

*Kemény György: Munkalapok hűtőberendezések tervezéséhez*

## Előszó:



Magamról néhány szóban csak annyit, hogy jelenleg a 72. évemet taposom, és ebből 53 évet töltöttem a hűtéssel kapcsolatos kérdésekkel. 18 évesen kezdtem technikusként, egy nagy tervező irodában, annak hűtéstechnológiai osztályán. Itt lettem segédtervező, majd tervező, később un. irányító tervező. Az itt eltöltött 20 év után, váltottam egy hűtőberendezéseket gyártó céghez főkonstruktori majd főmérnöki, később igazgatói beosztásban. Ez kilenc évig tartott. Utána egy fővállalkozó cég műszaki igazgatójaként a hűtőházak építésével, szerelésével foglalkoztam. 2001-ben alapítottam egy saját tervező céget, ipari hűtő és klímaberendezések tervezésére.

A cím szerinti kiadvány elkészítéséhez az a tapasztalatom vezetett, hogy az 1989-es rendszerváltás után néhány éven belül elsorvadtak a nagy komplex tervező irodák, és így az egyetemekről kikerülő fiataloknak nagyon nehézé vált tervezési tapasztalatokat szerezni. (hűtésről szólva). A kis cégek ugyanis nehezen engedhetik meg maguknak, hogy a tanuló időszakot finanszírozzák, vagy kockáztassák az esetleges tervezési hibából származó károkat, és a fiatalok az egyetemen sem kapnak elegendő alapot a tervezéshez, mint folyamathoz. Pedig véleményem szerint az ország építés egyik legfontosabb és legszebb szerepköre a tervezés. Természetesen ezt szakszerűen, a lehető legmagasabb színvonalon kell végezni, az új ismeretek folyamatos tanulmányozásával, és felhasználásával, ugyanakkor gyorsan, viszonylag rövid határidőkkel. Ehhez nyújthatnak segítséget a tapasztalataimat összefoglaló munkalapok, hiszen meggyorsítják a tervezési munka manuális részét, ezzel több időt biztosítva a feladat alapos átgondolásához, és a szakmai továbbképzéshez. Remélem, ezek segítségével lesznek a következő tervező generációnak, és remélem lesznek, akik ezt továbbfejlesztik, és nem hal ki a magyar hűtős tervező mérnökség. Hangsúlyozom tehát, hogy nem tankönyvről van szó, hanem a szakirányú egyetemi képzésen átesett mérnökök tervezési munkájához használható segédanyagról!

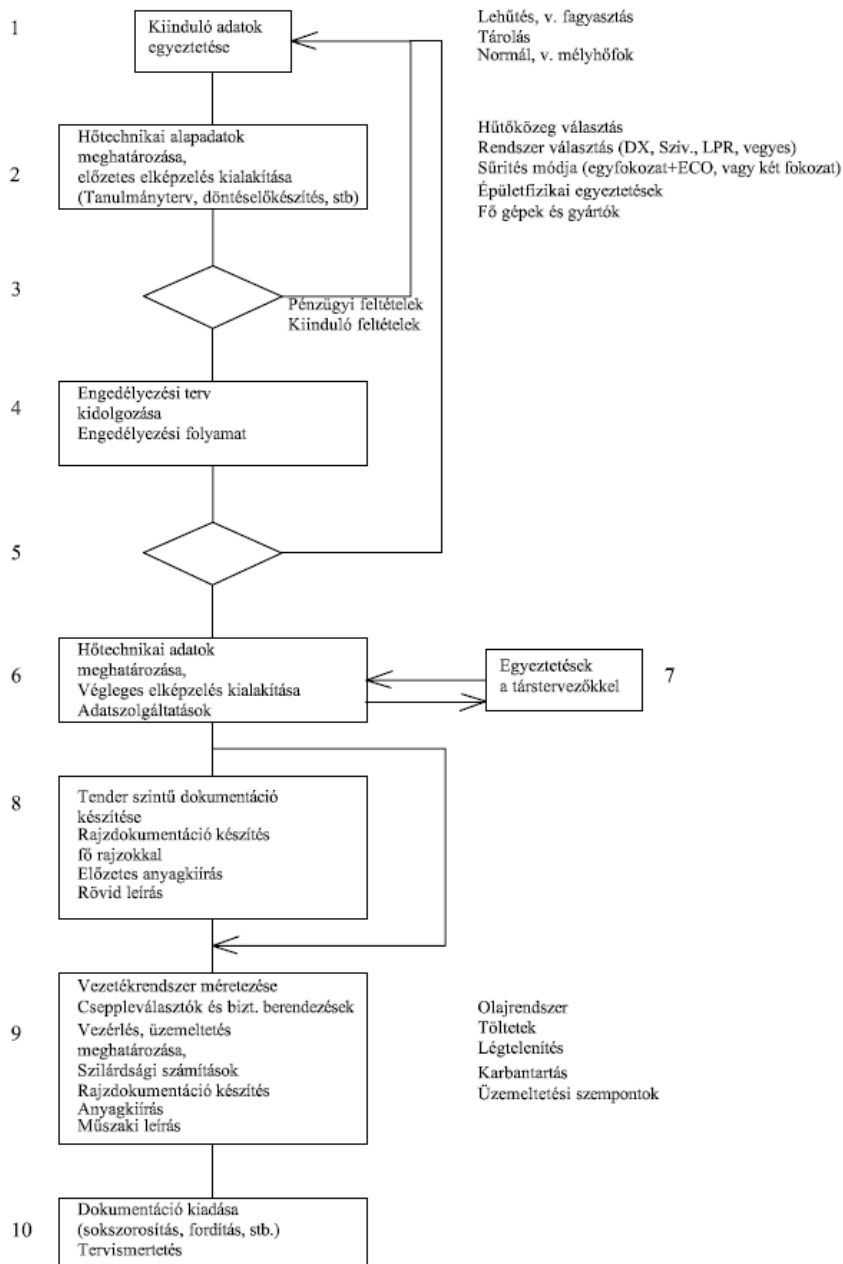
kelt 2015-11-22

Kemény György

(A címlapon néhány általam tervezett létesítmény szerepel, és azok a híres emberek, akik minden mérnöknek példaképei, és valahol elődei).

## A tervezési folyamat:

A tervezés folyamatát 10 lépésben foglaltam össze. A megfogalmazás természetesen hűtés tervezésre vonatkozik, de általában hasonló a folyamat minden tervezésnél, legyen az valamilyen technológia, vagy építség, stb. A jelen korban Magyarországon ritka az a nagy beruházás, ahol a teljes folyamat így lezajlik. Általában a feladat megáll un. „tender” szinten, (8. pont), majd megtörténik a kivitelező kiválasztása. A további tervezés (kiviteli tervek) elkészítése gyakran a választott generál kivitelező kezében van. Kisebb létesítményeknél ezt sokszor el is hagyják, aminek persze egy későbbi karbantartási feladatnál, vagy egyéb problémánál meg lehet a hátránya.



A további fejezeteket igyekszem a folyamatábrához kapcsolva felsorakoztatni.

