

MISKOLCI EGYETEM



GÉPÉSZMÉRNÖKI ÉS INFORMATIKAI KAR

VEGYIPARI GÉPEK TANSZÉKE

Hőátadás demonstrációs labor számítógépes modellezése TDK

Készítette: Lengyel Lilla

Vegyipari gépészeti szakirány

Tanszéki konzulens: Venczel Gábor

Miskolc 2014

Tartalomjegyzék:

1. Bevezetés.....	1
2. Introduction	2
3. A gőz	3
3.1. Fűtés hő-közvetítő közeggel	3
3.2. Mi re használják a gőzt a műszaki gyakorlatban?.....	4
4. Hőcserélők elméleti alapjai.	5
4.1 . Hőátviteli módok	5
4.1.1 Hővezetés – Kondukción.....	5
4.1.2 Hőáramlás - Konvekcion.....	8
4.1.3 Hősugárzás - Radiáción.....	9
4.2.. Hőcserélők áttekintése	10
4.3 A hőcserélők alapegyenletei.	11
4.4. A közepes hőmérséklet-különbség.....	13
4.5 A csőköteges hőcserélők alkalmazási típusai.	14
5. A kutatás tárgyát képező gőzfal bemutatása.....	16
5.1 A gőz előállítás és előszabályozása.....	17
5.2. A gőzosztón.....	22
5.3 Az első és második hőcserélő.	23
5.4. A hűtővíz kör	25
6. Az UniSim™ Design program ismertetése	26
6.1 Az UniSim™ Design program és felhasználási lehetőségei.	26
6.2 Az UniSim™ Design dinamikus része.	26
6.3 Az UniSim™ Design dinamikus és stacioner felületének összehasonlítása.....	27
6.4 Az ipar elvárásai egy dinamikus szimulációs programmal szemben.....	27
7. A gőzfal modellje Un iSim™ Design ban.....	29
7.1. A modell megalkotása.....	29
7.2. A modell.....	31
7.3. A modellből származó eredmények	31
8. A gőzfal mérési eredményei	34
8.1. A modellből származó eredmények és a mért eredmények összevetése	36
9. Összefoglalás	37
10. Irodalomjegyzék	38
11. Képek és Diagramok jegyzéke	39
Mellékletek	41

1. Bevezetés

A vízgőz fűtőenergiájának hasznosítási technológiájával a Vegyipari Gépek Tanszékén hallgatott órák keretében ismerkedtem meg. Nagyon megtetszett, hogy a víz elforralásával keletkező gőz néhány technológiai folyamaton keresztül milyen sokoldalúan hasznosítható technológiai anyaggá válik.

A laborban eltöltött idő alatt alaposan tanulmányoztam a nemrégiben megépített gőzfalat, ami a Vegyipari Gépek Tanszékének legújabb fejlesztései közé tartozik. Láthattam élőben a már órán említett berendezéseket. A tanszék hőátadási laborja nagyon jó példa, hiszen az igazi vegyipari gyárak is ilyen berendezésekkel rendelkeznek, csak a méretek valamivel nagyobbak.

A dolgozatom nagy előrelépés a Tanszék számára is, hiszen a gőzfalnak korábban semmilyen dokumentációja nem volt. A P&I diagram és a számítógépes matematikai modell is először a TDK dolgozatomban jelenik meg.

A dolgozatomban a technológia bemutatását szeretném tárgyalni, valamint a folyamatot szeretném modellezni. A modellezést első körben Uni Sim Design szoftverrel fogom bemutatni. Ennek keretében ismertetem a mérés menetét és a szoftvert.

A számítógépes modell alátámasztására méréseket is fogok végezni, majd a kapott eredményeket összehasonlítom és értékelem.

2. Introduction

I have got to know the topic dealing with the exploitation technology of the steam's heating energy during my lessons at Department of Chemical Machinery.

The process of creating steam from water through several technical processes and using this new technical material differently was extremely interesting for me.

