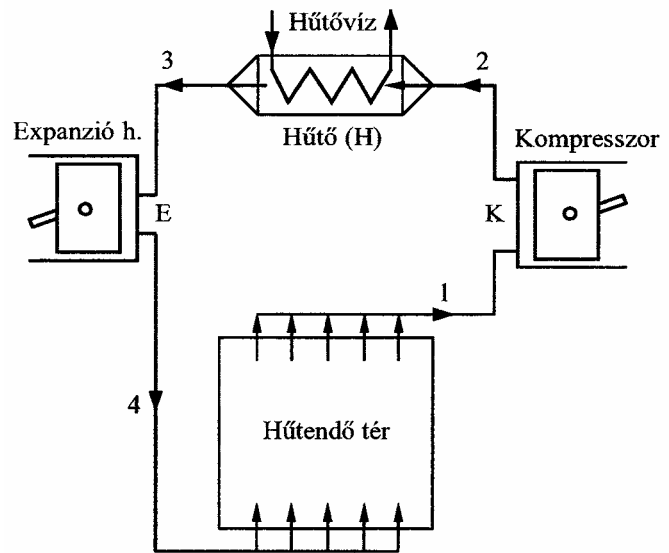
A kaszkád kapcsolásnál a két fokozat külön hűtőkört képez. Az alsó fokozat kondenzátorát a felső fokozat elpárologtatója közvetlenül hűti. A kapcsolás lehetővé teszi **két, különböző hűtőközeg** használatát.



24. ábra

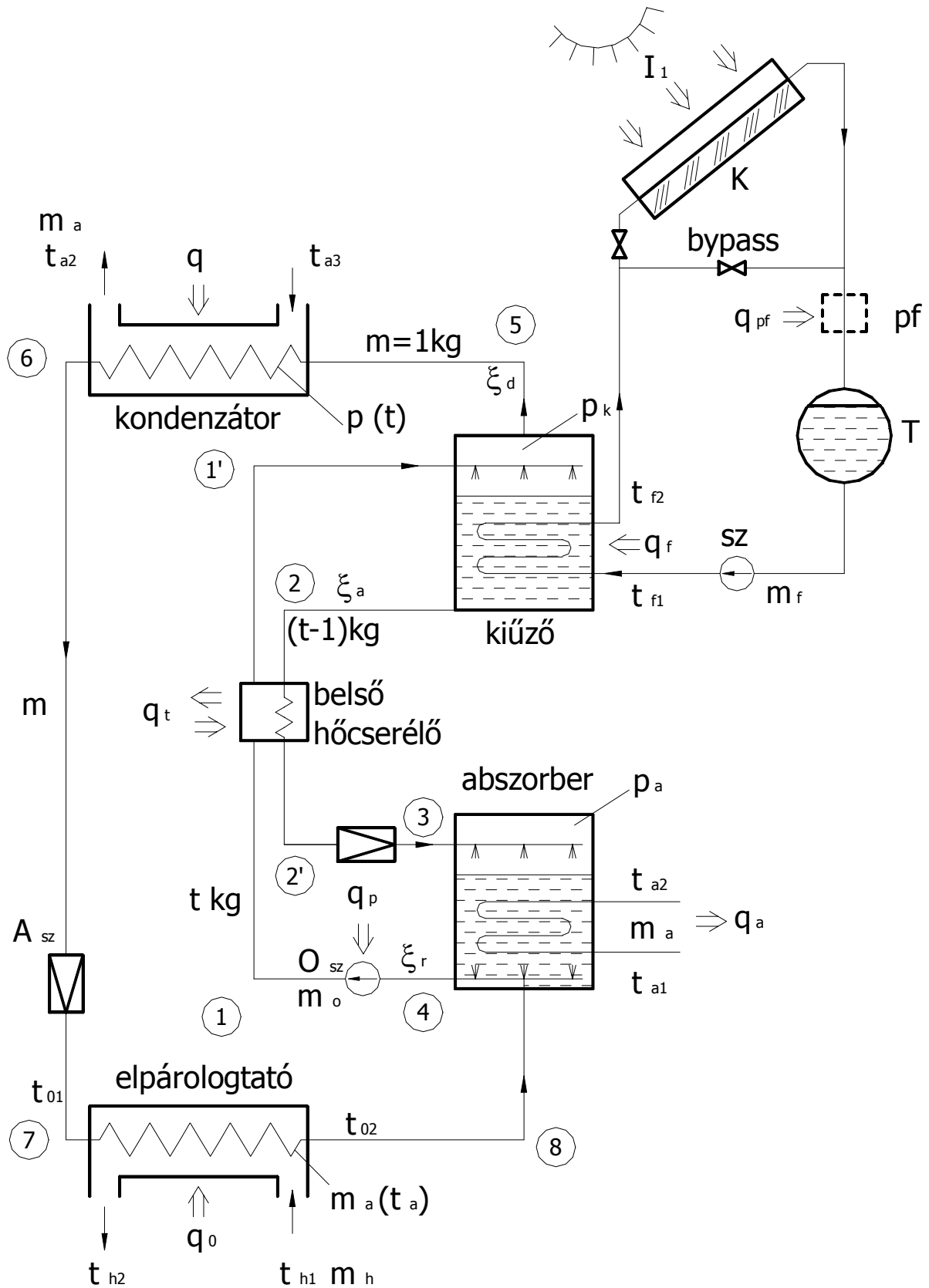
### 5.2. A TURBÓLÉGHŰTŐK MŰKÖDÉSE, ALKALMAZÁSI LEHETŐSÉGEI

A léghűtő olyan gázüzemű hűtőberendezés, amely kapcsolásában a jégszekrény helyett maga a hűtendő helyiség szerepel. A kompresszor a hűtendő teremből szív. A folyamat megfordítható, így a berendezés fűtésre is alkalmas.

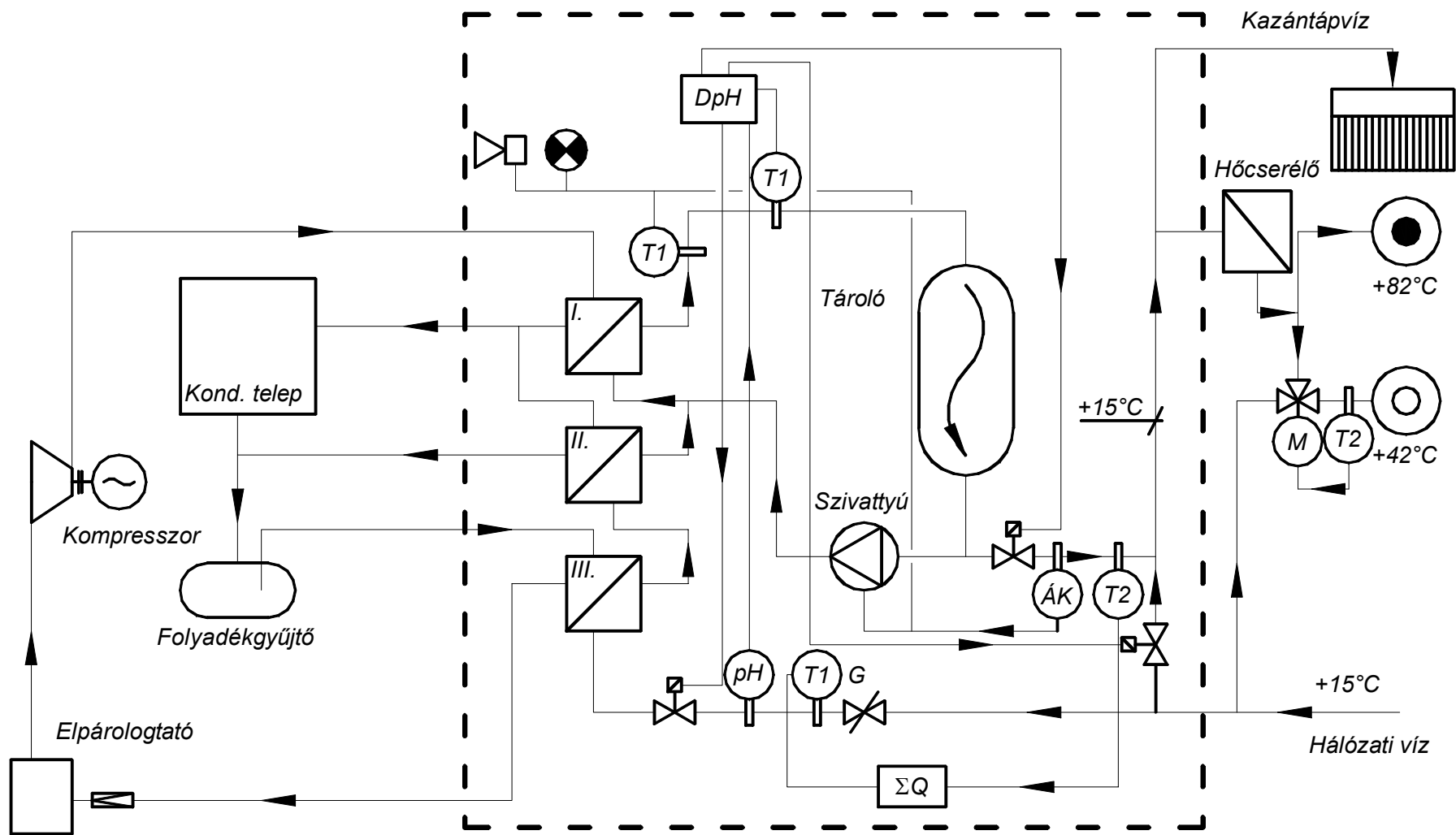


25. ábra

**5.3. A NAPENERGIA HASZNOSÍTÁS ÉS A KONDENZÁCIÓS HŐHASZNOSÍTÁS ESETE**



26. ábra



27. ábra

## 6. HŰTŐBERENDEZÉSEK GÉPEI, KÉSZÜLÉKEI. HŰTŐKOMPRESSZOROK.

### IDEÁLIS ÉS VALÓSÁGOS KOMPRESSZOROK INDIKÁTORDIAGRAMJA

A hűtőkompreszorok csoportosítása működési elv szerint:

- térfogatkiszorításos,
- áramlástechnikai elven működő.

#### 6.1. LENGŐDUGATTYÚS HŰTŐKOMPRESSZOROK

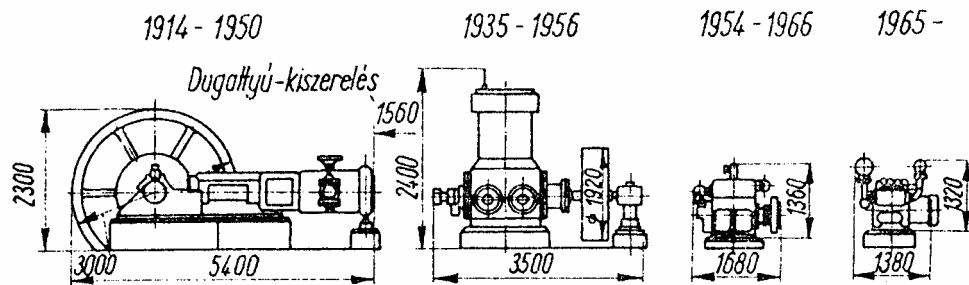
A dugattyús kompreszorok lehetnek:

- fekvő,
- álló elrendezésűek (a ma használt ipari méretű kompreszorok).

A hűtőközeg áramlási irányát tekintve:

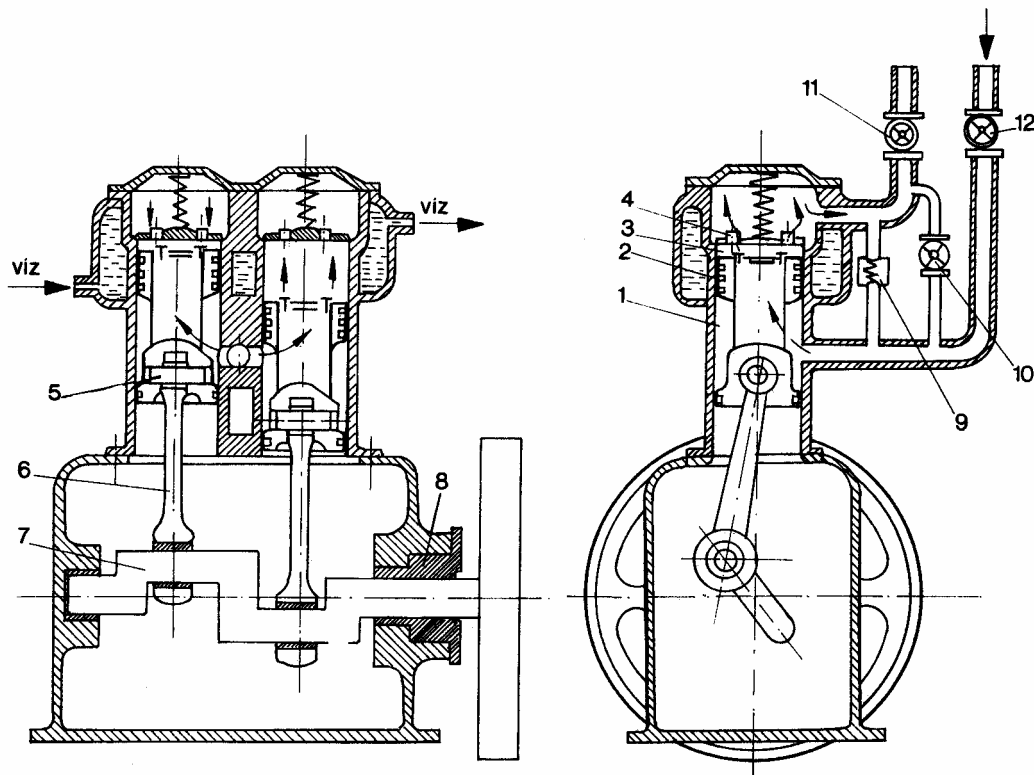
- egyenáramú,
- váltakozó áramú.

A dugattyús hűtőkompreszorok fejlődési tendenciái:



28. ábra

Egyenáramú hűtőkompresszor elvi vázlata:



29. ábra

- |                     |                              |
|---------------------|------------------------------|
| 1. henger           | 7. főtengely                 |
| 2. dugattyú         | 8. tömszelence               |
| 3. szívószelep      | 9. biztonsági szelep         |
| 4. nyomószelep      | 10. tehermentesítő szelep    |
| 5. dugattyúcsapszeg | 11. nyomóoldali elzárószelep |
| 6. hajtórúd         | 12. szívóoldali elzárószelep |

A hengerek elrendezése lehet:

- V: négyhengeres kompresszoroknál két-két henger van egymás mellett, 90°-os szögben,
- W: 3 és 2x3 hengeres típusoknál, 60°-os szögben álló hengerek,
- VV: 4x2 henger, egymással 45°-os szögben.

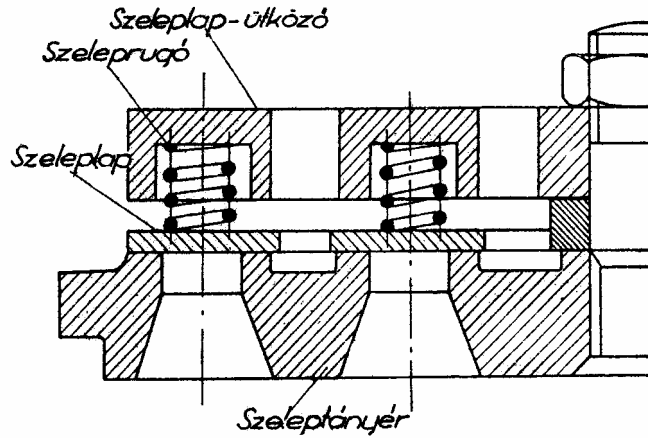
A hajtómotor elrendezése szerint a kompresszorok lehetnek:

- félhermetikus (a kompresszorházra erősített motor),
- hermetikus (a motor és a kompresszor közös házban) kivitelűek.

A kompresszorokban használt szelepek fajtái:

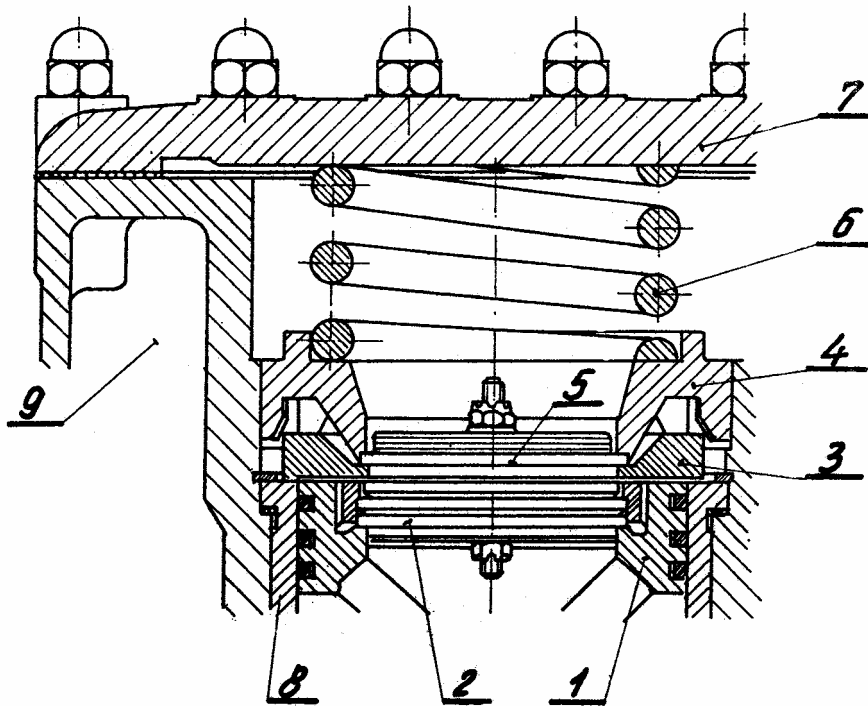
- kúpos ülésű tányérszelep (rég, lassú járású kompresszoroknál),
- lemezszelepek (nagy fordulatszámú gépeknél).