**Az 1. pont, a kiinduló feladat tisztázása** a legfontosabb kérdés, amit a Megrendelővel egyeztetni kell. Ennek nem kellő alaposágú elvégzése számtalan vita és kár forrása lehet. Ezt azért állítom teljes határozottsággal, mert igazságszolgálati műszaki szakértőként is tevékenykedem, ahol sok ilyen vitában kellett a bírósági döntést támogatnom. Nem véletlen az sem, hogy a 3. és 5. pontnál jelöltem egy-egy visszacsatolást ehhez a ponthoz, mert a Megrendelői igények változhatnak az előterv alapján készült költségbecslés alapján, vagy az engedélyező hatóság előírásai szerint. A tervdokumentációnak **feltétlenül rögzíteni kell** ezeket az egyeztetett adatokat annak érdekében, hogy a tervezett berendezés megfelelősége alá legyen támasztva!

## 2. pont

- a) A rendszer és a hűtőközeg választása erősen függ a feladat nagyságától. Az épületfizikai egyeztetések (határoló felületek anyagai, méretei, épületszerkezet, árnyékolás, stb.) után és a kiinduló feladat adatai alapján el kell végezni egy hűtésigény számítást. Ehhez nyújt segítséget az **01. számú „hűtésigény” nevű munkalap**. Ez egy Microsoft Excel alapú számoló tábla, a szükséges Visuál Basic és makró kiegészítésekkel, alapvetően az élelmiszeripari hűtési igényeire kidolgozva. Természetesen egyéb hűtendő anyagra is alkalmazható, csak ez esetben az anyag lehűtésnek hűtésigényét külön kell meghatározni, és az 1. számú munkalap eredmény lapján az áruhűtés és légzési hő adatokat ez szerint módosítani kell. Lehetőség van arra is, hogy a termék kiválasztása után a „Termék” oszlopban megjelenő fahő és dermedéshő adatokat ideiglenesen átírjuk, és így a szoftver elvégzi a számítást. A munkalap első oldala az adatbevitelhez van megformálva. Itt kiválaszthatjuk a hűtendő terméket, megadhatjuk a hűtött tér méreteit, a határoló felület adatait, stb. A határoló felületeket jelző gombokra kattintva kiválaszthatjuk a különböző falszerkezeteket. Itt az „Egyéb” gombot választva egyedi anyag hővezetési tényezőjét adhatjuk meg. Ügyeljünk arra, hogy az elválasztás tizedes pont legyen, különben hibajelentést kapunk! Összetett rétegrendet a program nem tud számolni. Ilyen esetben az összetett rétegrend egyenértékű hővezetési tényezőjét illetve az ehhez tartozó rétegvastagságot külön számítással kell meghatározni a következő összefüggéssel:  
$$(\sum \partial/\lambda) * 0,023 = D$$
, ahol D az összetett rétegrend hővezetésével egyenértékű poliuretán szigetelés vastagsága (m), a  $(\sum \partial/\lambda)$  az egyes rétegek vastagságának és hővezetési tényezőjének hányadosa, összesítve (m<sup>2</sup>\*K/W).

Ha a hűtési feladat meghatározásánál a „fagyasztás” esetet választjuk, akkor megnyílik egy segédablak a várható lehűtési idő meghatározásához. A munkalap itt az elsősorban a húsfélék hűtésénél/ fagyasztásánál használt „Newton” és „Plank” névvel fémjelzett formulákat használja. A formulák megtalálhatók például a „Húsiipari kézikönyv”-ben. (Mezőgazdasági Kiadó, 1973). A lehűtési idő számítását óvatosan kell kezelni, mert a lehűtést a légsebesség és húsvastagság mellett számtalan egyéb tényező is befolyásolja, kezdve a takarmányozástól a vágás, ill. bontás módjáig, ezért a kapott adatokat iránymutatásként értelmezve, ki kell egészíteni tapasztalati adatokkal is.

A termékforgalomnál megadhatunk konkrét mennyiséget kg/nap mértékegységgel, vagy %-os napi forgalmat. A % értéknél szoftver a helyiség térfogata és a termék elvi „betárolási sűrűsége” alapján számol. Itt a betárolási sűrűséget a tényleges tárolási mód szerint ellenőrizni kell, vagy a konkrét mennyiséggel kell számolni.

Az adatok bevitele után a „Számol/újraszámol” gombra kattintva megkapjuk a hűtésigényt részletezve és összesítve, valamint a futásidőre átszámítva. Mivel itt még a léghűtők kiválasztása még nem történt meg, a kiválasztás után a „Ventilláció”-ra előzetesen kiszámolt értéket vissza kell ellenőrizni.

- b) A hűtőtéljesítmény igény(ek) ismeretében meghatározhatjuk az alkalmazni kívánt hűtőrendszert és a hűtőközeget. Ezekhez a döntésekhez nem tudunk pontos algoritmust rendelni. Iránymutatásul elmondható, hogy elsősorban kisüzemeknél kb. 500 kW nagyságrend alatt általában a freon hűtőközegek adnak gazdaságos megoldást. Kisüzemnek nevezhető például, egy húsüzem 5~12 hűtött térrel, vagy egy zöldség-gyümölcs tároló/feldolgozó. Tranzit raktáraknál, és szupermarketeknél előnyös lehet a széndioxid közeg alkalmazása. 500 kW felett már általában előnyös lehet az ammónia hűtőközeg alkalmazása. Energetikai szempont segítheti a döntést, ha kiszámoljuk a villamos energia igényt különböző közegeknél. Itt döntő tényező a hűtőkompresszorok villamos teljesítmény felvétele, de teljes körű számításnál az egyéb fogyasztókat (léghűtő ventillátorok, kondenzátor ventillátorok, ammónia és egyéb szivattyúk, stb.) is figyelembe kell venni. Ehhez nyújt segítséget a **12. sz. munkalap** ami a „**segédletek**” file név alatt található meg. A munkalapon a sárga háttérű mezőket kell kitölteni, a villamos igény számítását különböző rendszerekre a szoftver elvégzi. Mintaként néhány sor ki van töltve, ezek természetesen törölendők, illetve felülírhatók. Egyébként általában érvényes minden munkalapra, hogy a sárga háttérű mezők szolgálnak adatbevitellel!

További szempont a hűtőközegetől függő engedélyezési procedúra. A freon közegeknél mindenképpen ide tartozik a környezetvédelmi hatóság bevonása, és a rendszeres szivárgás ellenőrzések, és a töltetpótlások jelentése, amit az üzemeltetőnek mindenképpen vállalnia kell.