During my time spent in laboratory I have dedicated the newly built steamwall, which belongs to the new developments of Department of Chemical Machinery.

I could experience and follow the processes in reality. The heatgiving laboratory is a good example for the imagination of daily activity in vegyipari factories; only the machines are a little bit bigger.

My Diplom essay is a huge step forward for my institute, because there haven't been any documentation of the mentioned steamwall. The P&I diagramm and the used mathematical model accured for the first time in my Diplom.

I would like to show the technology and built up a model for the process. The model will be made with Uni Sim Design softer. Of course I will introduce the measuring method and the softer, too.

To proof the relevance of the model I will take measures, what's more compare and analyse the outcoming results

3. A gőz

A Gőz légnemű agyag, amely megfelelő kompresszió hatására cseppfolyóssá válik. A telített gőzről akkor beszélünk, ha a gőz keletkezésének pillanatában a folyadék fázis is jelen van. Ha ezt a gőzt elvezetjük, és tovább melegítjük akkor túlhevített gőzzé válik. A telített gőzt a nyomásával tudjuk jellemezni. A nyomás emelésével a hőmérséklet is nő. Atmoszférikus nyomáson 100 °C a hőmérséklete. Ahhoz hogy a vizet elforraljuk szükséges a párolgás hővel megegyező hőt átadni. A nyomás növelésével a rejtett hő nagysága csökken, a tenzió hőmérséklet növekszik.

3.1 Fűtés hő-közvetítő közeggel

A vegyipar legfontosabb hő-közvetítő közege (fűtőközege) a vízgőz. A vízgőz (vagy egyszerűen a gőz) főbb előnyei a következők:

- a kondenzálódó gőznek kedvezően nagy az α hőátadási együtthatója;
- a fűtőfelület mentén közel egyenletes a kívánt hőmérséklet;
- igen nagy párolgáshő, ill. kondenzációs hő ($r=2260$ kJ/kg 1 bar gőznyomáson);
- egyszerű nyomásszabályozás (és ennek révén hőmérséklet-beállítás);
- viszonylag kis mennyiségű kondenzátum;
- a korrózióveszély igen csekély;
- olcsó.

Az üzemekben általában különböző nyomású gőzvezeték-hálózatokat építenek ki: például egy kisnyomásút (1,5...3 bar, azaz 110... 135 °C) és egy középnyomásút (15...20 bar, azaz 200...215 °C). A víz is jelentős, mint hő-közvetítő közeg. Egyrészt mint meleg víz (melegítésre), másrészt mint hűtővíz vagy hideg víz. Nagyobb hőmérsékleteken nem előnyös a nagynyomású gőz használata (nagyobb falvastagságú cső kell stb.), e tartományokban a szerves hő-közvetítők, a só-olvadékok és a folyékony fémek alkalmasabbak.

A hideg közvetítőközegek elsősorban a vizes sóoldatok (sólevek). A hő-közvetítő közeggel szemben támasztott főbb követelmények a következők:

- kis gőznyomás;
- jó hőátadási együttható (kis viszkozitás, jó hővezető képesség, nagy fajlagos hőkapacitás);
- kedvező alsó és felső hőmérséklet határ, azaz széles használhatósági hőmérséklet-tartomány;
- csekély korrózióveszély
- hőmérsékletstabilitás
- nagy lobbanás- és gyulladáspont
- tárolhatóság
- regenerálhatóság

3.2 Mi re használják a gőzt a műszaki gyakorlatban?

Gőzturbinák

A gőzturbina általában túlhevített vízgőz hőenergiáját mechanikai energiává alakítja át. Egy tipikus gőzturbinában a nagynyomású és nagy hőmérsékletű gőzt fűvókákön átvezetve felgyorsítják.