A lemezszelep elvi vázlatja:



30. ábra

Egyenáramú kompresszor szelepei:



31. ábra

- |                                 |                  |
|---------------------------------|------------------|
| 1. dugattyú                     | 6. rugó          |
| 2. szívószelep                  | 7. fedél         |
| 3. hamis fedél                  | 8. hengerpersely |
| 4. nyomószelep leszorító tárcsa | 9. víztér        |
| 5. nyomószelep                  |                  |

Biztonsági szelep: a megengedettnél nagyobb nyomóoldali nyomás esetén kinyit, és összeköttetést létesít a szívóoldallal. Kialakítása lehet:

- rugós,
- törőtárcsás.

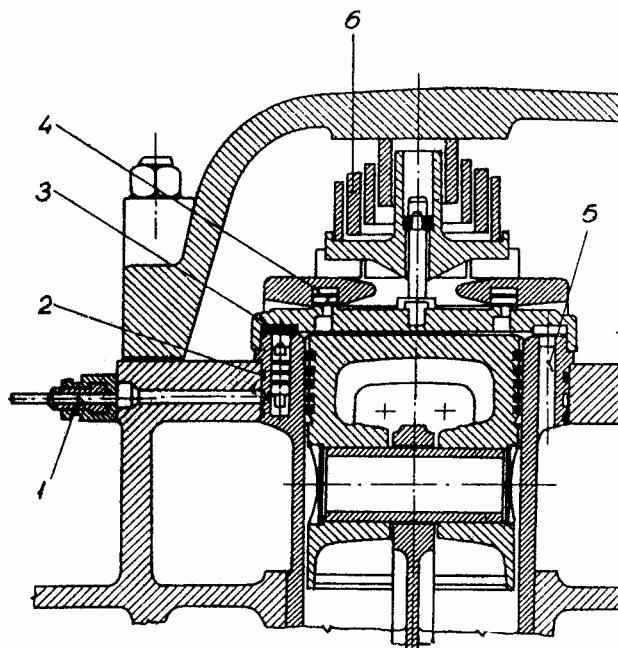
Tehermentesítő vagy nyomáskiegyenlítő szelep: nagyobb gépeknél, a szívó és nyomóoldalt összekötő vezetékbe építve. A kompresszor indításához szükséges, működtetése lehet:

- villamos,
- hidraulikus.

Teljesítményszabályozási módok:

- állásos szabályozás: ki- és bekapcsolás,
- káros tér növelése,
- szívószelep nyitvatartása: hengerkiiktatás,
- a szívó- és nyomóvezeték rövidrezárása,
- a szívóvezeték folytása,
- a fordulatszám változtatása.

Olajhidraulikus teljesítményszabályozás:

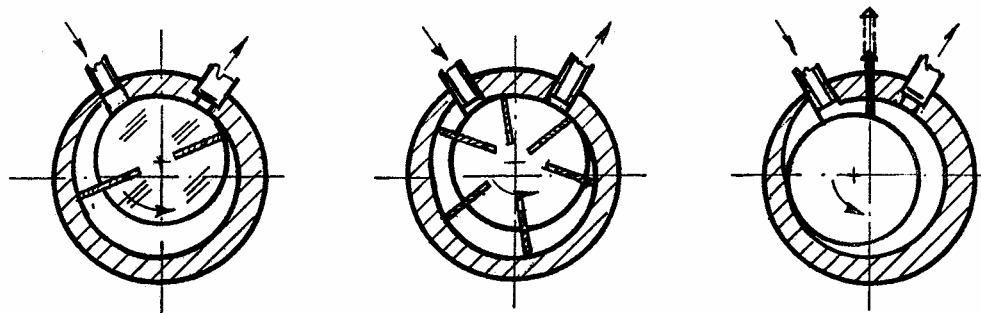


32. ábra

- |                           |                             |
|---------------------------|-----------------------------|
| 1. olajnyomás csatlakozás | 4. nyomó szeleplep          |
| 2. emelő dugattyú         | 5. szívószelep furata       |
| 3. szívószelep            | 6. nyomószelep támasztórugó |

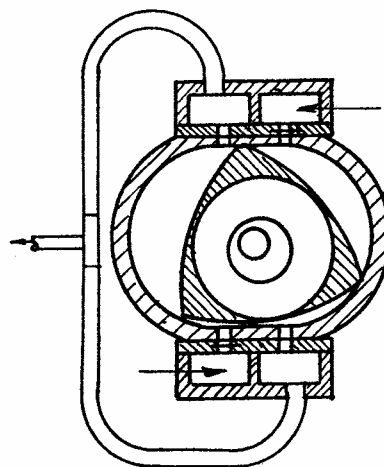
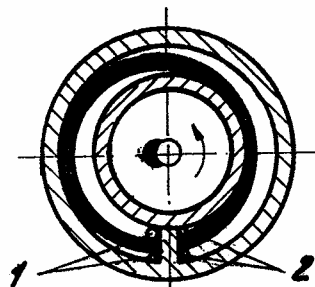
## 6.2. FORGÓDUGATTYÚS KOMPRESSZOROK

Térfogatkiszorításos kompresszorok. Nincs szívószelepük, kicsi a káros terük. Hátrányuk, hogy súrlódó felületük nagy, ezért a mechanikai hatásfok kedvezőtlen.



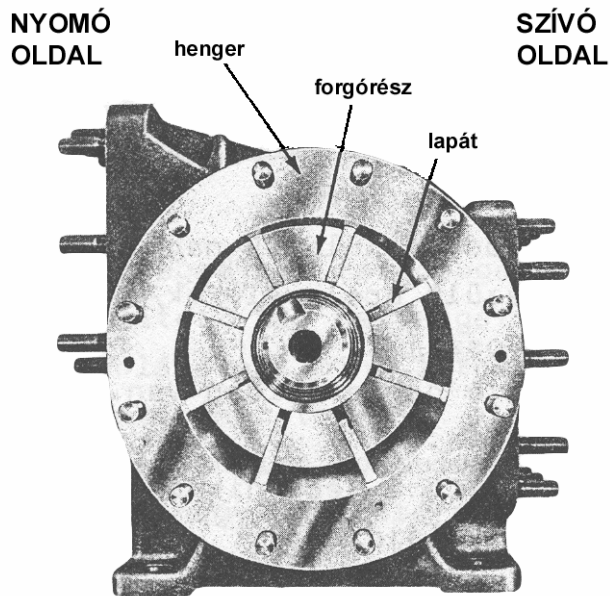
33. ábra

1, 2 Szelepnijelcsók



34. ábra



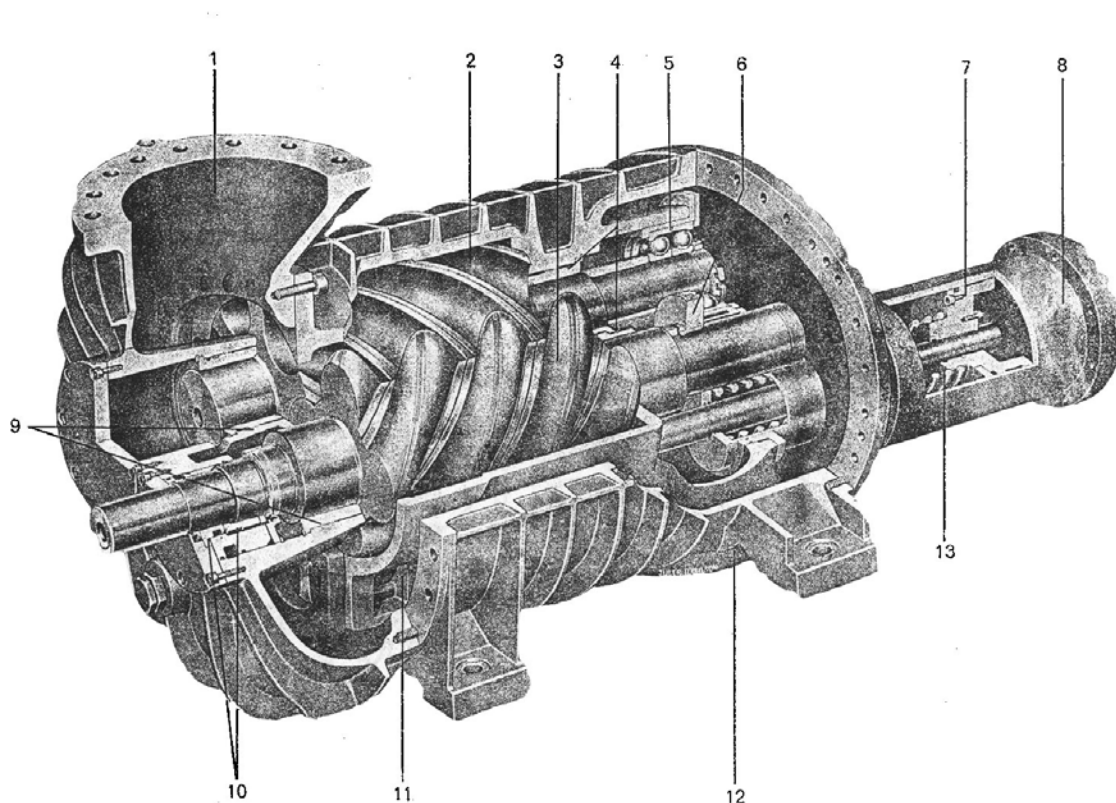


35. ábra

### 6.3. CSAVARKOMPRESSZOROK

Térfogatkiszorításos kompresszorok. Előnyös tulajdonságaik:

- nagy kompresszióviszonynál is nagy volumetrikus hatásfok,
- a meghibásodás és a kopás kis mértékű,
- nyugodt, rázkódásmentes járás,
- kis helyigény,
- magas mechanikai és effektív hatásfok,
- tág határok közt szabályozható teljesítmény,
- sokféle hűtőközeg szállítható,
- alacsony üzemköltség.



**36. ábra**

- |                                   |                                                       |
|-----------------------------------|-------------------------------------------------------|
| 1. gőz belépés                    | 8. szabályozó henger                                  |
| 2. mellék forgórész               | 9. siklócsapágó, gőz belépőoldal                      |
| 3. fő forgórész                   | 10. tengelytömítés                                    |
| 4. siklócsapágó, gőz kilépőoldal  | 11. teljesítményszabályozás,<br>visszaáramlási nyílás |
| 5. axiális csapágó                | 12. gőz kilépés                                       |
| 6. kiegyenlítő dugattyú           | 13. visszaállító rugó                                 |
| 7. állítható dugattyú a tolókához |                                                       |

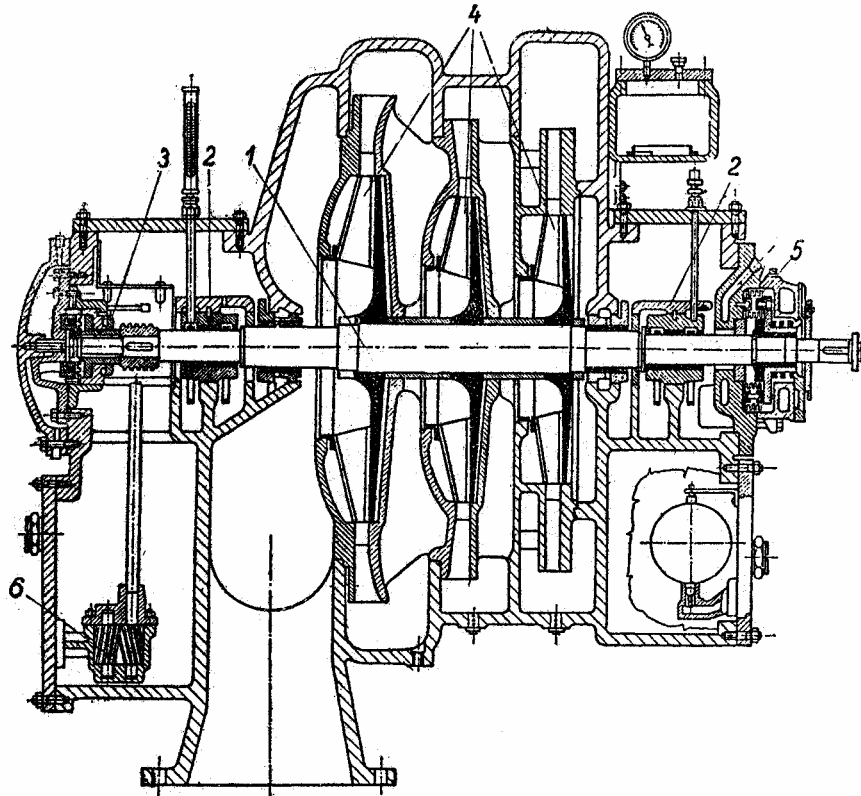
#### **6.4. CENTRIFUGÁLIS VAGY TURBÓKOMPRESSZOROK**

Áramlástechnikai elven működő gépek. Felépítésük hasonló a centrifugális szivattyúkéhoz. A berendezés folytonos és egyenletes áramlásban szállít. Az egy fokozatban létesíthető nyomásviszony a kerületi sebesség négyzetével és a közeg fajsúlyával arányos. A turbókompresszor csak nagy teljesítmény esetén használható gazdaságosan.

Előnyös tulajdonságaik a dugattyús kompresszorokhoz viszonyítva:

- egyszerűbb szerkezet,
- biztonságosabb üzem, kevesebb karbantartás,
- közvetlenül kapcsolhatók a nagy fordulatszámú motorokhoz.

Háromfokozatú turbókompresszor vázlata:



37. ábra

- |                         |                                         |
|-------------------------|-----------------------------------------|
| 1. tengely              | 5. rugalmas csőmembrános tengelytömítés |
| 2. csapágyak            | 6. fogaskerék olajszivattyú             |
| 3. támasztócsapág       |                                         |
| 4. lapátos turbókerekek |                                         |

Teljesítményszabályozási módok:

- a fordulatszám csökkentése,
- a szívóvezeték fojtása (kevésbé gazdaságos).

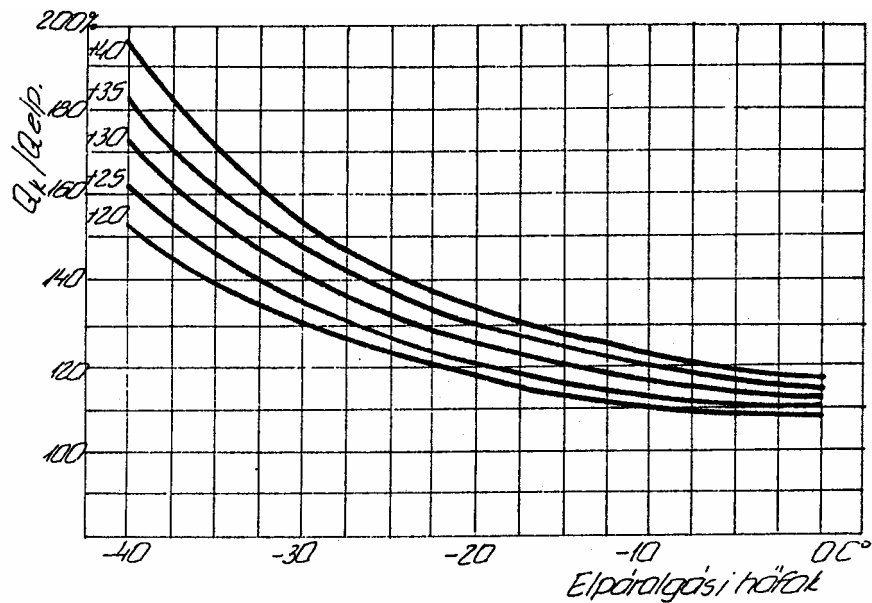
## 7. KONDENZÁTOR ÉS ELPÁROLOGTATÓ SZERKEZETEK. A KONDENZÁTOROK ÉS ELPÁROLOGTATÓK TERMIKUS MÉRETEZÉSE

### 7.1. KONDENZÁTOR SZERKEZETEK

A kondenzátorban elvont hőmennyiség:

$$Q_k = \dot{m}q_0 + |w_k|$$

A kondenzátor teljesítménye mindig nagyobb, mint az elpárologtatóé. A kettő közötti különbség a kompressziómunka:



38. ábra

A kondenzátorok hűtőközege lehet:

- víz,
- levegő.

A kondenzátorok csoportosítása a hőközlés módja szerint:

- átfolyó,
- evaporatív (permetezett és elpárologtató),
- keverő,
- elpárolgó közeggel hűtött, különleges kondenzátorok,
- léghűtéses kondenzátorok.