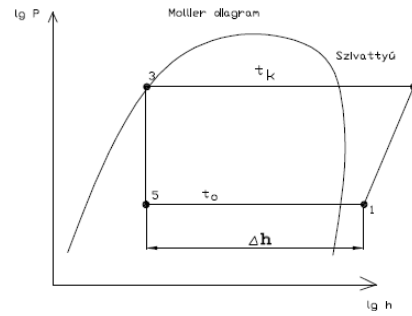
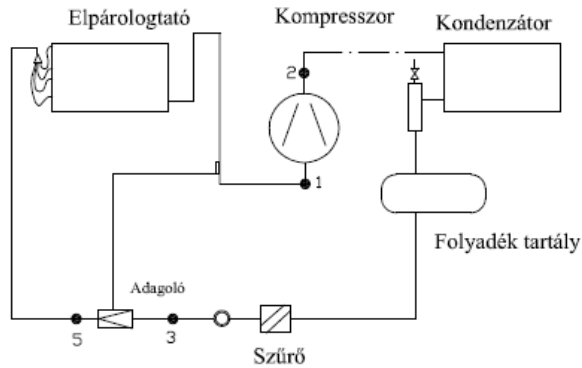
Ammónia hűtőközeg esetén a berendezés létesítését és üzembe helyezését a „Területi Műszaki Biztonsági Felügyelettel” engedélyeztetni kell. Az engedélyezéshez tartozik a katasztrófa védelem állásfoglalása is. 1000 kg hűtőközeg felett a telepítés helyszínétől függően már katasztrófa védelmi tervet is igényelhetnek.

Az engedélyezési dokumentáció elkészítéséhez nyújt segítséget a **11. sz. munkalap** ami a „**segédletek**” file név alatt található meg.

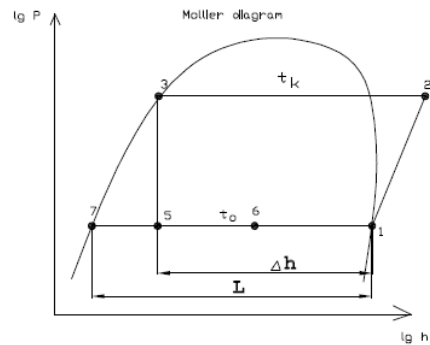
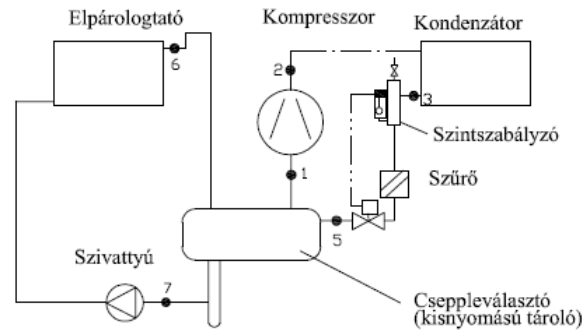
A munkalapon a sárga háttérű mezőket kell kitölteni, a besorolást a szoftver a hivatkozott szabványnak megfelelően elvégzi. Mintaként néhány sor ki van töltve, ezek természetesen törölendők, illetve felülírhatók. A kitöltött táblázat kimásolható, és így a hatósági engedélyezési eljárásban felhasználható.

- c) Felépítését tekintve a hűtőközegetől függetlenül kialakítható direkt expanzióval (DX) működő rendszer, vagy szivattyús rendszer, vagy az LPR rendszer. (A definíció a léghűtők folyadék ellátásának módjára vonatkozik.) Általában kisméretű freonos rendszerekre a DX rendszer használatos. Nagyobb, főleg ammóniás rendszereknél és a széndioxidos rendszereknél használjuk a szivattyús rendszert. Az LPR rendszer valahol a kettő között van, és sok előnye ellenére ritkán alkalmazzák, ezért részletesebben is ismertetem.

**A DX rendszer elvi sémája és folyamatábrája:**



**A szivattyús rendszer elvi sémája és folyamatábrája:**



A szivattyús rendszereknél lényeges pont a csepplévasztó méreteinek meghatározása. A gőztér keresztmetszete a hűtőközeg gőz térfogatárama alapján méretezhető. A megengedett sebesség biztonságos értéke ~0,3 m/s. Fekvő elrendezésnél ez az L/H viszony szerint növekszik, ahol L a gőz útja a belépéstől a kilépésig, és H a gőztér magassága a legmagasabb folyadék felszínig. A folyadék tér keresztmetszete illetve térfogata az elpárolgató és a visszatérő szívócső folyadék töltetétől függ. Ennek meghatározásához, és a fekvő tartály térfogatának számításához segít az **1. számú munkalap** ami a „**segédletek**” file név alatt található meg. A munkalapon a sárga háttérű mezőket kell kitölteni, a számítást a szoftver elvégzi. Mintaként néhány sor ki van töltve, ezek természetesen törölendők, illetve felülírhatók.

Az elpárolgató folyadék tartalmát a „Slipcevicz féle” összefüggéssel állapíthatjuk meg:  $\Delta V = V_{\text{elpár}} * (1 - 1 / (1,2 * n^{0,2}))$ , ahol „n” az. un. cirkulációs szám. Szokásos értéke ammóniás rendszereknél 3~5 között, CO2 rendszereknél 1,5~2,5 között.

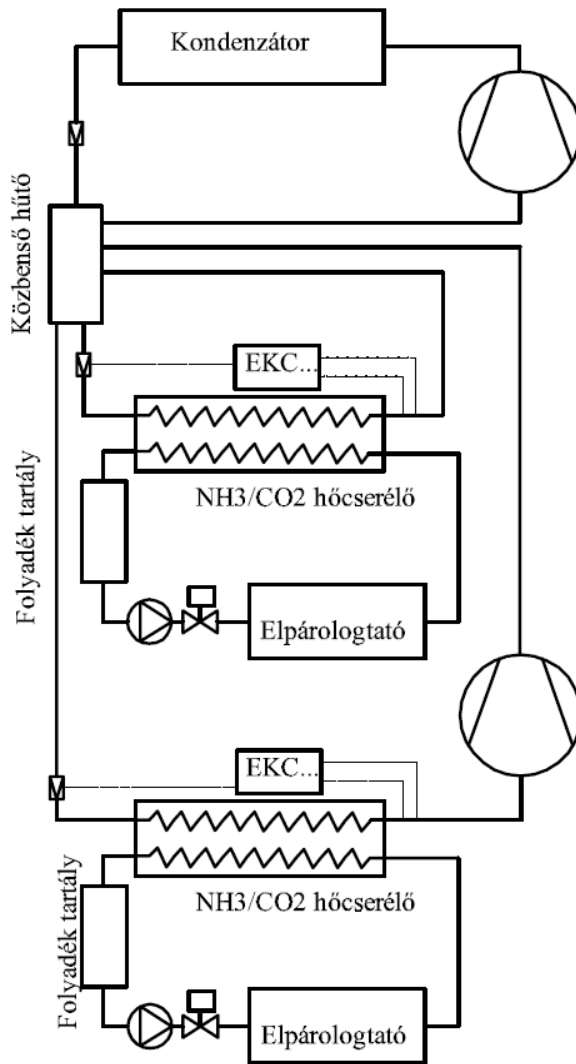
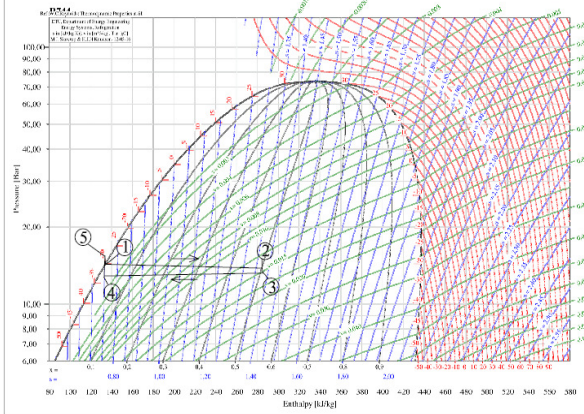
A visszatérő vezeték folyadék tartalmát is a „Slipcevicz féle” összefüggéssel állapíthatjuk meg:  $\Delta V = V_{\text{cső}} * (1 - 1 / n^{0,2})$ .