Hőcserélők

Ezek a szerkezetek felületi hőcserélők, ami azt jelenti, hogy a közegek nem érintkeznek egymással közvetlenül. Általában folytonos üzemben működnek. Résztvevő közegek szerint lehet folyadék-folyadék, gőz-gőz, folyadék gőz. A szerkezetben a gőz legtöbbször a fűtőközeg szerepét tölti be. Melegebb közeg entalpiájának egy meghatározott részét nála hidegebb közegnek átadhatja. E hő-átvitel célszerű berendezése a hőcserélő.

(Dr. Fábry Görgy: Vegyipari Gépészek kézikönyve 1987 alapján)

4. Hőcserélők elméleti alapjai:

A vegyiparban a melegítés, hűtés, forralás, kondenzáció stb. lépten-nyomon előfordul. Ezek mind a hő-felvétellel, ill. hő-leadással, azaz általában hő- átvittel kapcsolt folyamatok. Azokat a vegyipari készülékeket, amelyekben egyes közegek felmelegítését vagy lehűtését hajtjuk végre: hőcserélőknek nevezzük. Ez a hő-átvitel lehet időben állandó: stacionárius vagy időben változó: instacionárius. Ez utóbbira példa egy készülék és a benne tárolt folyadék felfűtése. A hő terjedésének három esete van, éspedig a hővezetés, a hő-szállítás (avagy konvekció) és a hősugárzás.

4.1 Hőátviteli módok:

4.1.1, Hővezetés – Kondukción

Hővezetés során a hő valamely anyagban a melegebb helyről a hidegebb felé úgy terjed, anyagáramlás nem jön létre; vagyis az anyagban a molekulák,. atomok rendezett mozgást nem végeznek, hanem rendezetlen hőmozgásuk energiájának egy részét ütközések útján adják át a szomszédos részecskéknak.

Furrier-törvény

Ha egy fal hét oldala párhuzamos, homogén, és kiterjedése szempontjából olyan méretű, hogy a hőáramlás csak a falra merőlegesen jöhet létre, akkor állandósult állapotban az átáramló hőmennyiség arányos a hőmérséklet gradiennsel:

egyenesen arányos:

- hőmérsékleteséssel (dt)
- idővel (τ)
- hő terjedésére merőleges keresztmetszettel (F)
- hővezetési tényezővel (λ)

fordítottan arányos:

- falfelületek távolságával (dx)

$$Q = -\lambda * F * \frac{dt}{dx} * d\tau \tag{1}$$

A hőmérsékletváltozás lineáris. Ha a fal egyik oldalán a hőmérséklet megváltozik, akkor a hőmérséklet eloszlás addig változik, amíg a másik oldalon is megváltozik a hőmérséklet, ismét beáll a stacioner állapot.

A hővezetési tényező egy arányossági tényező a test hővezető képességére jellemző szám, skaláris mennyiség. A hővezetési tényező tehát megadja az izotermikus felületre merőleges 1 m vastagságú réteg, 1 m² felületén egységnyi idő alatt, 1 K hőmérséklet különbség hatására, vezetéssel átáramlott hőmennyiséget.

$$\lambda \left(\frac{\text{W}}{\text{mK}} \right) = \frac{Q}{A \cdot \text{grad } t \cdot \tau} \quad (2)$$

Termodinamika I. főtétele: $dQ = dU + dW$ (rendszerrel közölt energia = belső energia növekedés + rendszer által végzett munka)

Termodinamika II. főtétele: A hő mindig a magasabb hőmérsékletű hely felől áramlik az alacsonyabb hőmérsékletű hely felé.

Ez a felhalmozott hőmennyiség felírható a fajhő segítségével is, az elemi kockára vetítve. A fajhő egy anyagi jellemző, fizikai mennyiség, ami megmutatja, az egységnyi tömegű anyag 1°C-kal való felmelegítéséhez szükséges hőmennyiséget.

$$c = \frac{1}{m} \cdot \frac{dQ}{dt} \text{ mértékegysége: } \left[\frac{J}{kg \cdot ^\circ C} \right] \quad (3)$$