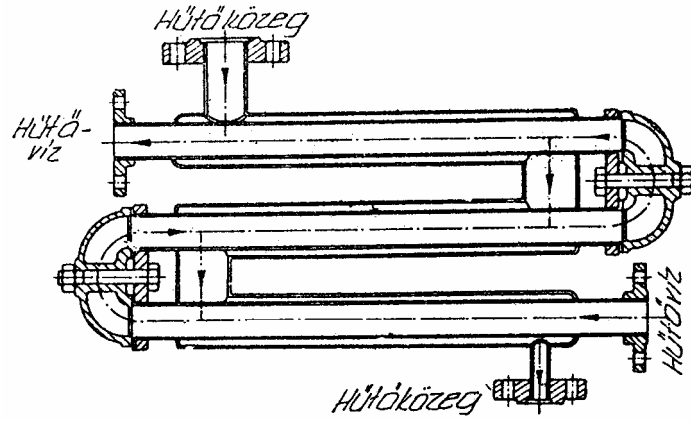
A hűtés lehet:

- egyen-,
- ellen-,

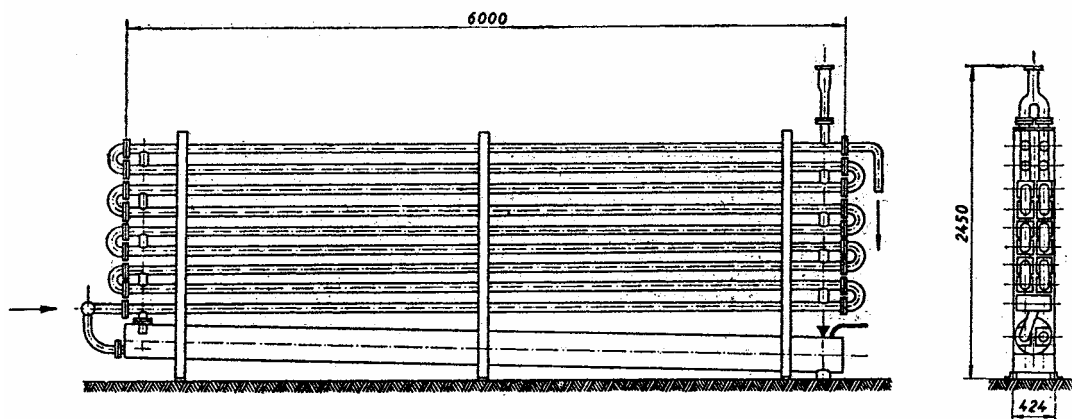
– keresztáramú.

Ennek az elő-és utóhűtő szakaszban van jelentősége.

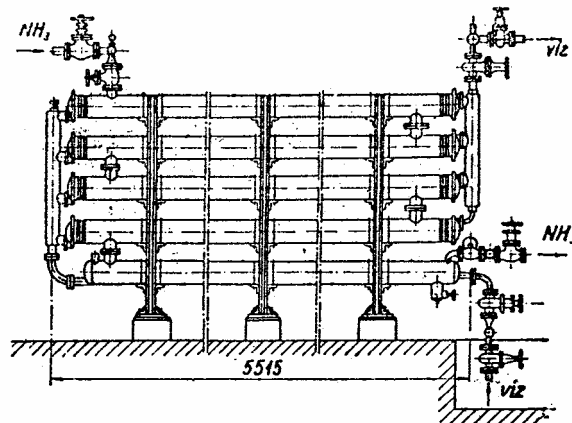
Kettőscsővű ellenáramú kondenzátorok:



39. ábra

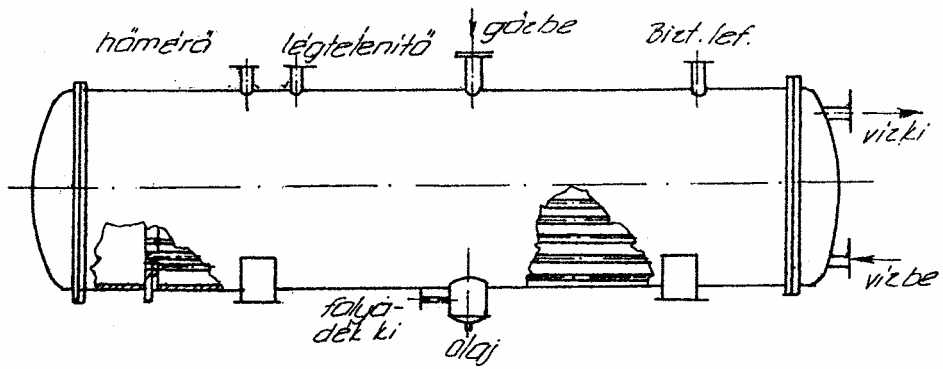


Csőköteges kondenzátor:



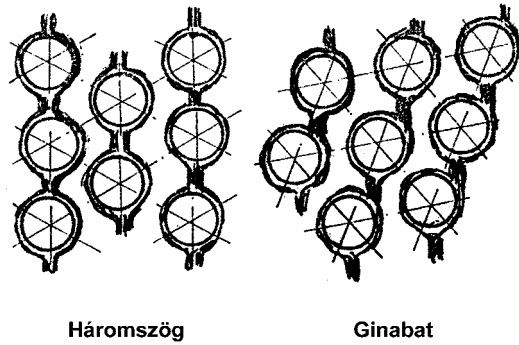
40. ábra

Nyalábcsovés kondenzátor:



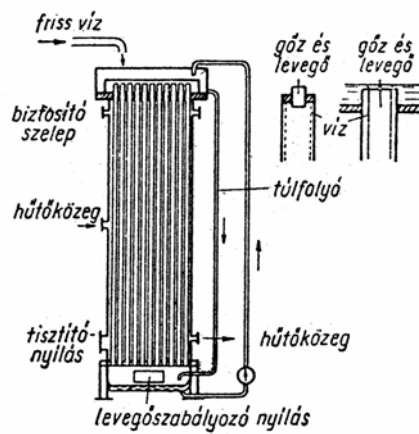
41. ábra

Csőelrendezések:



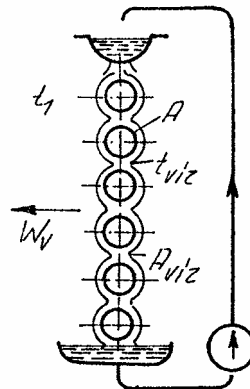
42. ábra

Toronykondenzátor:



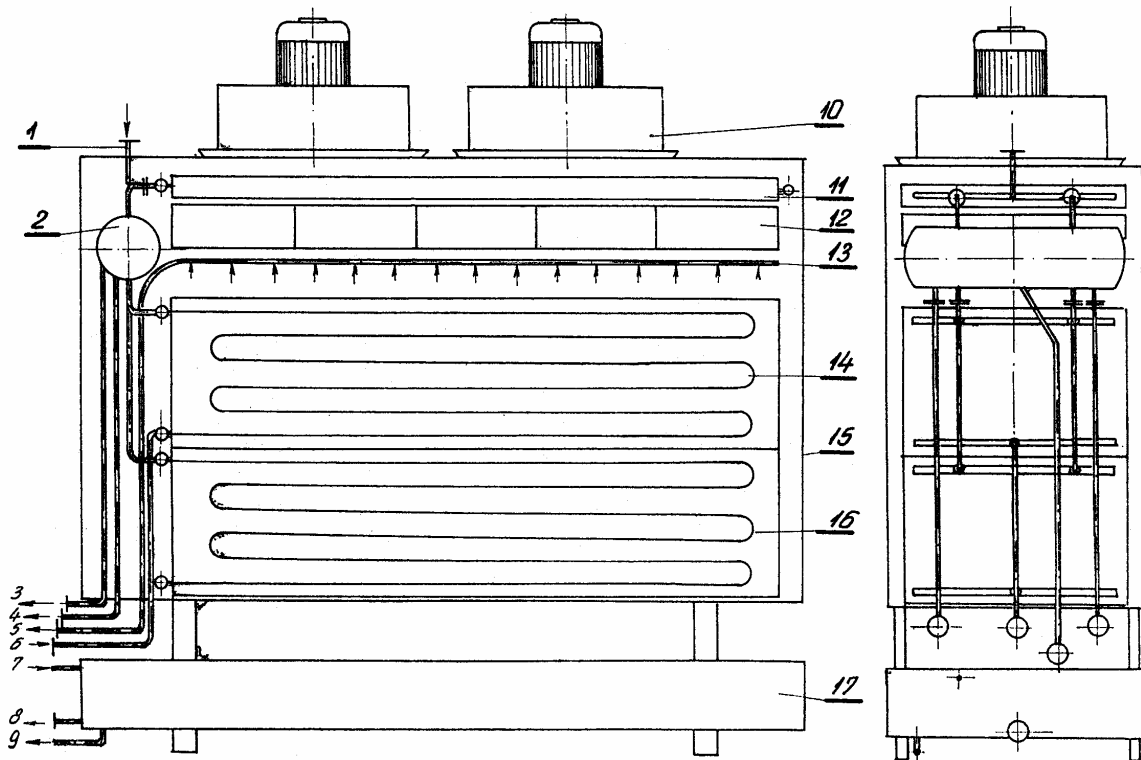
43. ábra

Permetezett kondenzátor:



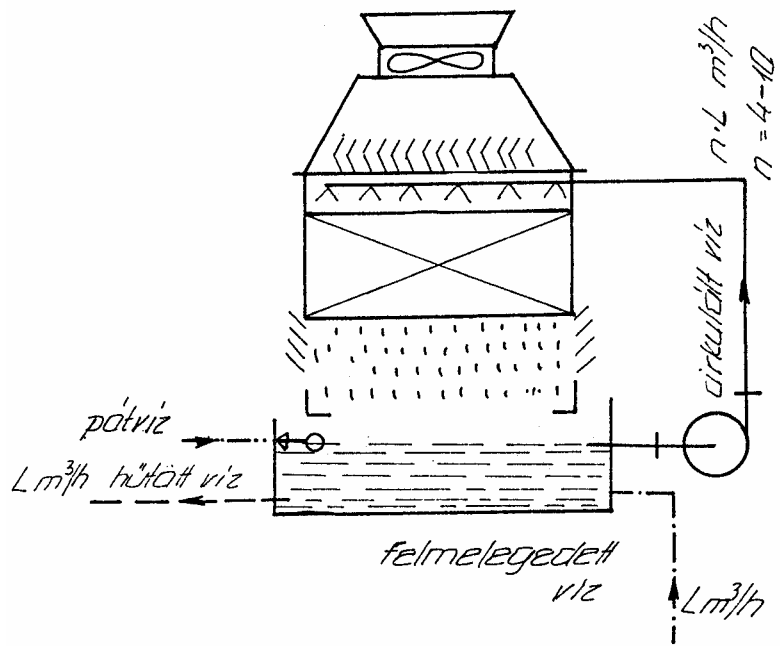
44. ábra

Elpárolgató kondenzátor:



45. ábra

Vízvisszahűtő torony: feladata a közvetlenül vízzel hűtött kondenzátorból kilépő felmelegedett víz lehűtése, így az visszavezethető a kondenzátorba.

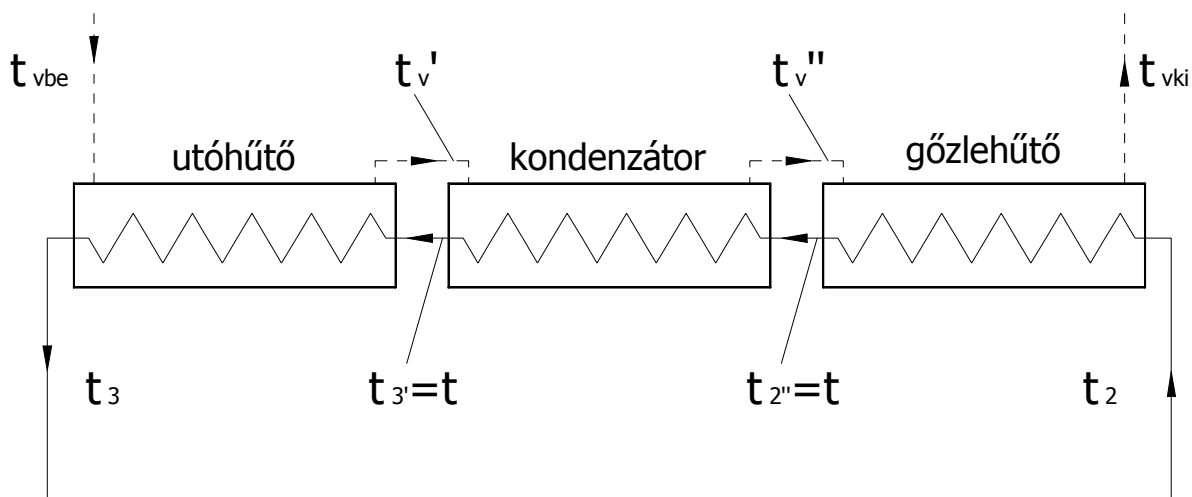


46. ábra

## 7.2. A KONDENZÁTOROK TERMIKUS MÉRETEZÉSÉNEK ALAPJAI

A hűtőközeg hőleadása három részre osztható:

- gőzlehűtés vagy előhűtés: 2 – 2'', izobar,
- kondenzáció: 2'' – 3', izoterm – izobar,
- utóhűtés: 3' – 3, izobar.



47. ábra



A munkaközeg teljes hőleadása:

$$Q = \dot{m}(h_2 - h_{3'})$$

A gőzlehűtéssel, a kondenzációval és az utóhűtéssel elvont hőmennyiség:

$$Q_g = \dot{m}(h_2 - h_{2'}) = \dot{m}c_p(t_2 - t)$$

$$Q_k = \dot{m}(h_{2'} - h_{3'}) = \dot{m}r$$

$$Q_u = \dot{m}(h_{3'} - h_3) = \dot{m}c_p(t - t_3)$$

$$Q = Q_g + Q_k + Q_u$$

$t_2$  – a kompresszió véghőmérséklete

$t$  – kondenzációs hőmérséklet

$t_3$  – az utóhűtés véghőmérséklete

A hőelvonáshoz szükséges víz mennyisége:

$$Q = \dot{m}_v c_{v\text{íz}}(t_{vki} - t_{vbe}) \rightarrow \dot{m}_v = \frac{Q}{c_{v\text{íz}}(t_{vki} - t_{vbe})}$$

$t_{vbe}$  – a belépő hűtővíz hőmérséklete

$t_{vki}$  – a kilépő hűtővíz hőmérséklete

$\dot{m}_v$  – a hűtővíz tömegárama

$c_{v\text{íz}}$  – a hűtővíz fajhője

A hűtővíz térfogatárama:

$$\dot{V}_v = \dot{m}_v v_v$$

$v_v$  – a hűtővíz fajtérfogata

A hűtővíz felmelegedése az egyes szakaszokban:

$$Q_u = \dot{m}c_{v\text{íz}}(t'_v - t_{vbe}) \rightarrow t'_v = \frac{Q_u}{\dot{m}c_{v\text{íz}}} + t_{vbe}$$

$$Q_k = \dot{m}c_{v\text{íz}}(t'_v - t''_v) \rightarrow t''_v = \frac{Q_k}{\dot{m}c_{v\text{íz}}} + t'_v$$

$$Q_g = \dot{m}c_{v\text{íz}}(t''_v - t_{vki}) \rightarrow t_{vki} = \frac{Q_g}{\dot{m}c_{v\text{íz}}} + t''_v$$

A közepes logaritmusos hőfokkülönbségek az egyes szakaszokban:

$$\Delta t_{kg} = \frac{(t_2 - t_{vki}) - (t - t_v'')}{\ln \frac{t_2 - t_{vki}}{t - t_v''}}$$

$$\Delta t_{kk} = \frac{(t - t_v'') - (t - t_v')}{\ln \frac{t - t_v''}{t - t_v'}}$$

$$\Delta t_{ku} = \frac{(t - t_v') - (t_3 - t_{vbe})}{\ln \frac{t - t_v'}{t_3 - t_{vbe}}}$$

A felületek meghatározása:

$$Q_u = k_u A_u \Delta t_{ku} \rightarrow A_u = \frac{Q_u}{k_u \Delta t_{ku}}$$

$$Q_k = k_k A_k \Delta t_{kk} \rightarrow A_k = \frac{Q_k}{k_k \Delta t_{kk}}$$

$$Q_g = k_g A_g \Delta t_{kg} \rightarrow A_g = \frac{Q_g}{k_g \Delta t_{kg}}$$

$k$  – hőátviteli tényező,  $\frac{W}{m^2 K}$

$A$  – hőátadó felület

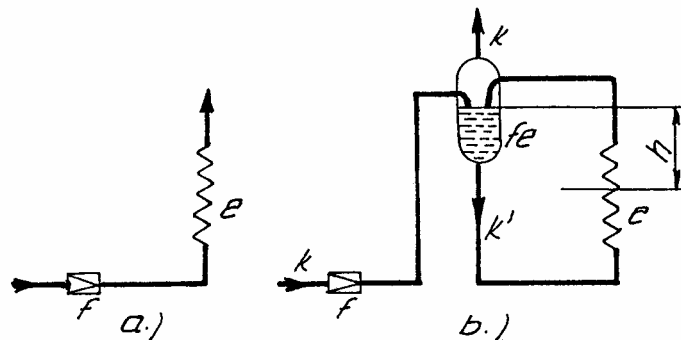
### 7.3. **ELPÁROLOGTATÓ SZERKEZETEK**

A hűtőközeg az elpárolgásához szükséges hőt a környezetéből vonja el, ezáltal azt lehűti.

Az elpárolgatók csoportosítása:

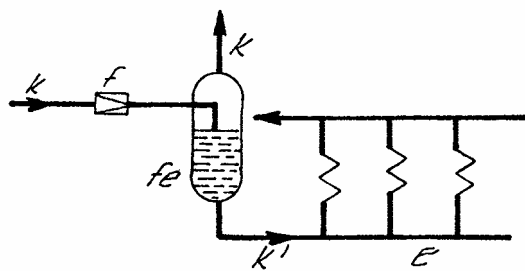
- száraz rendszerű: csőrendszer, melyben a hűtőközeg hosszú utat tesz meg, és teljesen elpárolog,
- nedves (elárasztott) rendszerű: a csőrendszerre tartályt kapcsolunk, folyadék-gőz eleggyel. A rendszerben a sűrűségkülönbség hatására cirkuláció jön létre.
- szivattyús: elárasztott rendszer, melyben a folyadék keringtetését szivattyú végzi.