Az előremenő folyadék vezeték folyadék tartalma egyezik a térfogatával, töltetváltozás itt nincs, de a csepplévasztó tartály méreténél az esetleges leürítés esetére figyelembe kell lenni.

Amikor a CO2 közvetítő közegként üzemel, akkor csepplévasztó funkció nincs, a gőzteret erre méretezni nem kell.

Az alábbi példa egy ammóniás hűtőrendszer elvi sémája, ahol a hűtési helyekre a széndioxidot szivattyúval juttatjuk az elpárolgatókba, így az ammónia csak a gépházban fordul elő, alacsony töltettel.

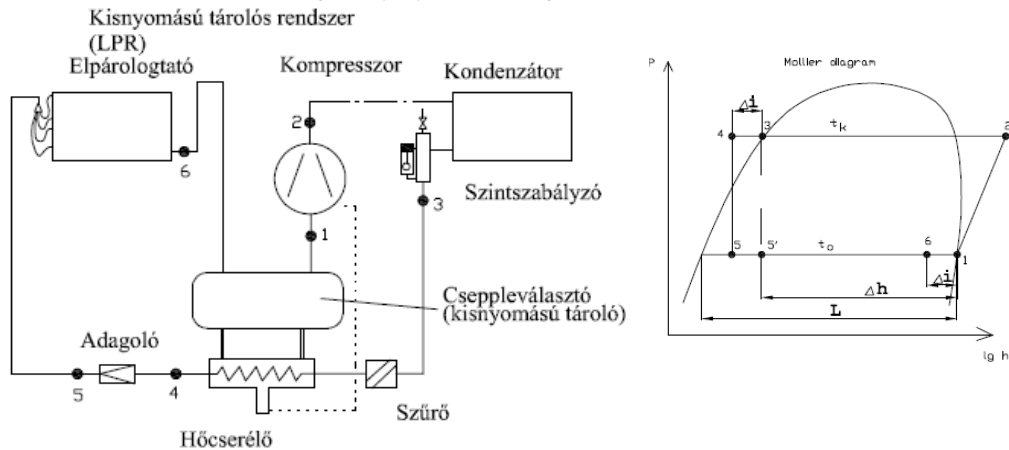
## A CO2 állapotváltozása:



Bár a kétfázisú áramlásra kidolgozott –fent említett- „Slipcevicz féle” összefüggések levezetésük alapján hűtőközegetől függetlenül érvényesek, széndioxid hűtőközegetnél vannak olyan tapasztalatok, hogy a folyadék töltet 15~20 %-kal nagyobb. Ennek oka a széndioxid jelentősebb sűrűsége, illetve más a folyadék és gőzfázis sűrűségének

aránya, és az ebből adódó eltérő áramlási kép lehet. Az áramlási kép a **02. számú „FlowMap” nevű munkalap** segítségével vizsgálható. A munkalap a közeg adatai alapján kiszámítja az áramlási képre jellemző „Frounde” hasonlósági számokat, és megjelöli a kialakuló áramlási képet vízszintes és függőleges csőben. Vízszintes csőben például ammónia esetében többnyire a rétegzett hullámos áramlási kép adódik, míg széndioxidnál inkább a gyűrűs áramlás. A **02. számú munkalap** a Shell DEP 31.22.05.11 munkája, az interneten megtalálható. ([http://excelcalculations.blogspot.hu/2012\\_02\\_01\\_archive.html](http://excelcalculations.blogspot.hu/2012_02_01_archive.html))

**Az LPR rendszer elvi sémája és folyamatábrája:**



Mint látható, ennél a rendszernél a kompresszor előtt egy megfelelően méretezett csepplévasztót telepítünk, és nagynyomású folyadékot egy hőcserélőben erőteljesen után hűtjük. A hőcserélő kisnyomású oldalán a csepplévasztóhoz csatlakozik. Fontos jellemzője a kapcsolásnak, hogy a kondenzátor oldalán nincs folyadék tárolás, minden folyadék a csepplévasztóban tárolódik. Kondenzátor oldalán csak egy folyadék zárat, azaz egy szintszabályzást alkalmazunk. Fentiekből következően az adagolás egyszerű (tehát nem termosztatikus) szabályzó szeleppel történik. A kapcsolás működési módjának követéséhez fontos meghatározni az ábrán  $\Delta i$ -vel jelölt entalpia különbséget. Ez a hőcserélő üzemi viszonyai alapján határozható meg, az alábbi összefüggésből:

$$\Delta i = c_p \cdot (t_k - t_o) \cdot (1 - e^{-k \cdot F / c_p \cdot M})$$

ahol:

- $c_p$  a folyadék állapotú hűtőközeg fajhője      kJ/kg °C
- $t_k$  a kondenzációs hőmérséklet      °C
- $t_o$  az elpárolgási hőmérséklet      °C
- $k$  a hőátadási tényező      kW/m<sup>2</sup> °C
- $F$  a hőcserélő felülete      m<sup>2</sup>
- $M$  a tömegáram      kg/sec

A tömegáram  $M = Q_o / \Delta h$

Ahol:

- $Q_o$  a hűtőteljesítmény      kW
- $\Delta h$  az entalpia különbség az elpárolgatóon      kJ/kg

A hőcserélő teljesítménye  $Q_h = \Delta i \cdot M$

A hőcserélő kisnyomású oldalán elpárolgó hűtőközeg mennyiség  $= Q_h/L$ , ahol L a hűtőközeg párolgáshője (kJ/kg)

Fajlagos gőztartalom a léghűtő kilépésénél, azaz az ábra 6. sz. pontjánál  $= (1 - \Delta i/L)$

A hőcserélő láthatóan egy ún. belső hőcserét valósít meg, tehát a 3 és 4, illetve az 1 és 6 számú pontok közötti entalpia különbség azonos.

Az elpárolgató túltöltése egyenlő a kilépési ponton mért gőztartalom reciprokával.

(A túltöltés rokon fogalma a szivattyús rendszereknél használt cirkulációs számnak)

A hőcserélő kiválasztásánál ügyelni kell arra, hogy az adagoló szelep után a gőztartalom ne legyen túl alacsony, mert ez folyadék elosztási gondokat okozhat. Ez a probléma csavarkompresszorral megvalósított mély hőmérsékletű rendszereknél erősebben jelentkezik akkor, ha ún. economisert alkalmazunk (mint általában), és az eco utáni folyadék hőmérséklet az elpárolgási hőmérséklethez túl közel van.

Az elpárolgató folyadék tartalmát az ismert „Slipcevicz féle” összefüggéssel határozhatjuk meg:  $\Delta V = V_{\text{elpár}} \cdot (1 - 1/(1,2 \cdot n^{0,2}))$ , ahol „n” a már említett túltöltés.