A $\frac{dt}{d\tau} \rightarrow \frac{\partial t}{\partial \tau}$ határátmenetet figyelembe véve a fentebbi egyenletek alapján:

$$c \cdot \rho \cdot dx \cdot dy \cdot dz \cdot \left(\frac{\delta t}{\delta \tau} \right)_x = \lambda_h \cdot \frac{\delta^2 t}{\delta x^2} \cdot dx \cdot dy \cdot dz \quad (4)$$

A 4. egyenletet rendezve megkapjuk a hővezetés differenciálegyenletét egydimenziós esetre (5. összefüggés):

$$\left(\frac{\delta t}{\delta \tau}\right)_x = \frac{\lambda_h}{c \cdot \rho} * \frac{\delta^2 t}{\delta x^2} \quad (5)$$

Háromdimenziós esetre (6. összefüggés):

$$\left(\frac{\partial t}{\partial \tau}\right) = \frac{\lambda_n}{c \cdot \rho} \left(\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2}\right) \quad (6)$$

Ha ismert a kezdeti feltétel, továbbá a határfeltétel, akkor meghatározhatjuk a hőmérséklet eloszlást bármely későbbi időpillanatban.

Egyrétegű homogén fal állandósult állapotú hővezetése a 7-es összefüggéssel írható fel:

$$\left(\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2}\right) \quad (7)$$

Ha alapul veszünk egy homogén falat, akkor a fal hővezetési tényezője λ . A fal hőmérséklete a fal egyik oldalán állandó t_2 , a fal másik oldalán állandó t_1 . A hőmérséklet z tengelyre merőlegesen változik. A falon belül a fal felületétől x távolságban kiválasztott dx vastagságú réteg esetén q az egységnyi felületre jutó hőfluxus W/m^2 (8. egyenlet):

$$q = -\lambda \cdot \left(\frac{dt}{dx}\right) \quad (8)$$

A többretegű fal stacioner hővezetése úgy valósul meg, hogy veszünk egy z mélységű kétdimenziós három rétegből álló falat. A rétegek szorosan illeszkednek. Az első réteg vastagsága z_1 , a másodiké z_2 , a harmadiké z_3 . A rétegek hővezetési tényezői legyenek $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$. A rétegek felületeinek hőmérséklete t_1, t_2, t_3, t_4

A stacioner hőáram esetében mivel minden rétegen ugyanaz a hőmennyiség áramlik át, így a következő összefüggések írhatók fel (9. egyenlet):

$$q_n = \frac{A \cdot (t_1 - t_4)}{\frac{z_1}{\lambda_1} + \frac{z_2}{\lambda_2} + \frac{z_3}{\lambda_3}} \quad (9)$$

Egy réteges fal összes ellenállása egyenlő az egyes ellenállások összegével

$$d\dot{Q} = \alpha_x * (t_w - t_f) * dA \quad (11)$$

A hőátadási tényező megadja, hogy 1 m² hőátadó felületen, 1 K hőmérséklet különbség hatására mekkora hőáram alakul ki, illetve mennyi hő adódik át időegység alatt.

A fentebbi törvény bevezetésével a konvekciós hőátadás számítását csak látszólagosan tettük egyszerűvé, mert a problémák összességét az α tényező meghatározásába vittük át.

4.1.3, Hősugárzás - Radiáció

Hősugárzás útján hőenergia juthat egyik testről a másikra anélkül, hogy a testek közti teret anyag töltene ki, vagy az anyagi közeg észrevehetően felmelegedne. A hő a sugárzó test molekuláinak vagy atomjainak hő mozgása következtében kibocsátott különböző hullámhosszú elektromágneses rezgések formájában terjed. Hőtermelés esetén az elemi hasámban a hőmennyiség (12 összefüggés):

$$dQ = A * dV * dt \quad (12)$$

Ahol A az egységnyi térfogatban egységnyi idő alatt termelt hőmennyiség.