Száraz (a) és elárasztott (b) rendszerű elpárolgató elvi vázlata:



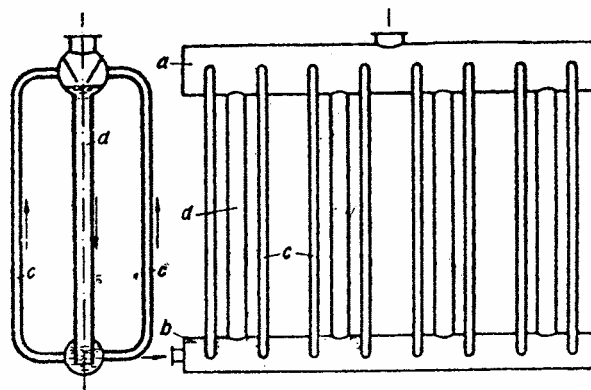
48. ábra

Meredeksöves elárasztott elpárolgató:



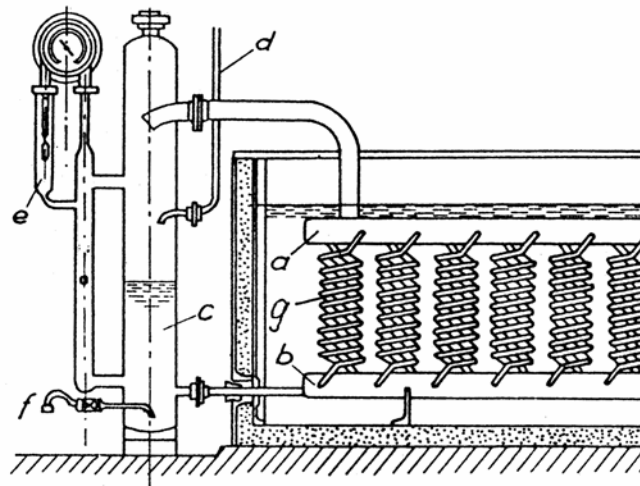
49. ábra

Linde – féle meredeksöves elpárolgató:



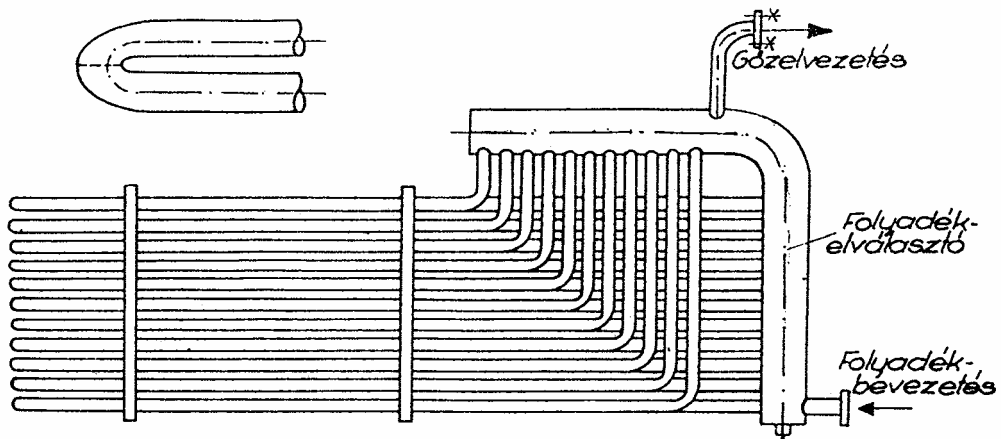
50. ábra

Stein – féle spirálcsöves elpárolgató:



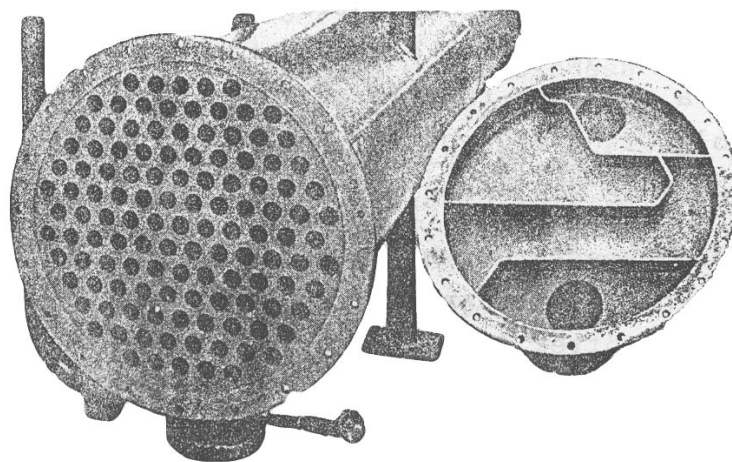
51. ábra

Freudlich – féle elpárolgató:



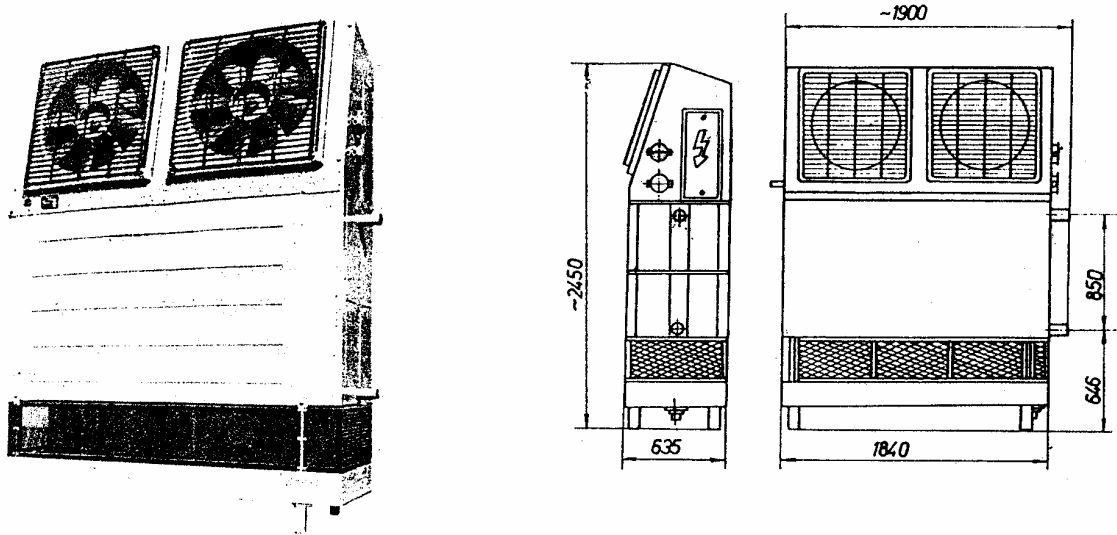
52. ábra

Nyalábcsőves elpárolgató:

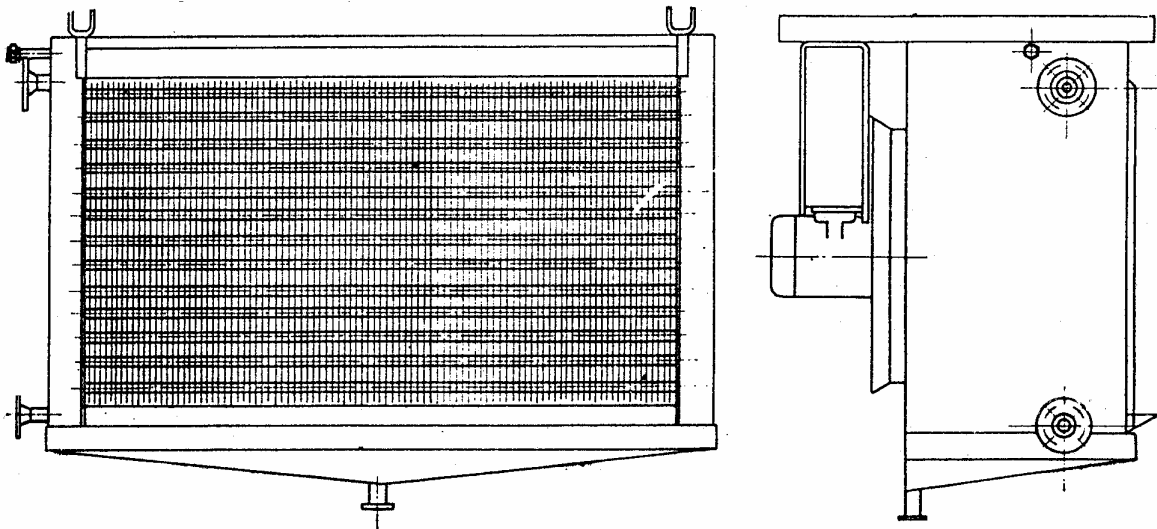


53. ábra

**Léghűtők:** levegőt hűtő elpárolgatók, melyeknél a csövön kívül áramlik az elpárolgó hűtőközeg. Bordás csöveket alkalmaznak, a levegőt nagy teljesítményű ventilátorokkal áramoltatják.



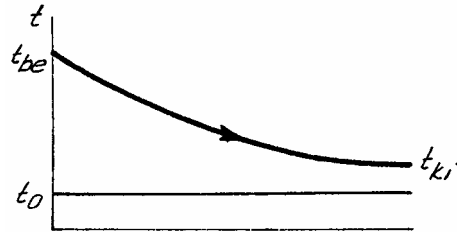
54. ábra



55. ábra

#### 7.4. AZ ELPÁROLOGTATÓK TERMIKUS MÉRETEZÉSÉNEK ALAPJAI

A hűtőközeg elpárolgása közelítőleg izoterm. Az elpárolgató hőmérséklet-viszonyai:



56. ábra

A logaritmikus hőmérsékletkülönbség:

$$\Delta t = \frac{(t_{be} - t_0) - (t_{ki} - t_0)}{\ln \frac{t_{be} - t_0}{t_{ki} - t_0}}$$

A hűtőközeg elpárolgásakor felvett hőmennyiség:

$$Q_0 = \dot{m}(h_1 - h_4)$$

Veszteségmentes esetben:

$$Q_0 = c\dot{m}(t_{be} - t_{ki}) = kA\Delta t \rightarrow A = \frac{Q_0}{k\Delta t}$$

## 8. A HŰTŐRENDSZER KIEGÉSZÍTŐ KÉSZÜLÉKEI: OLAJLEVÁLASZTÓ, LÉGTELENÍTŐ, FOLYADÉK LEVÁLASZTÓ, FOLYADÉKGYŰJTŐ, HŰTŐKÖZEG SZIVATTYÚ, CSŐVEZETÉKEK, KARIMÁK, CSŐTARTÓK

### 8.1. OLAJLEVÁLASZTÓ

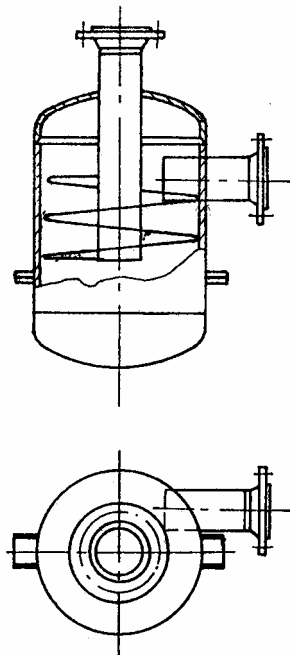
A kompresszor a nyomóvezetékbe bizonyos mennyiségű kenőolajat visz be, mely továbbjut a készülékekbe. Ez befolyásolja a hűtés folyamatát. Az olaj és a hűtőközeg oldódása lehet:

- korlátozott (ammónia, freon 22),
- korlátlan (freon 12).

A leválasztás történhet:

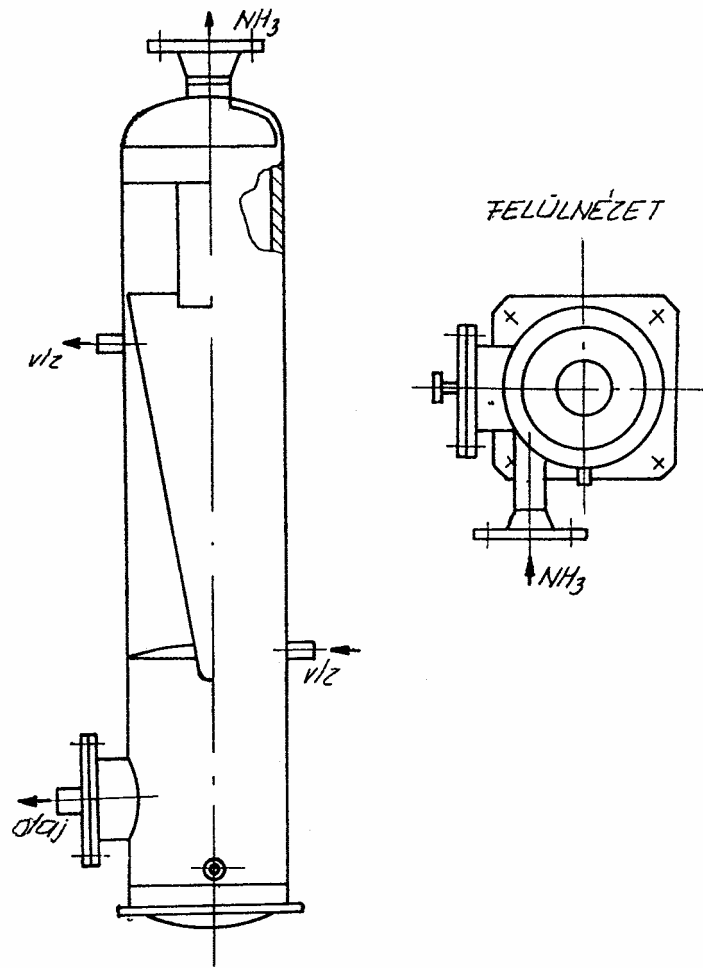
- a hűtőközeggőzök sebességének csökkentésével,
- a gőzök áramlási irányának változtatásával,
- az olajcseppek centrifugális erejének felhasználásával (ciklonhatással),
- hővel.

Spirálbetétes olajleválasztó:



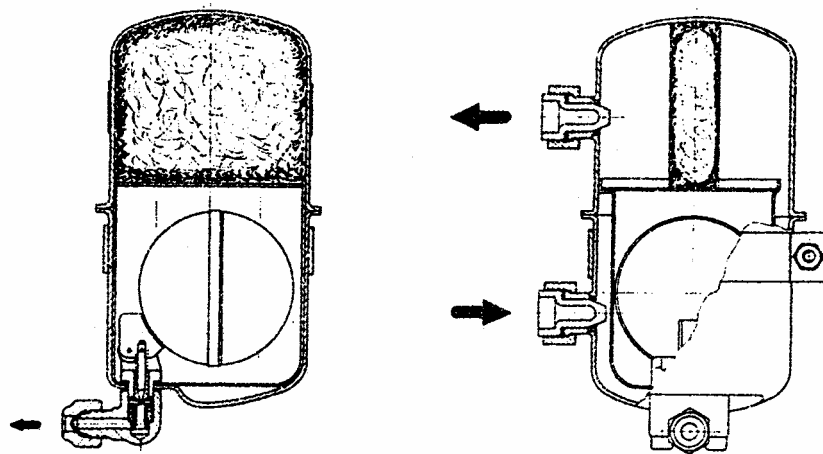
57. ábra

Hidrociklon elven működő olajleválasztó:



58. ábra

Hőszeparátoros olajleválasztó:



59. ábra



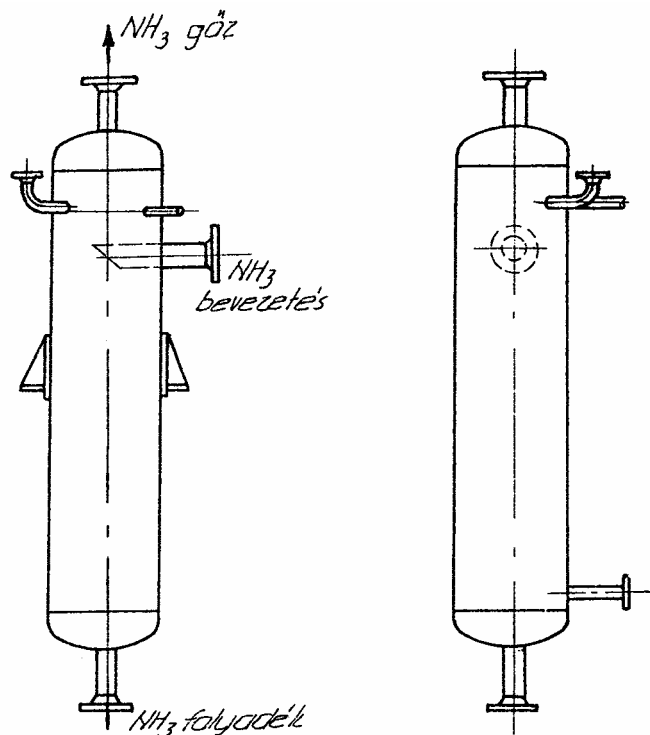
## 8.2. FOLYADÉK LEVÁLASZTÓ

A folyadékleválasztó szerepe, hogy a nedves gőzökből a folyadékot leválasztja, hogy a hűtőkompresszor csak gőzt szívhasson el. Zárt, hengeres edény, kivitele szerint:

- álló,
- fekvő.

A folyadék kiválását eredményező hatások:

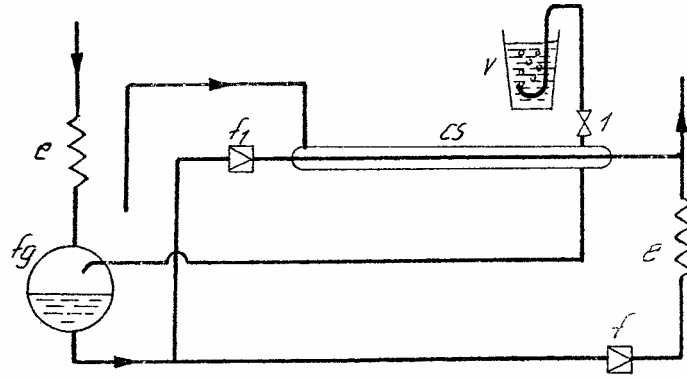
- irányváltoztatás,
- ütközés,
- sebességcsökkenés.