Az elérhető túltöltés ammóniánál 10~15 % azaz  $n=1,1 \sim 1,15$ , míg freon közegeknél lényegesen magasabb,  $n=1,5 \sim 2$  közötti érték is elérhető

A túltöltés szerepe:

1. a léghűtők hatékonyságát növeli,
2. a terhelés változások „követése”
3. összetett rendszerek besabályozása

Egy adott léghűtő jó működéséhez elegendő ha a kilépés éppen a telítési pontnál van (azaz  $n=1$ ).

A körfolyamatban ténylegesen megvalósított tömegáram  $n=1$  feletti része szolgál tartalékul a besabályozási pontatlanságok „lefedésére”, akkor ha a rendszerben több párhuzamosan kötött elpárolgató van. A freon közegeknél elérhető nagyobb túltöltés tehát könnyebb besabályozást tesz lehetővé.

Az eddigiekből már nyilvánvaló, hogy az LPR rendszernél is szükség van a kondenzátor nyomás szabályzására, de nincs szükség az ún. leszívásos leállásra, sőt az újraindításnál hátrányt jelent.

Visszatérve a bevezetésben említett előnyökre, azokat a következők szerint értelmeztem:

1. Alacsony hűtőközeg töltet, és a kisnyomáson tárolt töltet kisebb veszélyessége elsősorban az ammónia szivattyús rendszerekkel szemben jelentkezik, ugyanakkor megmarad a szivattyús rendszereknek az az előnye, hogy a cseppeválasztó elhelyezési kötöttségek nélkül telepíthető.
2. A kompresszor folyadékütéssel szembeni teljes biztonsága minden hűtőközegnél előny.
3. Az elpárolgató kisebb hőfokkülönbséggel való üzemeltetése olyan esetekben előnyös, ahol a termék súlyvesztése, száradása kerülendő.

4. Egyszerű leolvasztási lehetőség a körfolyamat megfordításával elsősorban kisméretű kevés elpárologtatót tartalmazó rendszernél előnyös, főleg légkondenzátoros alkalmazásoknál.
5. Olajgyűjtés és visszavezetés hatékonyabb lehetősége az ammóniás rendszerekkel szemben jelent fokozott előnyt.
6. Gazdasági előnyt jelenthet a rendszer alacsony megvalósítási költsége, természetesen nagyságtól és hűtőközegetől függően.

Az LPR rendszert elsőként S.F.Person ismertette Angliában a Hűtéstechnikai Intézetnél és a Tengerészeti Mérnöki Intézetnél 1996 ban.

- d) A teremhőmérséklet igény alapján könnyen eldönthető, hogy a sűrítés módja egy vagy két fokozatú legyen. Itt a hűtőközeg ismeretében el kell dönteni azt is, hogy a mélyhőmérsékletű tereket kétfokozatú kompresszióval, vagy egyfokozatú economiser rendszerrel szolgáljuk ki. Kisebb, freonos rendszereknél egyszerűbb a helyzet kétfokozatú kompresszor és közbenső hűtés alkalmazásával. Nagyobb méreteknél az egyfokozatú economiseres rendszer előnyösebb lehet, különösen zárt eco hőcserélővel, mert kevesebb a nyomástartó edény, és egyszerűbb a folyadékellátás szabályozása.
- e) A felsorolt lépésekkel párhuzamosan - a Megrendelővel egyeztetve, ha igényli- eldönthető a főbb gépek gyártója és a gépek típusa.

### 3. pont

Ehhez munkalap nem tartozik, ebben a pontban az eddigi tervezés alapján lehetőséget ad(hat)unk a Megrendelőnek - ha igényli- a tervezési folyamat figyelemmel kísérésére, és esetleges adatmódosításra.

### 4. pont

Ahogy már a hűtőközeg megválasztás kapcsán előfordult, az engedélyezési dokumentáció elkészítéséhez nyújt segítséget a **11. sz. munkalap** ami a „segédletek” file név alatt található meg.

A munkalapon a sárga háttérű mezőket kell kitölteni, a besorolást a szoftver a hivatkozott szabványnak megfelelően elvégzi. Mintaként néhány sor ki van töltve, ezek természetesen törölendők.

Ez a munkalap a „Területi Műszaki Biztonsági Felügyelet”-hez benyújtandó dokumentációhoz ad segítséget.

Az engedélyezési tervnek ezen felül minimum tartalmaznia kell egy rövid műszaki leírást a hűtőberendezés fő jellemzőivel, az alkalmazni kívánt hűtőközeg megjelölésével, az egyes nyomástartó edények funkcióinak ismertetését, továbbá egy áttekintő tervet a hűtőberendezés fő elemeinek elrendezésével. Ezen kívül meg kell adni a kültéren elhelyezett egységek zajsztintjét, a villamos és víz igényt.

### 5. pont

Ehhez munkalap nem tartozik, ebben a pontban az építési engedély követelményei, alapján azaz a hatósági észrevételek alapján a Megrendelővel egyeztetve sor kerül az esetleges adatmódosításra.

## 6. és 7. pont

Ebben a pontban az elképzelést véglegesítjük a társtervezőkkel egyeztetve. Megadjuk a villamos tervezőnek a hűtőrendszer részegységeinek villamos energia igényét, részletezve, és ezek várható egyidejűségét, a statikus tervezőnek megadjuk a hűtőrendszer részegységeinek tömegét és alátámasztási/felfüggesztési pontjait az épületszerkezet tervezéséhez az építész tervezőnek a hűtőrendszer részegységeinek megfelelő elhelyezéséhez szükséges adatokat, helyigényt, és az épületgépész tervezőnek a víz és szellőztetés igényét. A gépház vész-szellőztetés igényéhez az **1. számú munkalap** ad segítséget, a hűtőközeg töltet ismeretében. A csövek, csőkötegek tömegéből származó statikai adatokhoz a **2. és az 5. számú munkalap** ad adatokat. Az **5. számú munkalap** segít a csövek, csőkötegek alátámasztási távolságának meghatározásában, és ennek az épületszerkezettel való összehangolásában. Rézcsövek esetében erre a **15. számú munkalap** használható.

## 8. és 9. pont

Ezekben a pontokban a végleges tervezői elképzelés dokumentációja készül. A terveket olyan mélységben kell elkészítenünk, hogy akik (szakkivitelezők, szakellenőrök) kézbe veszik, pontosan értsék a tervezői elképzelést, és alkalmazni tudják az abban foglalt információkat. Természetesen dokumentálni kell a tervezés – Megrendelővel egyeztetett- kiinduló adatait, és a társtervezők felé megadott adatokat is. A 8. és 9. pontot azért szerepeltetem együtt, mert előfordul, hogy a tender fázis kimarad, vagy a kiviteli fázis elmarad.

- a) A csővezeték szilárdsági/geometriai méretezéséhez a **2., 3., 4. és az 5. számú munkalap** ad segítséget. A csőméretek meghatározásához, az adott teljesítményhez való kiválasztásához ajánlom a Danfoss cég CoolSelector szoftverét, ami ebben a témakörben a legjobbnak mondható, és a Danfoss.com honlapról letölthető. (<http://refrigerationandairconditioning.danfoss.com/support-center/apps-and-software/coolselector/>). A hűtőközegek adatait, körfolyamatok adatait, stb. legjobban a <http://refrigeration-utilities.software.informer.com/> linkről letölthető szoftverrel érhetjük el, amit a Department of Energy Engineering, Technical University of Denmark publikált. Korábban, az 1970-es években, amikor még PC-nek, laptopnak híre sem volt, elkészítettem különböző nomogramokat a számítások megkönnyítésére, többek között a csőméretek kiválasztásához. Ezeket mellékeltem, arra az esetre, ha PC nincs kéznél, vagy a laptop éppen lemerült.
- b) A **6. számú munkalap** ad segítséget akkor, ha például TÜV engedélyeztetésnél részletes csőszilárdsági méretezést kell dokumentálni.
- c) A **7. számú munkalap** a cső belső oldalán elérhető hőátadási tényező (W/m<sup>2</sup>,K) kiszámítását szolgálja, különböző csőben áramló közvetítő közeg esetére. A gyakran használt közvetítő közegek adatainak táblázata ki van töltve, de további adatok is beírhatók, (12 sorig), vagy a beírtak módosíthatók.
- d) A **8. számú munkalap** a cső belső oldalán elérhető hőátadási tényező (W/m<sup>2</sup>,K) kiszámítását szolgálja, a belső oldalon áramló, és elpárolgó ammónia közeg esetére. Például direkt hűtésű jégpályáknál lehet hasznos.

- e) Ugyancsak jégpályáknál lehet hasznos a **9. számú munkalap**. Ennek segítségével kidolgozhatjuk a megfelelő rétegvastagságokat, kiválasztva a csövezés anyagát és a csőosztást, és a szükséges hűtőközeg hőmérsékletet. A pálya hő terhelésére iránymutatást is ad a táblázat. Fedett, nyáron is használni kívánt pályáknál pontosan tisztázni kell a különleges hatásokat, például lesz-e TV közvetítés (nagy teljesítményű világítás), vagy a szellőző rendszer milyen légszárítást biztosít, lesz-e palánk, stb.
- f) A **10. számú munkalap** kéttámaszú tartók méretezését segíti. Ez az egyes berendezések alátámasztásánál, vagy egyéb szerkezetek tervezésénél lehet hasznos, mert az esetek többsége ezzel kezelhető. Bonyolultabb acélszerkezetek tervezéséhez keressünk statikus kollégát.
- g) A **13. számú munkalap** közvetett hűtésű rendszereknél segít az áramlási ellenállás meghatározásában, a keringtető szivattyú kiválasztásában. A közvetítő közeg fizikai jellemzőit ugyan abból a táblázatból veszi, mint a **7. számú munkalap**.
- h) A **14. számú munkalap** tartóoszlopok méretezését segíti. A méretezés a nyomóerő hatására létrejövő kihajlás esetét (csuklós felső csatlakozási pont), és nyomatékkel kombinált igénybevétel esetét is megkönnyíti. Tartalmaz a munkalap 5 un. típus megoldást, de lehetőség van ezektől eltérő oszlopok méretezésére is.
- i) A **15. számú munkalap** rézcsövek súly és alátámasztási adatait adja meg, hasonlóan az acélcövekre vonatkozó 5. munkalappal.
- j) A **16. számú munkalap** a nyomástartó edények lefúvató szelepeihez, a szelep kiválasztáshoz használható. Egyébként ilyen menüpontot a Danfoss „Coolselector” is tartalmaz.
- k) A **17. számú munkalap** segítségével az ammónia cseppek esési sebességét tanulmányozhatjuk, ami csepplévasztók méretezéséhez lehet hasznos.
- l) A **18. számú munkalap** segítségével a hűtött terekhez szükséges nyomáskiegyenlítő szelepek kiválasztásához ad segítséget. A nyomáskiegyenlítők sikerrel akadályozhatják meg, hogy egy zárt hűtőkamrában a lehülésből következő nyomáscsökkenés kárt okozzon az épületben. (leggyakoribb a mennyezet beomlása).
- m) A **21. számú munkalap** ami a „segédletek2” file név alatt található meg az egyes konstrukciós részletek kidolgozásánál segít, megadva a különböző ammónia karima és a közvetítő közegeknél használt lapos karimák méreteit.
- n) A **22. számú munkalap** ami a „segédletek2” file név alatt található, különböző, gyakran használt tartóprofilok és zártszelvények méreteit és inercia adatait tartalmazza, egyszerűbb tartószerkezetek tervezésénél ad segítséget.
- o) A **23. számú munkalap** ami a „segédletek2” file név alatt található, ívek, edény és csőfenék méretek, szelepméretek, készülékpata méretek forrása lehet, konstrukciós részletrajzok, kétvonalas csőtervek, stb. készítését segítve.
- p) A **24. számú munkalap** ami a „segédletek2” file név alatt található, csőmegfogások szigetelt és csupasz csőhöz, fix és csúszó megfogások kialakítására ad megoldást,

jellemzően poliuretán csőhéjjal szigetelt vezetékhez. 100 mm névleges átmérő alatt a HILTI szigetelt bilincsek is használhatók.

- q) **A 25. számú munkalap** a csővezeték hőszigeteléséhez ad segítséget a környezet hőmérsékletét és páratartalmát is figyelembe véve, poliuretán, Armaflex vagy Kaiflex szigetelő anyagokkal.

Az egyes munkalapokat röviden videó filmek segítségével is bemutatom, ezek a mellékletben megtalálhatók.

2015-11-22

Kemény György  
[kemeny.gy@t-online.hu](mailto:kemeny.gy@t-online.hu)

#### **A mellékletekhez:**

A csőméretek meghatározásához a 9/a pontban említett és alant mellékelt nomogramok a következő összefüggéseken alapulnak:

1.  $G = Q_0 / q_{\text{oveszm}} / v''$  (kg/sec)
2. vagy  $G = Q_0 / \Delta h$ , és  $V = G v$  (m<sup>3</sup>/sec)
3.  $F = V / w$  (m<sup>2</sup>)
4.  $F = d^2 \times \pi / 4$  (m<sup>2</sup>)

Ahol:

$q_{\text{oveszm}}$  volumetrikus hűtőteljesítmény (kJ/m<sup>3</sup>)  
 $v''$  a gőz fajtérfogata, (m<sup>3</sup>/kg)  
 $Q_0$  a hűtőteljesítmény (kW)  
 $\Delta h$  a hőtartalom változás az ide tartozó elpárologtatókban (kJ/kg)  
 $V$  a térfogatáram (m<sup>3</sup>/sec )  
 $v$  az áramló közeg fajtérfogata (m<sup>3</sup>/kg)  
 $w$  a közeg áramlási sebessége (m/sec)  
 $F$  az áramlási keresztmetszet (m<sup>2</sup>)  
 $d$  belső átmérő (m)

Ha az 1-től 3-ig számozott összefüggéseket összevonjuk:

**$F = Q_0 \times v / q_{\text{oveszm}} / v'' / w$  összefüggésre jutunk**

A hűtőközeg fizikai jellemzőit tartalmazó tagokat összevonva egy A jelű változóba, mely függ a közegtől, ill. az üzemi paramétereiktől (üzemi hőmérsékletektől), az összefüggés a következő formát kapja:

**$F = Q_0 \times A / w$ , ill. átrendezve  $F \times w = Q_0 \times A$**

**Mindkét oldal logaritmusát képezve:  $\lg(F)+\lg(w)=\lg(Q_0)+\lg(A)$**

Mint látható, logaritmus alakban egyenes-seres nomogram szerkeszthető, ami azért lényeges, mert ez a szerkesztés és leolvasás pontosságát előnyösen befolyásolja.