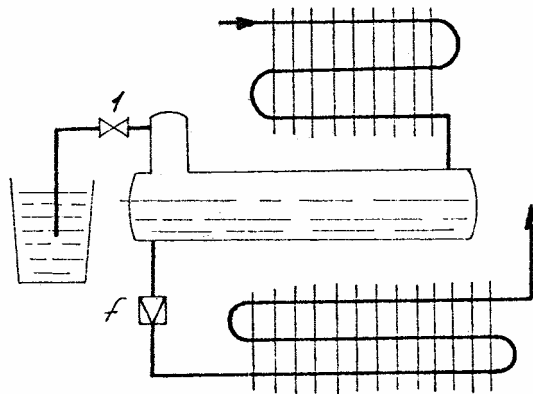
60. ábra

## 8.3. LÉGTELENÍTŐ

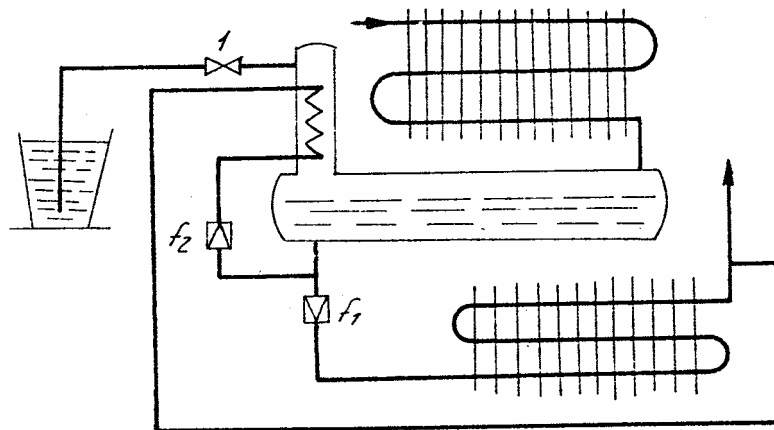
Légtelenítés alatt a levegőnek és a nem kondenzálódó gázoknak (pl. CO<sub>2</sub>) a hűtőrendszerből való eltávolítását értjük.



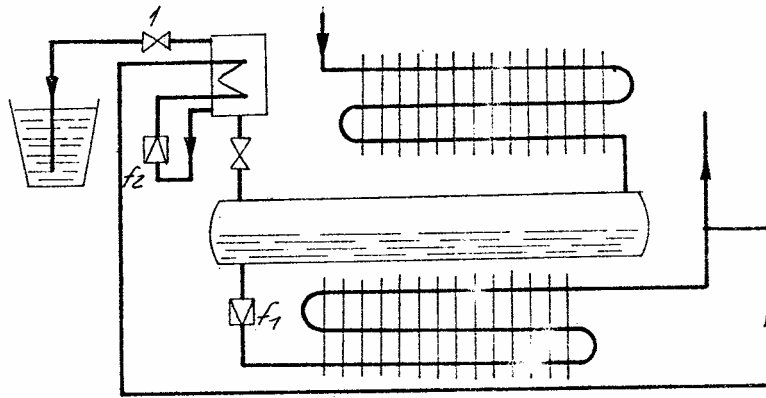
61. ábra



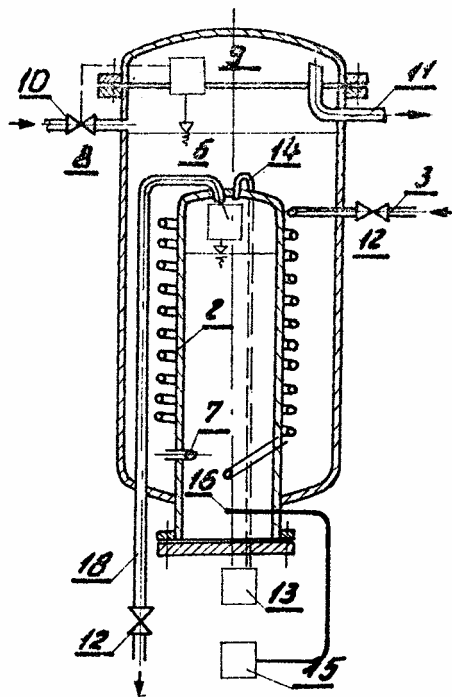
62. ábra



63. ábra



64. ábra



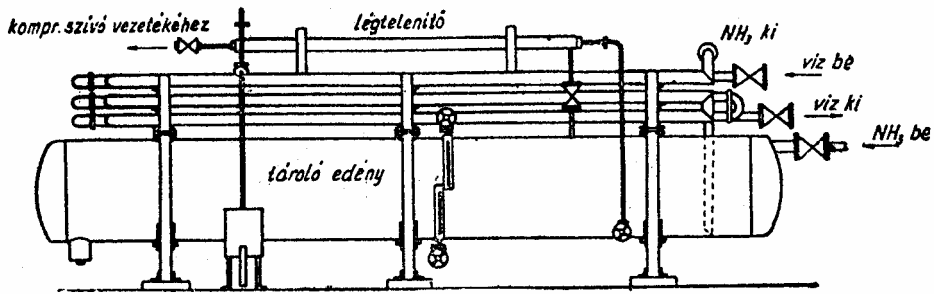
65. ábra

#### 8.4. FOLYADÉKGYŰJTŐ

A folyadékgyűjtő a kondenzátor után kerül beépítésre. Feladata:

- bizonyos mennyiségű tartalék hűtőközeg tárolása,
- hosszabb üzemszünet vagy javítás esetén a teljes hűtőközeg-mennyiség tárolása.

Ammónia utóhűtő folyadékgyűjtő tartállyal:



66. ábra

### 8.5. HŰTŐKÖZEG SZIVATTYÚ

Leggyakrabban mechanikai működésű centrifugál- vagy fogaskerékszivattyúkat alkalmaznak. A centrifugálszivattyút 1,5 – 2 m-re a hűtőközeg szintje alatt kell elhelyezni, hogy a szívóágban ne keletkezessen gőz a nyomáscsökkenés hatására.

### 8.6. CSŐVEZETÉKEK, KARIMÁK, CSŐTARTÓK

A csővezetékek anyaga:

- vörösréz (freonos, kis berendezéseknél),
- acél (ammóniás, nagy berendezéseknél).

A csövekre vonatkozó szabványok: MSz 11102, MSz 11103, MSz 23, MSz 99, MSz 123, MSz 124, MSz 125, MSz 13126.

Az átmérő meghatározása:

$$d_b = \sqrt{\frac{4\dot{m}v}{c\pi}}$$

- $d_b$  – a csővezeték belső átmérője
- $v$  – a hűtőközeg fajtérfogata
- $c$  – a hűtőközeg áramlási sebessége

A számítással kapott értéket felfelé kell kerekíteni.

A vezetékben fellépő teljes nyomásesés:

$$\Delta p = \lambda \frac{l}{d} \frac{\rho c^2}{2} + \xi \frac{c^2}{2}$$

- $l$  – a csővezeték hossza
- $\lambda$  – csősúrlódási együttható
- $\rho$  – a hűtőközeg sűrűsége

$\xi$  – helyi ellenállási tényező

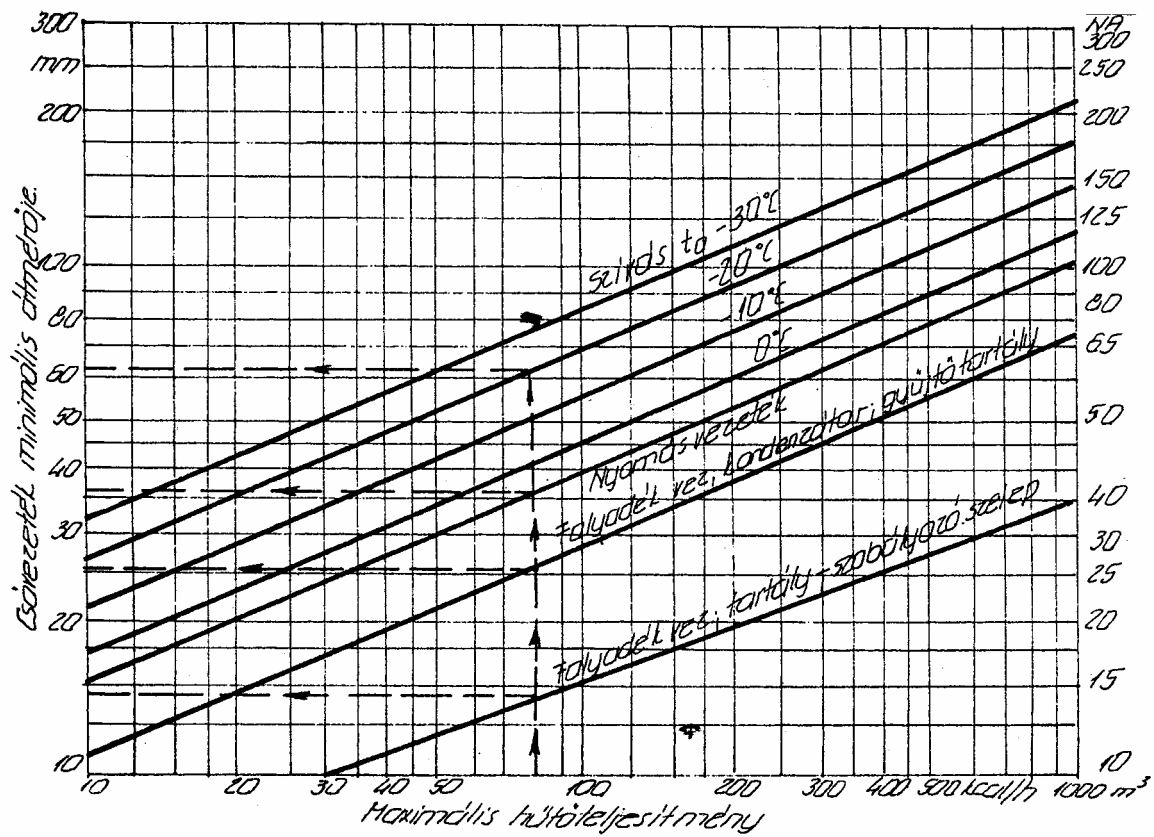
Lamináris áramlás esetén:

$$\lambda = \frac{64}{\text{Re}}$$

Turbulens áramlás esetén:

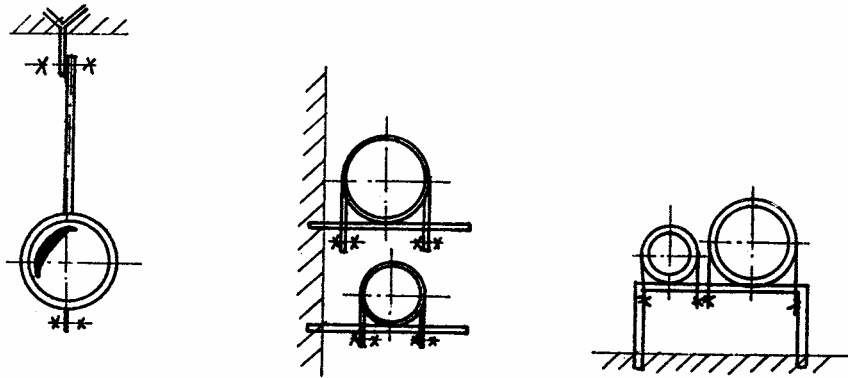
$$\lambda = \frac{0,316}{\sqrt[4]{\text{Re}}}$$

Diagram minimális belső átmérő meghatározásához:



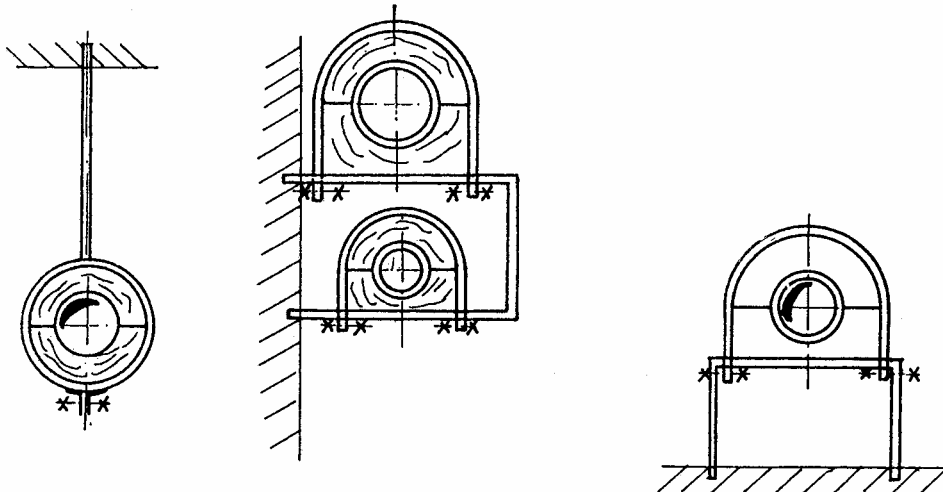
67. ábra

Szigeteletlen csővezetékek tartói:



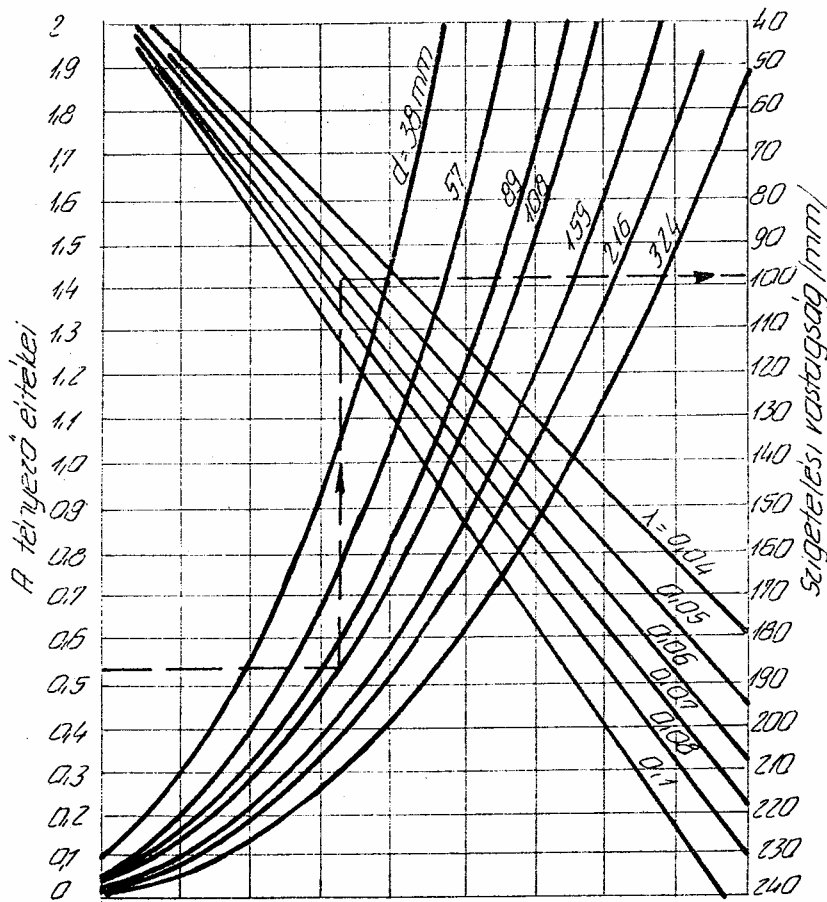
68. ábra

Szigetelt vezetékek tartói:



69. ábra

A szigetelési vastagság meghatározása:



70. ábra

A nomogramot  $\alpha=5,05 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  külső hőátadási tényező értékre szerkesztették.

Az A állandó értékének meghatározása:

$$A = \frac{\Delta t(a \cdot n \cdot b + \mu_h \cdot c)}{\mu_{sz} \cdot f}$$

$\Delta t$  – a hűtőközeg és a környezet hőmérsékletének különbsége

$a$  – az adott üzemviszonyok mellett egységnyi hűtőteljesítményre felhasznált villamos energia

$n$  – az évi üzemelési idő

$b$  – a villamos energia ára

$c$  – a berendezés egységnyi hűtőteljesítményre vonatkoztatott üzemeltetési költsége

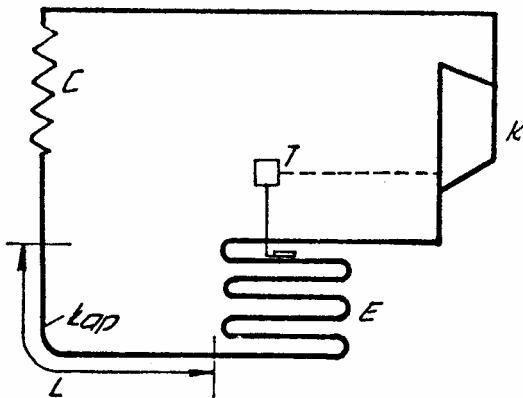
$\mu_h$  – a berendezés évi leírási hányada

$\mu_{sz}$  – a szigetelés évi leírási hányada

**9. A HŰTŐBERENDEZÉSEK AUTOMATIZÁLÁSA. IRÁNYÍTÁSTECHNIKAI ALAPFOGALMAK, SZABÁLYOZÓ BERENDEZÉSEK HŰTŐTECHNIKAI ALKALMAZÁSA. A KOMPRESSZOR, AZ ELPÁROLOGTATÓ ÉS A KONDENZÁTOR AUTOMATIKUS SZABÁLYOZÁSA**

**9.1. AZ ELPÁROLOGTATÓK SZABÁLYOZÁSA**

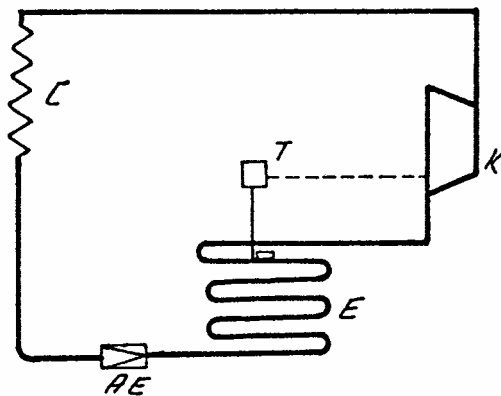
Elpárologtató töltésszabályozás kapilláriscsővel és termosztáttal:



*Kap: kapilláriscső  
L: a kapill. cső hossza  
E: elpárologtató  
T: termosztát  
K: kompresszor  
C: kondenzátor*

71. ábra

Elpárologtató töltésszabályozás automatikus expanziószeleppel és termosztáttal:

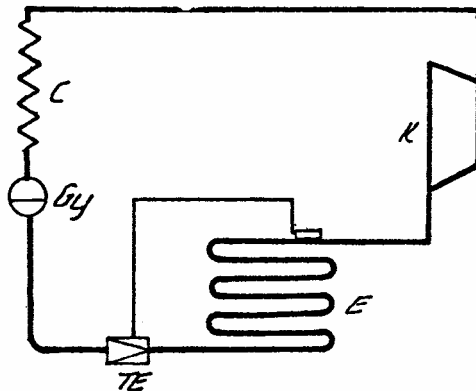


*AE: automatikus exp. sze.  
E: elpárologtató  
K: kompresszor  
C: kondenzátor  
T: termosztát*

72. ábra



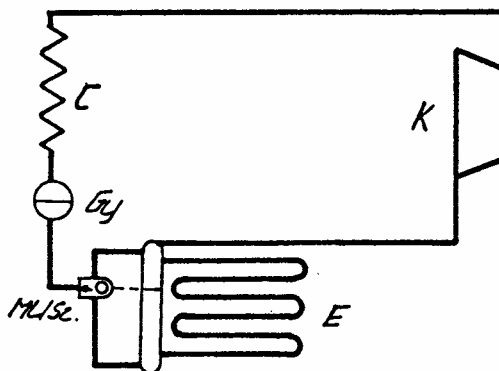
Elpárolgató hűtőközegadagolásának szabályozása termostatikus expanziószeleppel:



TE: termostatikus expanziószelep  
 E: elpárolgató  
 K: kompresszor  
 C: kondenzátor  
 Gy: foly. gyűjtő

73. ábra

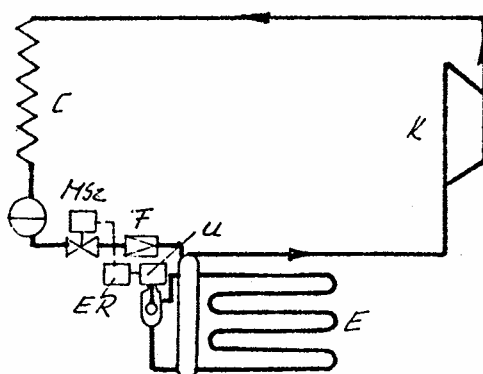
Folyadékadagolás úszós szabályozó szeleppel:



MUsz.: mechanikus úszós szabályozó szelep  
 K: kompresszor  
 C: kondenzátor  
 Gy: folyadékgyűjtő  
 E: elpárolgató

74. ábra

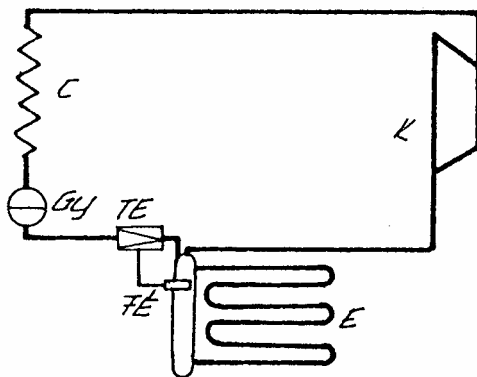
Folyadékadagolás szabályozása elektronikus szintszabályozással és szeleppel:



U: úszós adagoló  
 ER: elektronikus relé  
 Msz.: mágnesszelep  
 F: kézi szabályozó szelep  
 E: elpárolgató  
 C: kondenzátor  
 K: kompresszor

75. ábra

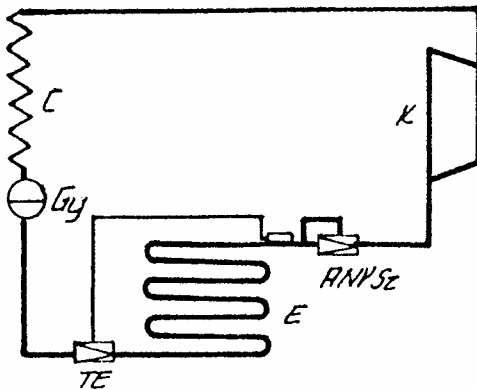
Automatikus folyadékadagolás elektromos fűtésű érzékelővel ellátott termostatikus expanziószeleppel:



TE: termostatikus exp. sz.  
 FE: elektromos fűtésű  
 érzékelő  
 K: kompresszor  
 E: elpárologtató  
 C: kondenzátor  
 Gy: foly. gyűjtő

76. ábra

Elpárologtató nyomásszabályozás állandó nyomású szeleppel:

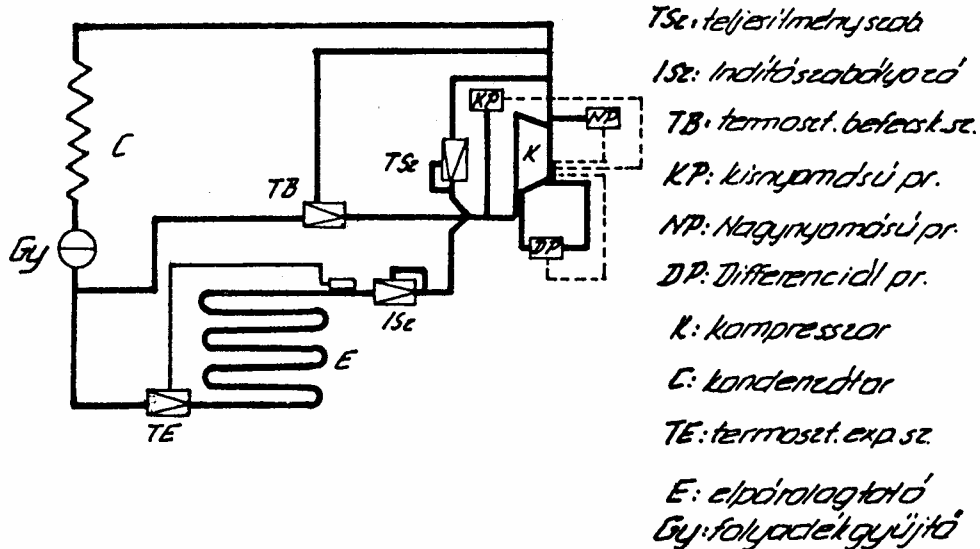


ANP Sz: állandó nyomást tar-  
 tó szelep  
 TE: termostatikus exp. sz.  
 K: kompresszor  
 C: kondenzátor  
 Gy: foly. gyűjtő

77. ábra

## 9.2. KOMPRESSORSZABÁLYOZÁS

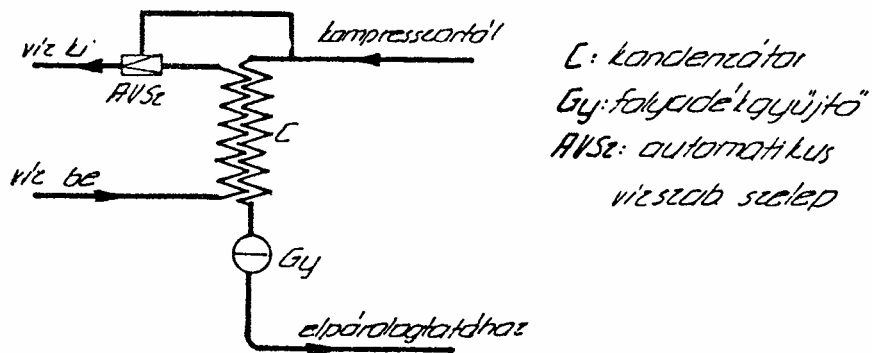
Teljesítményszabályozás és védelmi automatika:



78. ábra

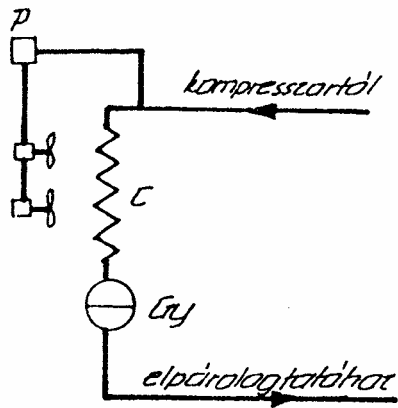
## 9.3. KONDENZÁTORSZABÁLYOZÁS

Vízalatti szabályozás:



79. ábra

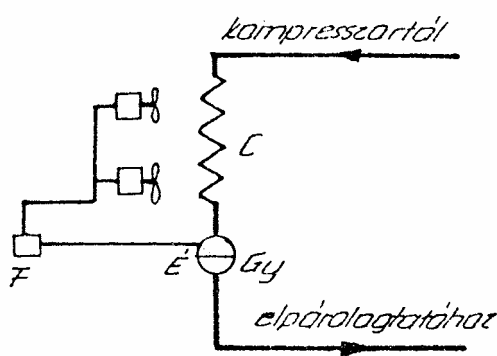
Légoldali szabályozás:



*P: presszastól (nyomás-  
kapcsoló)*  
*C: kondenzátor*  
*Gy: foly. gyűjtő*

80. ábra

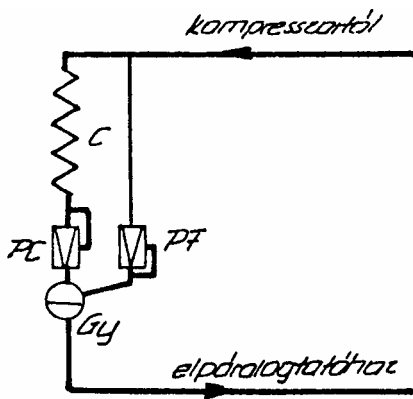
Légmennyiség szabályozás a ventilátormotorok fordulatszámának változtatásával:



*C: kondenzátor*  
*F: hőmérséklet szabá-  
lyozást letesítő for-  
dulatszabályozó*  
*É: érzékelő*  
*Gy: gyűjtő*

81. ábra

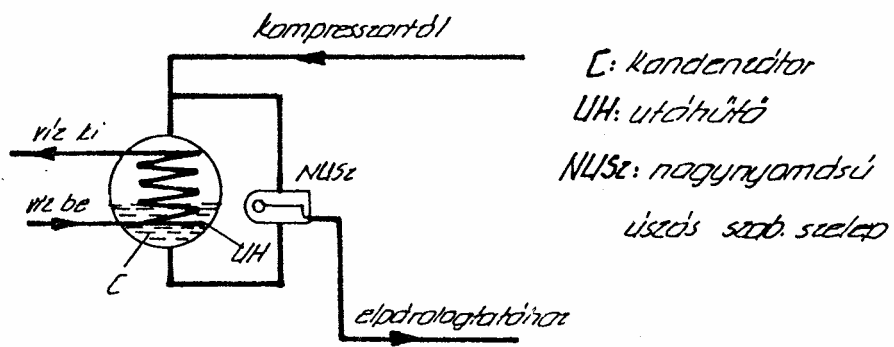
Kondenzátorszabályozás nyomáscsökkentővel:



*C: kondenzátor*  
*Gy: foly. gyűjtő*  
*PF: a folyadékgyűjtő nya-  
másától vezérelt nyomás-  
szabályozó.*  
*PC: a kond. nyom-tól vezé-  
relt nyomáscsökkentő*

82. ábra

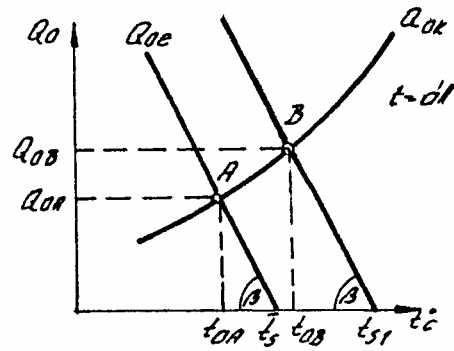
Kondenzátorszabályozás nagy nyomású úszós szabályozóval:



83. ábra

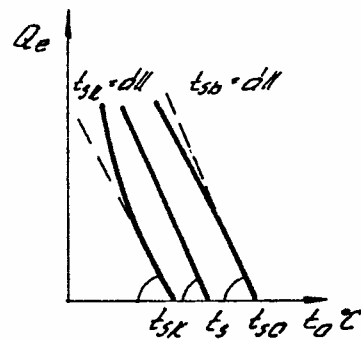
## 10.A HŰTŐBERENDEZÉSEK TELEPÍTÉSE. A HŰTŐBERENDEZÉS STACIONER ÜZEME. A HŰTŐBERENDEZÉSEK GAZDASÁGOS ÜZEMELTETÉSE

A stacioner üzemben beálló elpárolgási hőmérséklet meghatározása a kompresszor és az elpárolgató jelleggörbéje alapján, állandó kondenzációs hőmérséklet mellett:



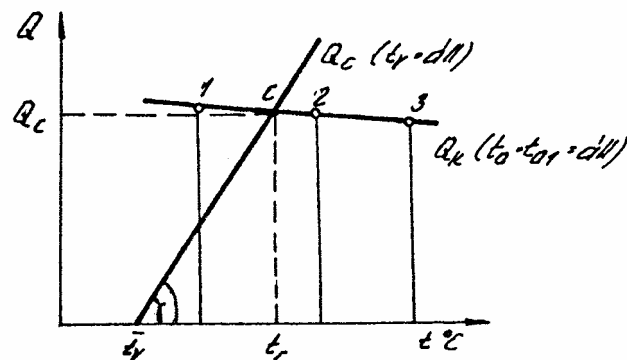
84. ábra

Az elpárolgató jelleggörbéje a hűtött közeg érkező, távozó és közepes hőmérséklete, mint paraméter mellett:



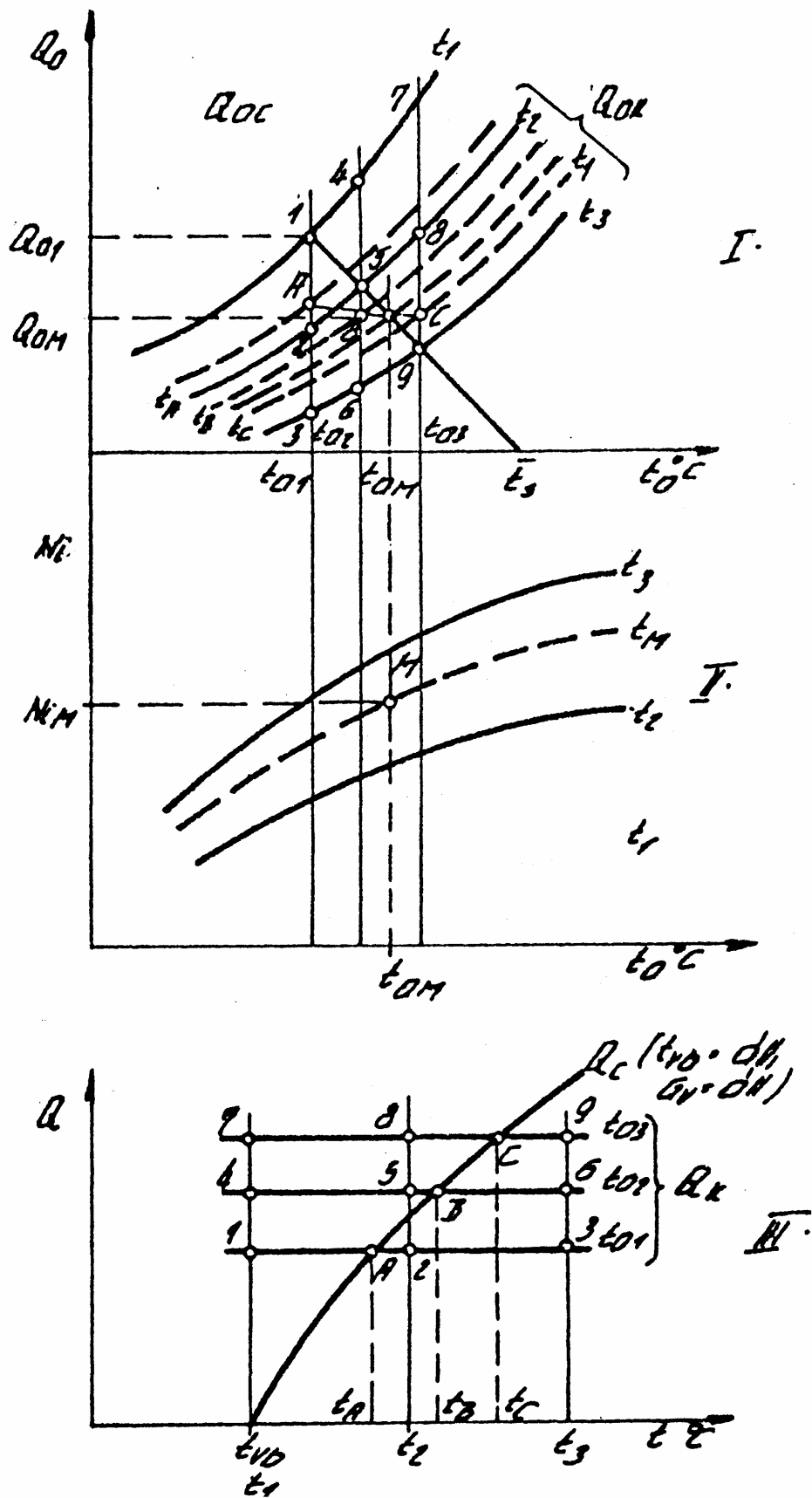
85. ábra

A stacioner üzemben beálló kondenzációs hőmérséklet meghatározása, állandó elpárolgási hőmérséklet mellett:



86. ábra

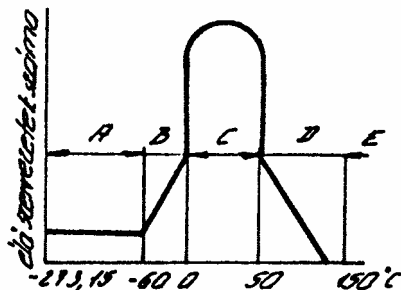
A stacioner üzemben beálló üzemi hőmérsékletek meghatározása:



87. ábra

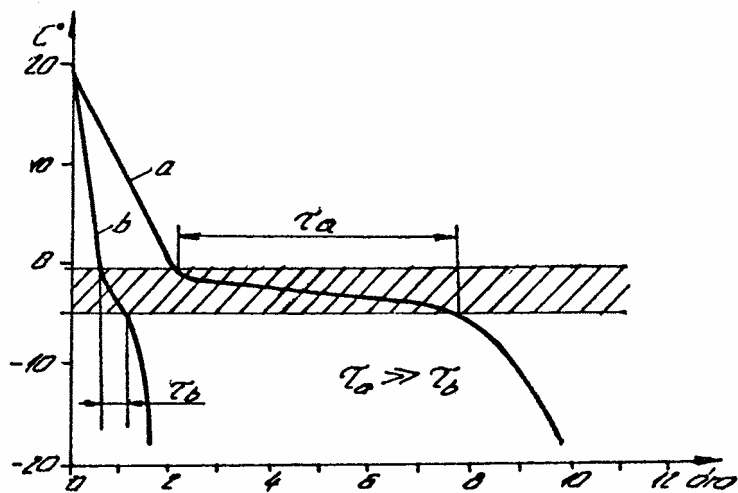
## 11. ÉLELMISZERTARTÓSÍTÁS HŰTÉSSEL, FAGYASZTÁSSAL. A HŰTÉS ÉS FAGYASZTÁS HŐTANI SZÁMÍTÁSAI

Az élet függése a hőmérséklettől:



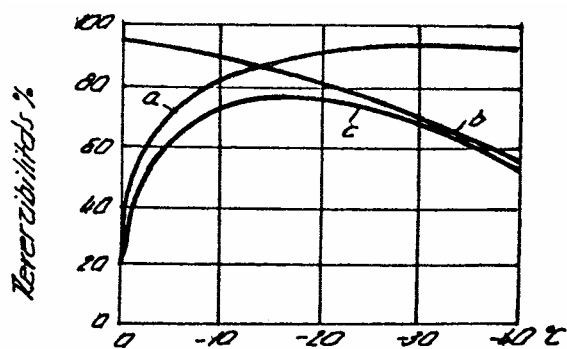
88. ábra

A fagyasztás és a gyorsfagyasztás lehülési görbéje:



89. ábra

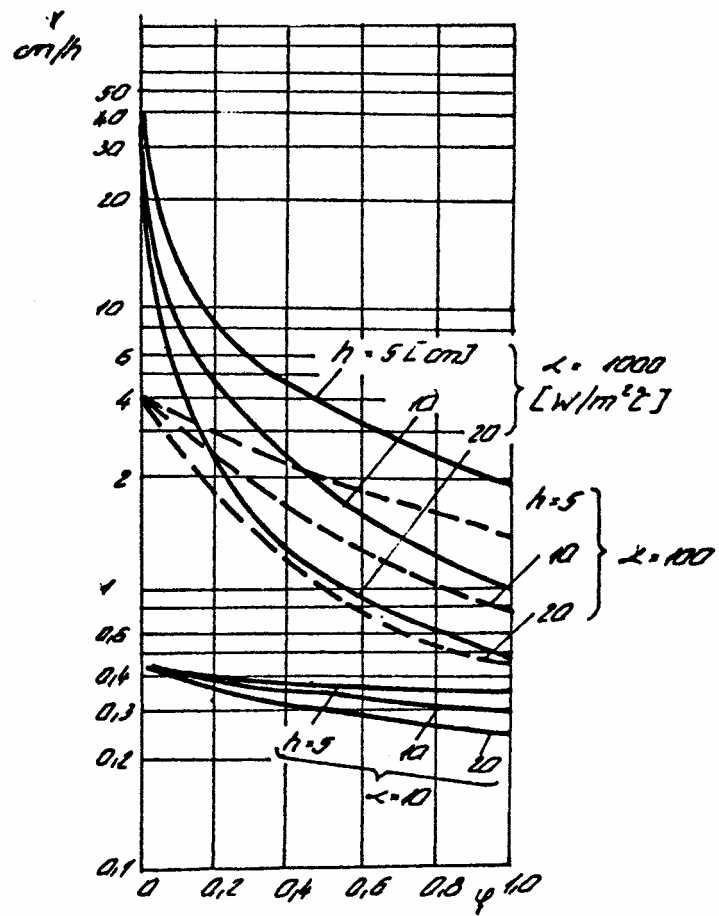
A hőfokcsökkenés hatása a reverzibilitásra:



90. ábra

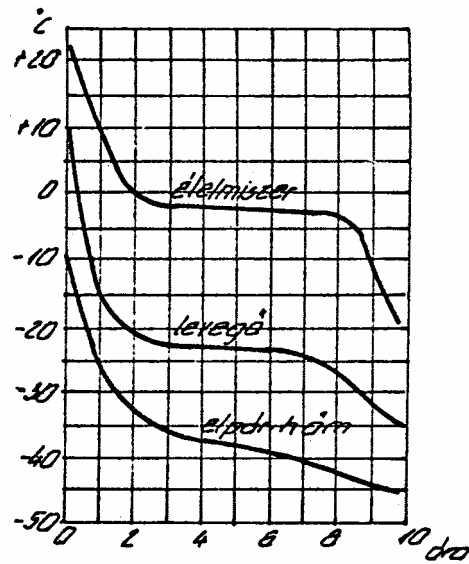


A fagyási sebesség változása:



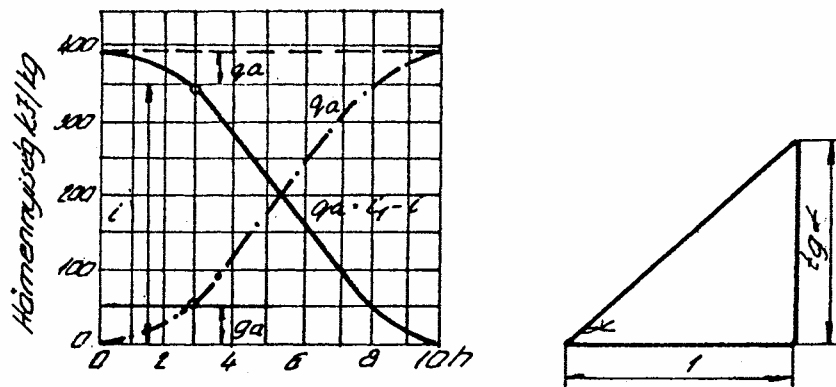
91. ábra

Az élelmiszer, a levegő és az elpárolgás hőmérsékletváltozása:



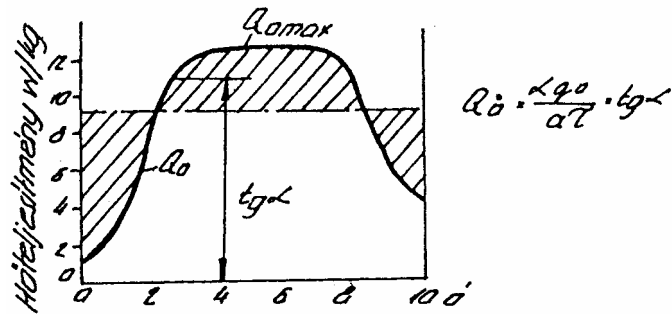
92. ábra

Az élelmiszerből elvonandó hőmennyiség és entalpia időbeni változása:



93. ábra

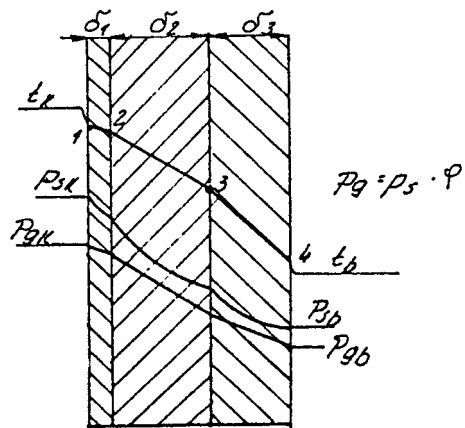
Az átlagos hűtőteljesítmény meghatározása:



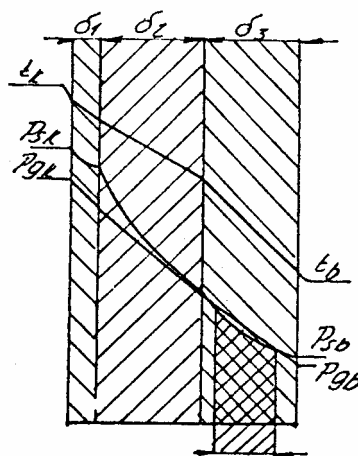
94. ábra

## 12.A HŰTŐLÁNC EGYES ELEMEI, HŰTŐHÁZAK, HŰTŐTEREK. A HŰTŐHÁZ HIDEGSZÜKSÉGLETE, A HŰTÉS ÉS FAGYASZTÁS BERENDEZÉSEI

A páradiffúzió esetei:

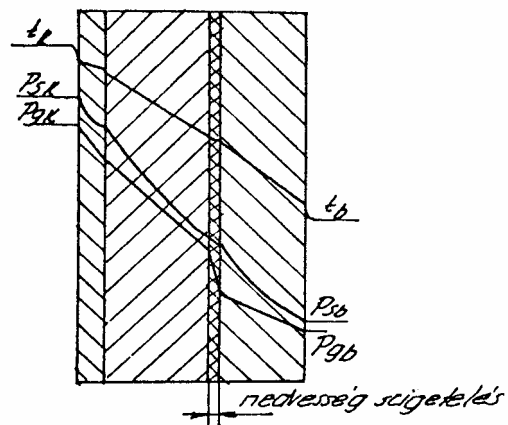


95. ábra



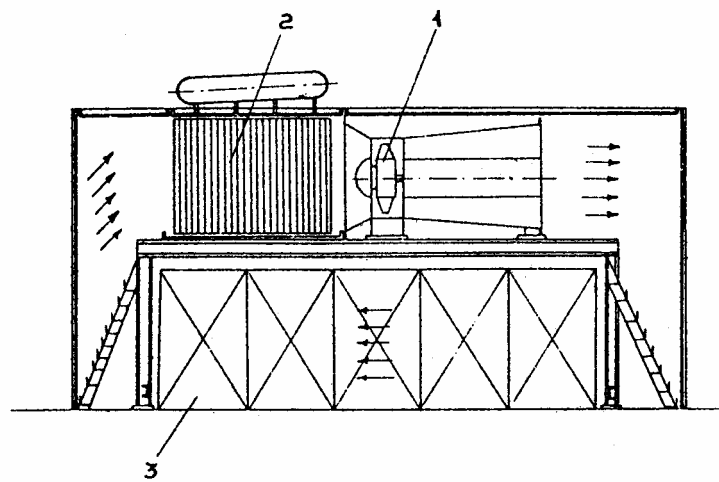
96. ábra

A páradiffúzió megakadályozása:



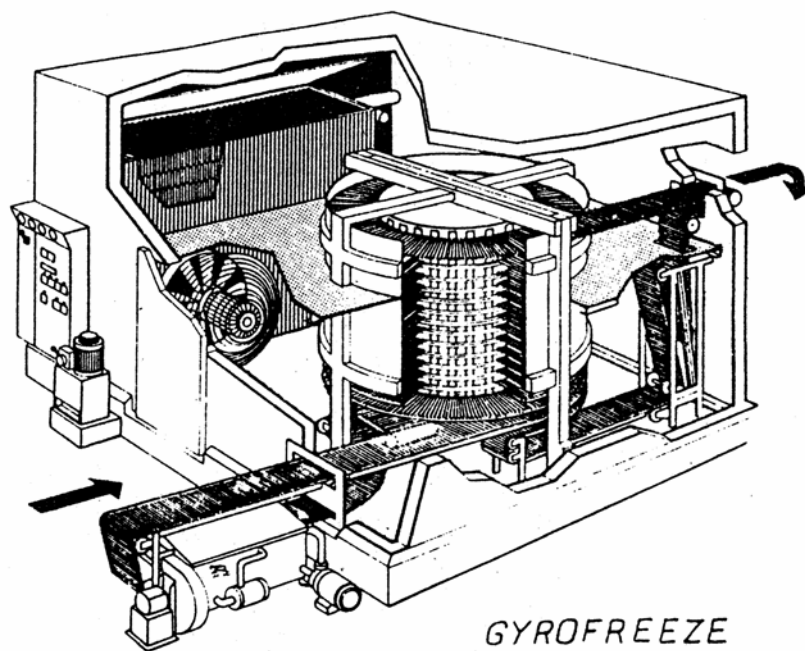
97. ábra

Lécirkulációs gyorsfagyasztó alagút:



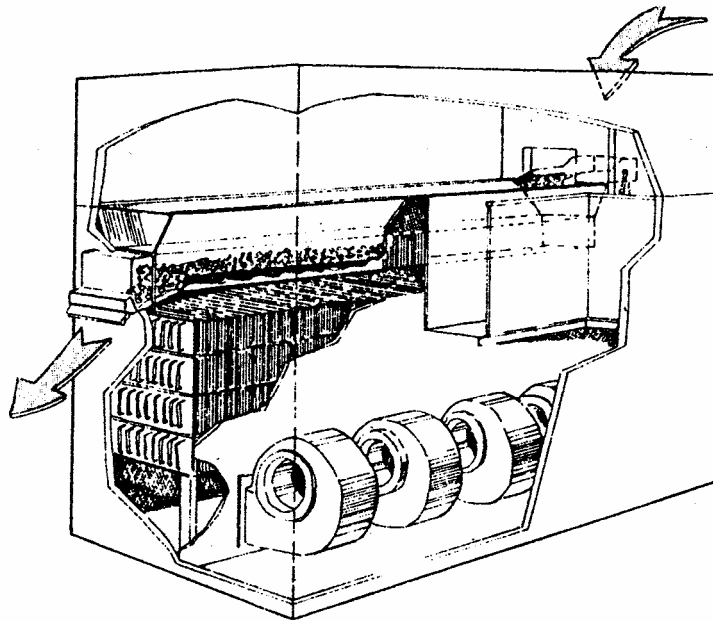
98. ábra

Spirálvezetésű szalagos gyorsfagyasztó:



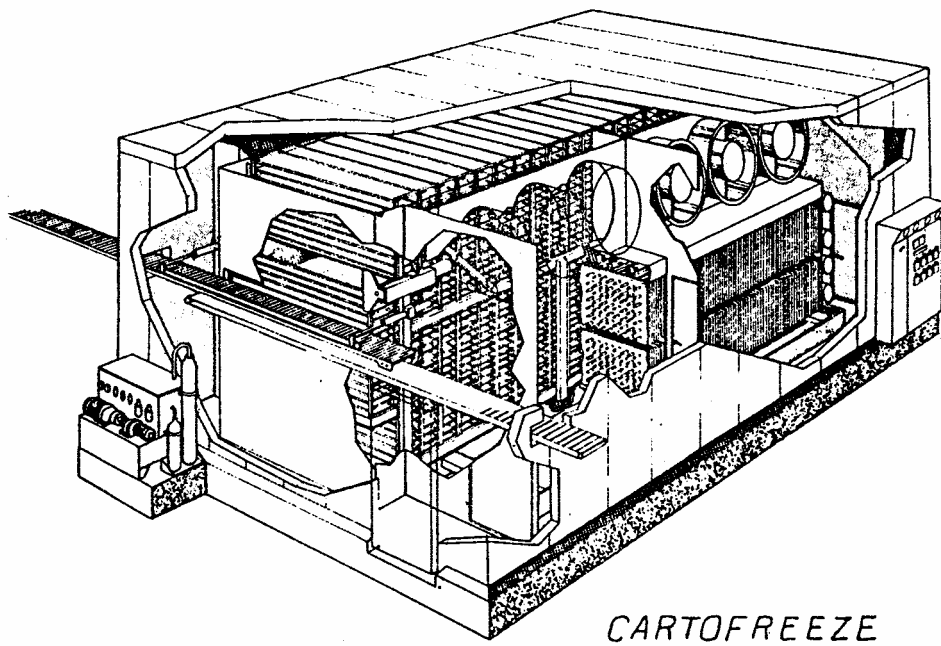
99. ábra

Fluidizációs gyorsfagyasztó:



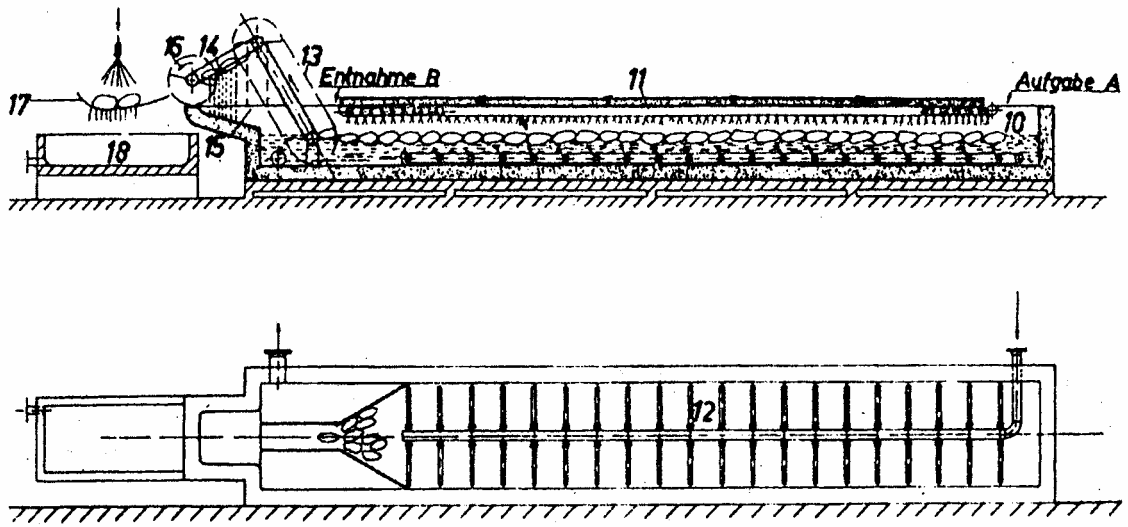
100. ábra

Dobozolt árut fagyasztó készülék:



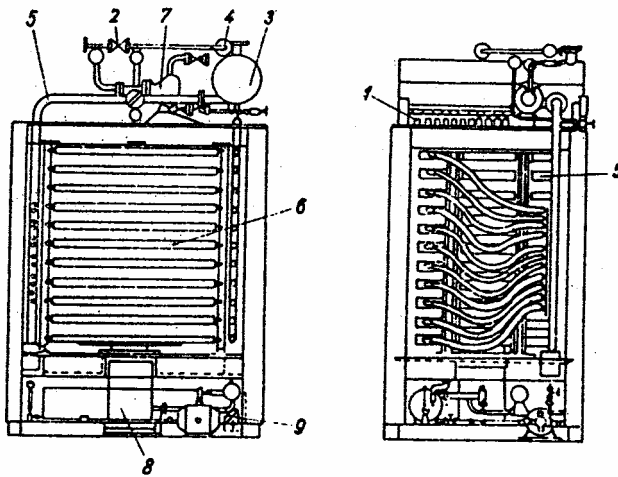
101. ábra

Folyadékpermetezéses fagyasztóberendezés:



102. ábra

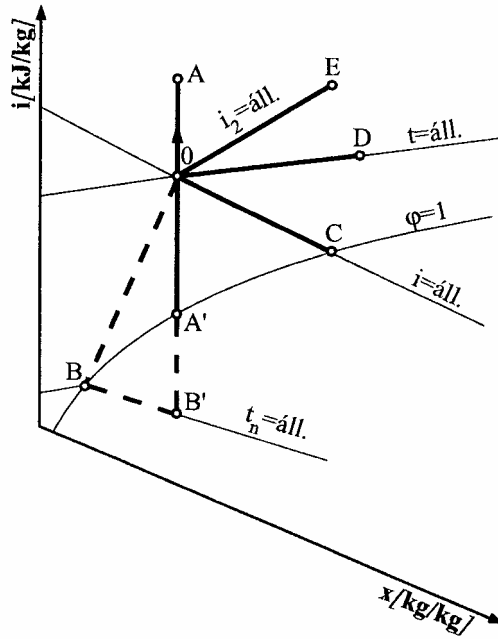
Bird's Eye rendszerű fagyasztószekrény:



103. ábra

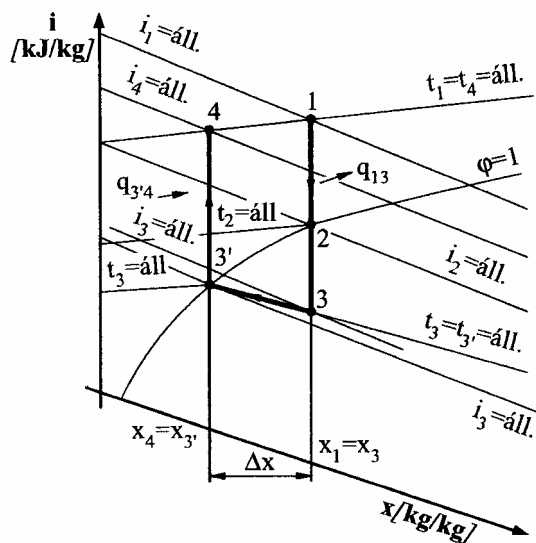
**13.A KLIMATIZÁLÁS ELMÉLETE ÉS GYAKORLATA. MOLLIER-FÉLE H-Y DIAGRAM. A NEDVES LEVEGŐ ÁLLAPOTVÁLTOZÁSAI, A LEVEGŐ NEDVESSÉGTARTALMÁNAK MEGVÁLTOZTATÁSA HŰTÉSSEL, KEVERÉSSSEL**

A nedves levegő jellemző állapotváltozásai:



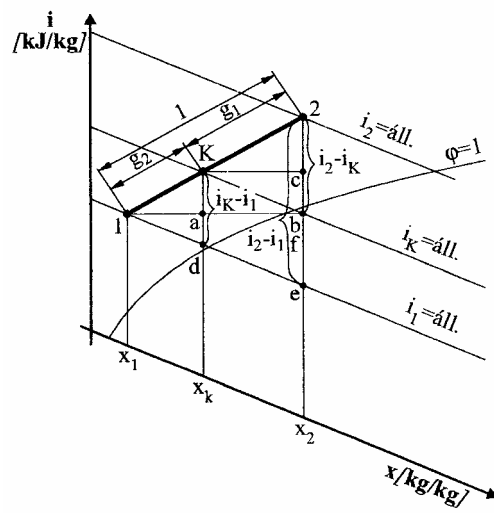
104. ábra

Nedvességcsökkentés hűtéssel:



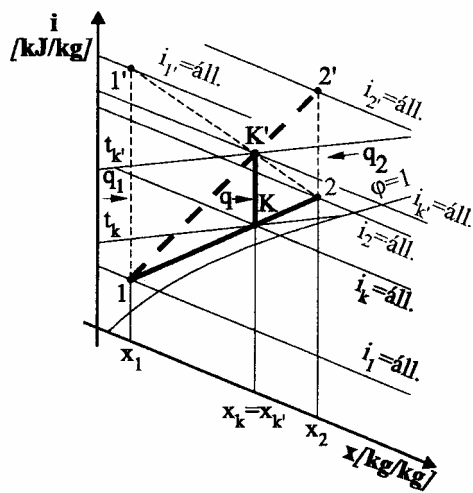
105. ábra

Két, különböző állapotú levegő összekeverése:



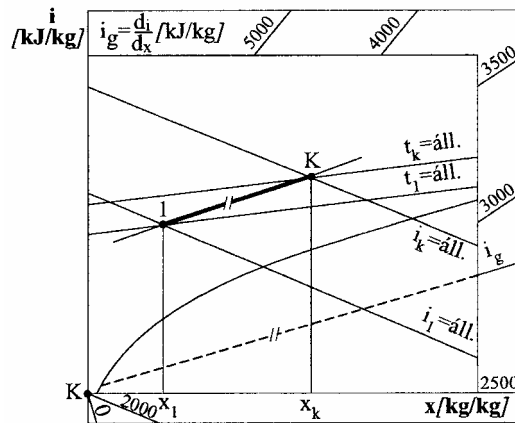
106. ábra

Keverés közbenső melegítéssel:



107. ábra

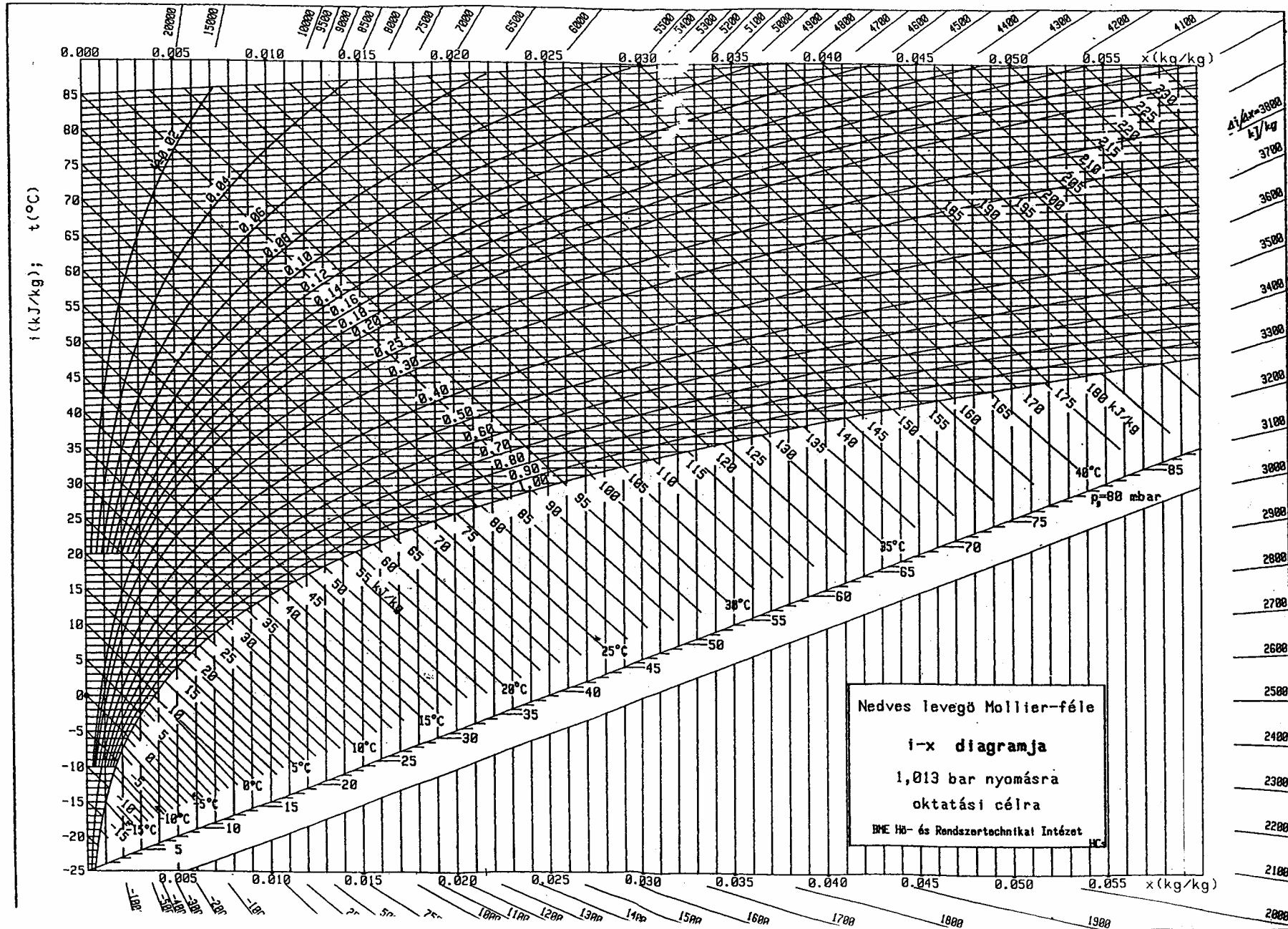
Gőzbefúvás:



108. ábra



Nedves levegő Mollier – féle h – y diagramja:



109. ábra

## 14. IPARI KLÍMÁK HŐ- ÉS NEDVESSÉGTERHELÉSÉT MEGHATÁROZÓ ÖSSZEFÜGGÉSEK. KOMFORT KLÍMÁK, KLÍMACENTRUMOK

A légállapot jellemzői:

- a levegő hőmérséklete,
- nedvességtartalma,
- sebessége,
- tisztasága,
- nyomása.

**Kata-érték:** a mérőműszer által 36,5 °C közepes hőmérsékleten 1 cm<sup>2</sup> felületen, 1 s idő alatt a környezetnek leadott hő.

3. táblázat: Kata-értékek

<b>Környezet</b>	<b>Kata érték, J/cm<sup>2</sup></b>
nagyon meleg	12 alatt
meleg	12 – 17
kellemes	17 – 25
hűvös	25 – 35
hideg	35 felett

A klímaberendezések csoportosítása:

- komfort berendezés,
- ipari berendezés.

Légsebesség szerint:

- hagyományos,
- nagy légsebességű.

A levegő hűtése szerint:

- nedves hőcserével működő,
- felületi hűtéssel működő.

A légkondicionált termek száma szerint:

- helyi klímaberendezés,
- zóna klímaberendezés.

Fő szerkezeti elemei:

- klímaközpont,
- elosztóhálózat,
- be- és kifúvó szerkezet.

## **14.1. A KLIMATIZÁLT TÉR HŐ- ÉS NEDVESSÉGTERHELÉSÉNEK MEGHATÁROZÁSA**

### **Hőterhelés**

Emberek hőleadása:

$$Q_E = n \cdot q_E$$

$n$  – a személyek száma

$q_E$  – egy ember hőleadása, közelítőleg 125 W

A világításból keletkező hő a világítási teljesítménnyel vehető figyelembe:

$$Q_V = N$$

A gépek hőleadása:

$$Q_{gép} = i \sum_{i=1}^n \frac{N_i}{\eta_i} \omega_i$$

$N_i$  – a hajtómotor teljesítménye

$\eta_i$  – a hajtómotor hatásfoka

$i$  – a gépcsoport egyidejűségi tényezője

$\omega_i$  – a gép terhelése

Meleg felületek hőleadása:

$$Q_F = \alpha F (t_f - t_b)$$

$F$  – a hőleadó felület

$\alpha$  – a hőátadási tényező

$t_f$  – a meleg felület közepes hőmérséklete

$t_b$  – a belső hőmérséklet

A párolgó vízfelület hőleadása:

$$Q_{\text{víz}} = \dot{m}_{\text{víz}} h_{\text{víz}}$$

Téli hőveszteség:

$$Q_{tr} = \left[ \sum_{i=1}^n F_i k_i (t_b - t_k) \right] (1 + p_{\delta})$$

$F_i$  – a lehűlő felület

$k_i$  – a határoló szerkezet hőátviteli tényezője

$t_b$  – a belső hőmérséklet

$t_k$  – a külső hőmérséklet

$p_{\delta}$  – a pótléktényezők összege

Nyári hőnyereség:

$$Q_{tr} = \sum_{i=1}^n F_i k_i (t_k - t_b)$$

Ha napsugárzás éri a tároló szerkezetet, akkor annak felületén a külső léghőmérsékletnél lényegesen magasabb hőmérséklet alakul ki. Ez igen sok tényezőtől függ.

A beáramló hő összege:

$$Q_{\delta} = Q_E + Q_V + Q_{gép} + Q_F + Q_{\text{víz}} + Q_{tr} + Q_{naps}$$

### **Nedvességleadás**

Emberek nedvességleadása:

$$V_E = n \cdot v_E$$

$n$  – a személyek száma

$v_E$  – egy fő nedvességleadása

A szabad vízfelületeken elpárolgott víz:

$$V_F = F \cdot \beta (p_v - p_l)$$

$\beta$  – párolgási tényező

$F$  – a párolgó vízfelület

$p_v$  – a víz hőfokán lévő telített gőz nyomása

$p_l$  – a levegőben lévő vízgőz parciális nyomása

A klimatizált tér összes nedvességterhelése:

$$V_{\dot{O}} = V_E + V_F$$

### **A szellőzőlevegő állapotának megválasztása**

$$L\Delta h_l = L(h_t - h_s) = Q_{\dot{O}} \rightarrow L = \frac{Q_{\dot{O}}}{\Delta h_l}$$

$$L\Delta x_l = L(x_t - x_s) = V_{\dot{O}} \rightarrow L = \frac{V_{\dot{O}}}{\Delta x_l}$$

$$\frac{Q_{\dot{O}}}{V_{\dot{O}}} = \frac{L\Delta h_l}{L\Delta x_l}$$

$L$  – a szellőzőlevegő tömegárama

$h_t$  – a távozó levegő entalpiája

$h_s$  – a szellőzőlevegő entalpiája

$x_t$  – a távozó levegő nedvességtartalma

$x_s$  – a szellőzőlevegő nedvességtartalma

$$L = \frac{K}{K_t - K_s} = \frac{K}{\Delta K}$$

$K$  – a helyiségben képződő szennyezőanyag tömegárama

$K_t$  – a szennyezőanyag megengedett maximális koncentrációja a távozó levegőben

$K_s$  – a szellőzőlevegőben lévő szennyezőanyag koncentrációja

A víz és a levegő állapotváltozásának menetére felírható:

$$\frac{Q}{m_v} = \frac{\Delta h_l}{\Delta x_l} = \frac{h - h_f}{x - x_f}$$

$Q$  – az átadott hőmennyiség

$m_v$  – az elpárolgott vízmennyiség

$h$  – a levegő entalpiája

$x$  – a levegő nedvességtartalma

$h_f$  – a folyadék entalpiája

$x_f$  – a folyadék nedvességtartalma

## 15. SZAKIRODALOM

1. **SZABÓ Gábor (1991):** Műszaki hőtan és energiagazdálkodás. *Főiskolai jegyzet, Szeged.*
2. **SZABÓ Gábor (1991):**Műszaki hőtan és energiagazdálkodás (*Feladatok és esettanulmányok az élelmiszeripari-mérnöki gyakorlatból*) *Főiskolai jegyzet, Szeged.*
3. **SZABÓ Gábor (1997):** Hűtve- és fagyasztva gyártás, tárolás. *Főiskolai jegyzet, SZÉF- Szeged.*
4. Beke, J., Vas, A., **SZABÓ, G. (1994):** Hőtechnika a mezőgazdasági és az élelmiszeripari gépészetben. *AGROINFORM Kiadó, Budapest, pp.336.*
5. **Beke, J. (2000):** Műszaki hőtan mérnököknek. *Mezőgazdasági szaktudás Kiadó. Budapest, pp. 541.*
6. **Csúry, I. (1991):** Hűtés- és klimatizálás I. *Főiskolai jegyzet. SZÉF-Szeged. pp. 286.* Hűtés- és klimatizálás II. *Főiskolai jegyzet. SZÉF-Szeged. pp. 237.*
7. **Bihari, P. (1999):** Műszaki termodinamika
8. **Gróf, Gy. (1999):** Hőközlés