**A szokásos sebességek:**

Megnevezés	Áramlási sebesség (m/s)	Megjegyzés
Szívóvezeték (száraz)	10~20	Nyomásesés ~1 K
Szívóvezeték (szivattyús)	10~12	Nyomásesés ~1 K, -40-nél max 2 K
Nyomó vezeték (kompresszortól-)	12~25	
Folyadék vezeték (kondenzátortól-)	<0,6	
Folyadék vezeték (tartálytól-adagolóig)	0,5~1,25	Nyomásesés vagy más miatt párolgás nem lehet
Folyadék vezeték (szivattyús nyomócső)	1~1,5	
Gőzsebesség álló folyadékleválasztóban	0,2~0,6	A kiválasztásnál egyéb szempontokat (pl. töltetmozgások) is figyelembe kell venni!

„Freonos” nomogramok szerkezete lényegében azonos, de:

- Itt elmarad a folyadékleválasztó kiválasztásra vonatkozó rész
- Elmarad az alsófokozati nyomócső méretezés

**A szokásos sebességek:**

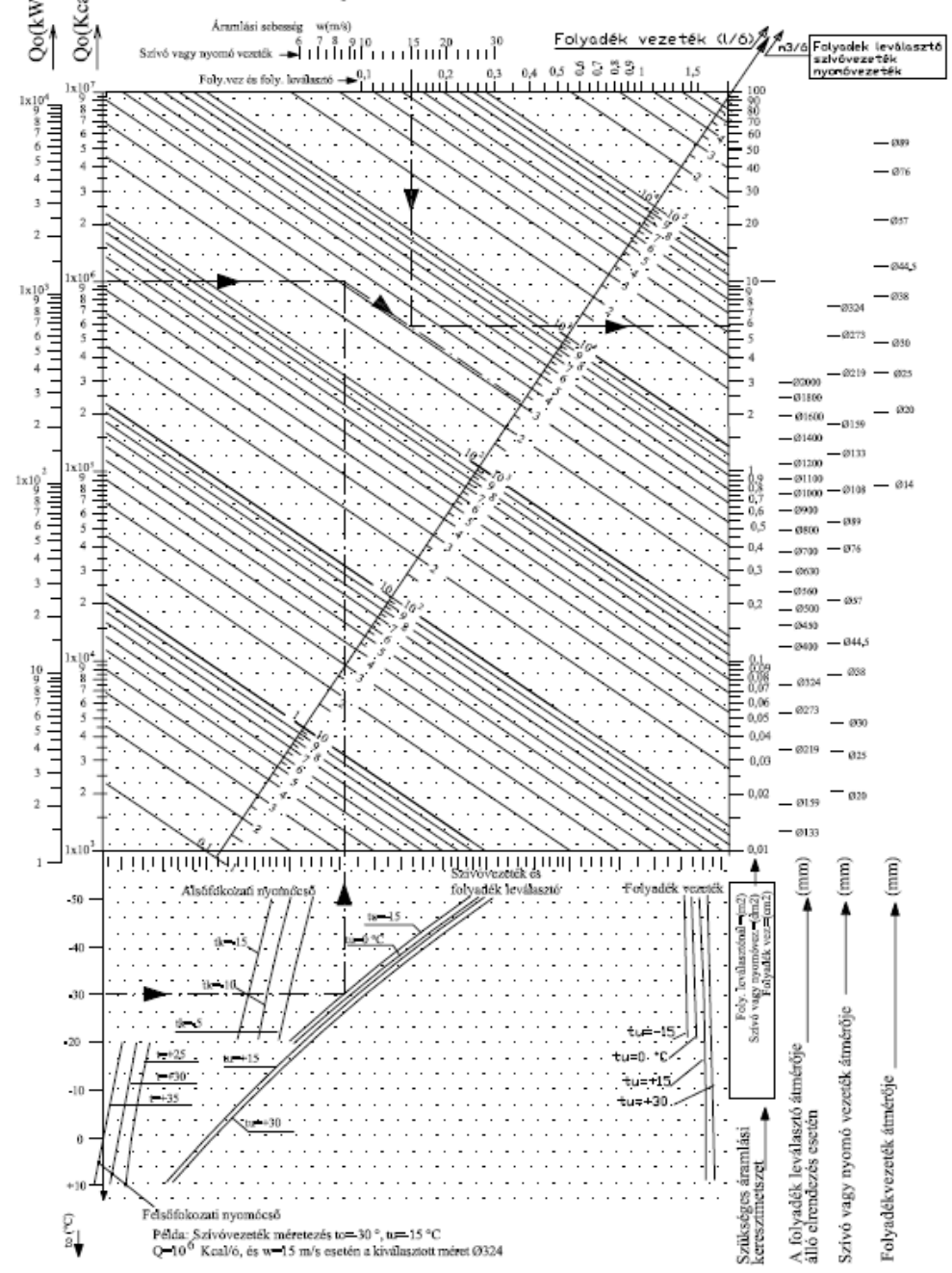
Megnevezés	Áramlási sebesség (m/s)	Megjegyzés
Szívóvezeték (száraz)	10~20	Nyomásesés ~1 K
Nyomó vezeték (kompresszortól-)	12~25	
Folyadék vezeték (kondenzátortól-)	<0,6	
Folyadék vezeték (tartálytól-adagolóig)	0,5~1,5	Nyomásesés vagy más miatt párolgás nem lehet

**Változó terhelésnél ügyelni kell az olajforgalomra a sebesség megválasztásánál!**

# 1. sz. nomogram

## Csővezeték és folyadékleválasztó méretezés

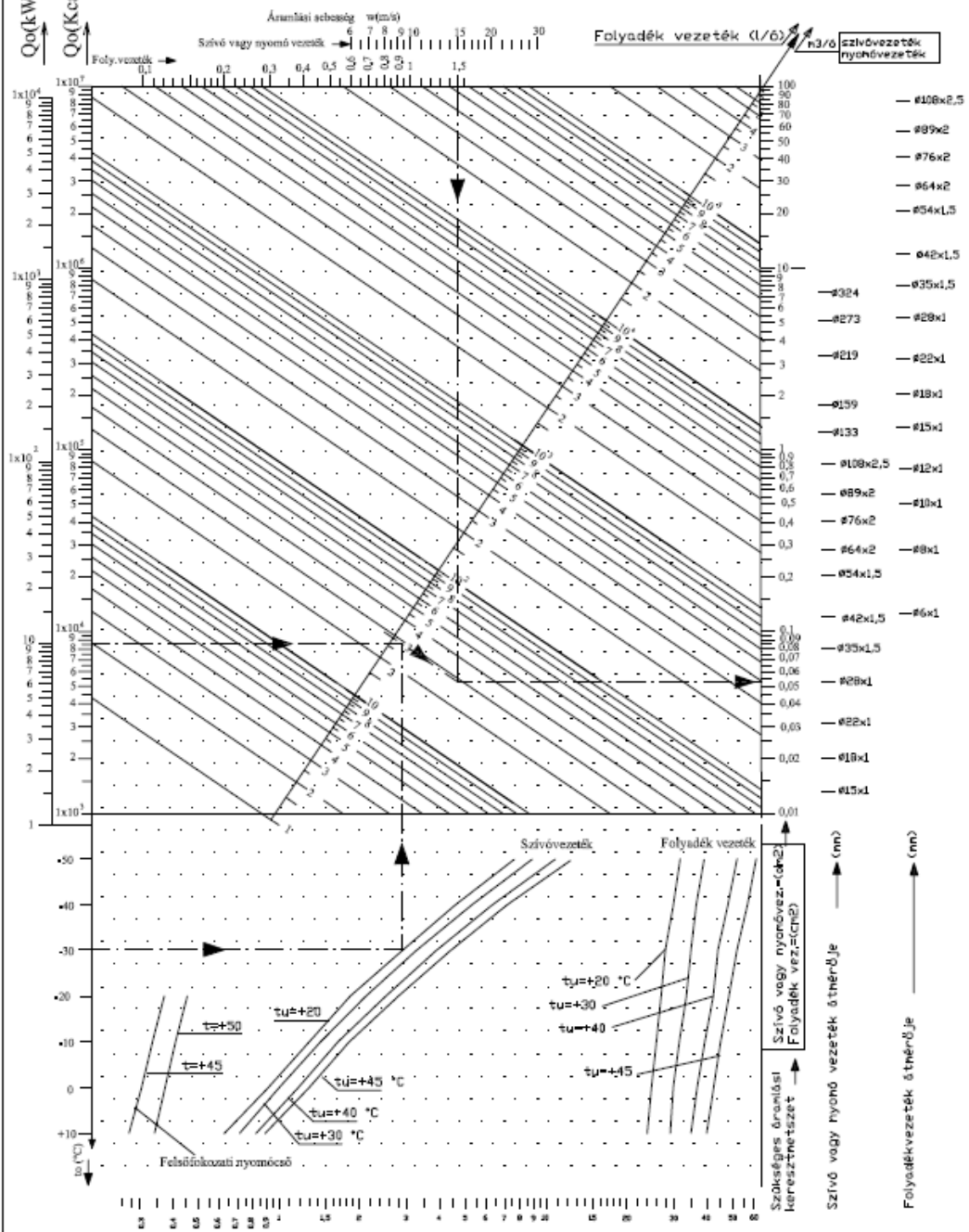
R717



Made by. Kemény György 1975

## 2. sz. nomogram Csővezeték méretezés

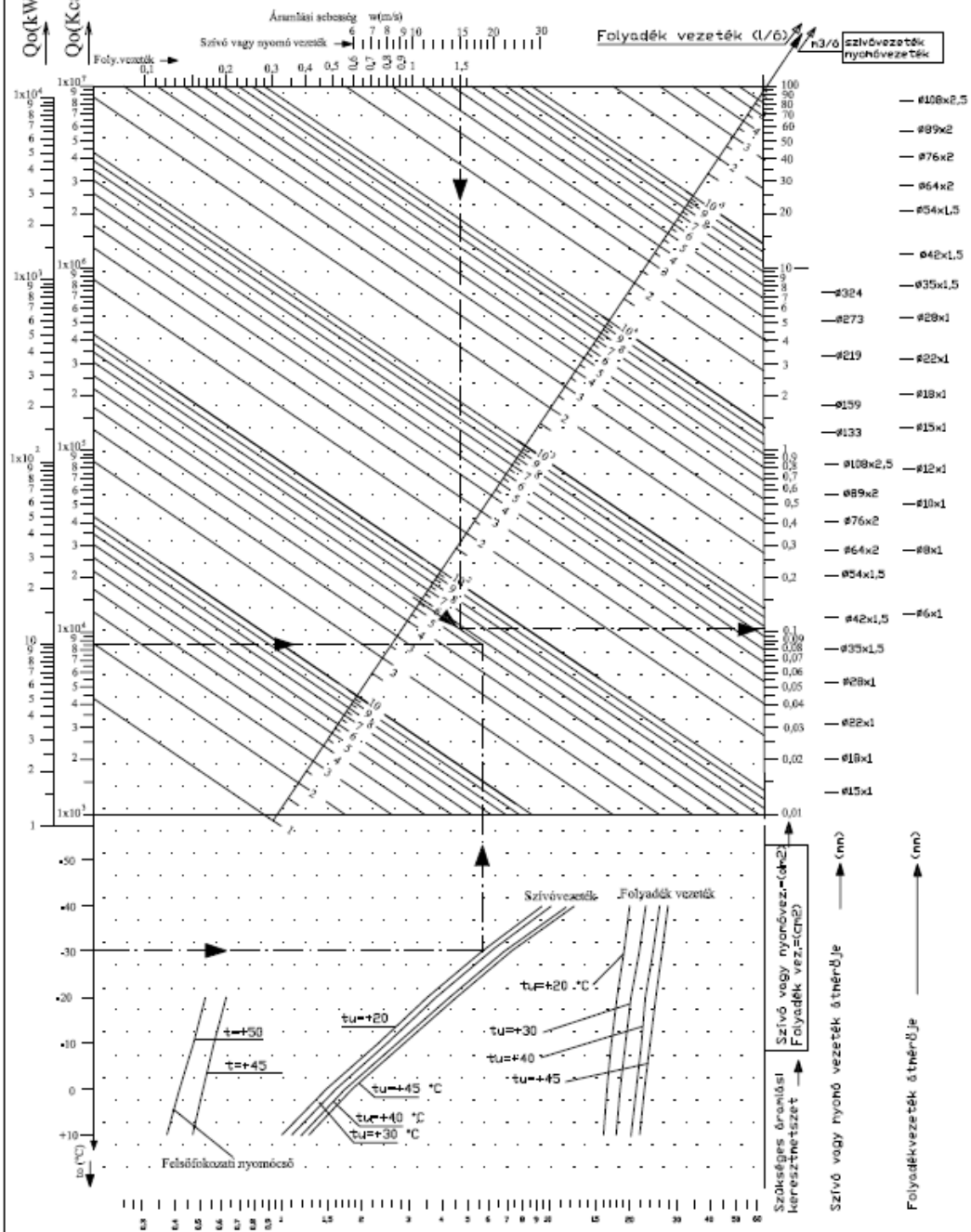
R404a



Made by. Kemény György 1975

### 3. sz. nomogram Csővezeték méretezés

R134a



Példa: Szívóvezeték méretezés  $t_o = -30$  °C,  $t_u = +20$  °C  
 $Q = 10$  kW, és  $w = 15$  m/s esetén a kiválasztott néret #42x1,5

Made by: Kemény György 1975