A fajhőre vonatkozó ismereteket felhasználva felírható a hőmérséklet változása hőtermelés esetén (13. egyenlet):

$$\left(\frac{\partial t}{\partial \tau}\right) = \frac{A}{c * \rho} \quad (13)$$

Vagyis a hővezetés differenciálegyenlete abban az esetben, ha hőtermelés is van, akkor a 14-es összefüggést adja:

$$\left(\frac{\partial t}{\partial \tau}\right) = \frac{\lambda_h}{c * \rho} \left(\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2}\right) + \frac{A}{c * \rho} \quad (14)$$

A kísérletem elméleti alapjait, valamint matematikai összefüggéseit Dr. Szepesi Gábor: Vegyipari gépek és műveletek órai jegyzete és Tari Csilla: A hőtranszport modellezés elméleti alapjai című munkák alapján készítettem.

(A hőátadásról szóló részt Tari Csilla: A hőtranszport modellezés elméleti alapjai, ppt, :
http://www.gama-geo.hu/kb/okt/geoterm/hotan_alapja_09_22.pdf munkája és Dr. Szepesi
Gábor: Vegyipari gépek és műveletek (órai jegyzet) alapján írtam.)

4.2 hőcserélők áttekintése

A vegyipari gépészetben rendkívül nagy szerepük van, és szinte lépten-nyomon előfordulnak a különböző típusú hőcserélők. Felosztásuk többféle szempont szerint lehetséges, pl. lehetnek közvetlen közeg érintkeztetésű, azaz direkt hőcserélők, ilyen pl. a keverőkondenzátor; közvetett, azaz indirekt hőcserélők, ahol a közegek közvetlenül nem érintkeznek egymással. A közegeket egymástól fal választja el.

A hőcserélők általában folytonos üzemben működnek, azaz rendszerint egyidejűleg mindkét közeget folytonosan vezetik a hőcserélőbe és folytonosan vezetik el. Ha időszakonként eltolva vezetik be hol az egyik, hol a másik közeget egy különlegesen kiképzett berendezés-térre részbe, akkor váltóüzemű hőcserélőkről, azaz regenerátorokról beszélünk. Az egyidejűség itt is megvan, csak hogy periódusonként felcserélődik (változik) az átáramlási szakasz. Ezeket a regenerátorokat különösen a nagyon nagy és a nagyon kicsi hőmérsékleteken alkalmazzák, tehát pl. az üvegolvasztó kádkemencéknél és a levegő- vagy gázcseppfolyósító berendezésekben.

Beszélhetünk továbbá olyan hőcserélőkről, ahol az egyik vagy mindkét közeg fázisváltozáson megy keresztül. Ilyenek pl. a vízhűtésű vagy léghűtésű kondenzátorok, a levegőhűtő vagy folyadékűtő elpárologtatók, a gőzfűtésű elgőzölögtetők vagy másképpen bepárlók. Csoportosíthatjuk a résztvevő közegeket figyelembe véve folyadék—folyadék, folyadék—gáz és gáz—gáz hőcserélőkről. Különlegesen ritka esetnek számítanak a három-közeges hőcserélők.

A hőcserélők szerkezeti anyaguk szerint is csoportosíthatók, így fém, üveg, műszen, teflon hőcserélőkről beszélhetünk. Végül, de nem utolsósorban, a szerkezet kiviteli módja szerint vannak csöves, csőköteges, lemezes, spirállemezes és bordázott hőcserélők.

Kétségtelen, hogy a leginkább elterjedt és a legfontosabb típus a csőköteges hőcserélő. Fontosságát és elterjedtségét tekintve nem meglepő, hogy az én esetemben is erről a típusról van szó, így a továbbiakban a csőköteges hőcserélőkkel foglalkozunk részletesebben.

4.3 A hőcserélők alapegyenletei

A felületi hőcserélők alapegyenlete:

$$Q = k \times A \times \Delta t, \text{ ahol} \quad (15)$$

- Q az átmenő hőmennyiség, $W = J/s$;
- k a hő-átviteli együttható, $W/(m^2 \times K)$;
- A a hőcserélő felülete, m^2 ;
- Δt a közepes hőmérséklet-különbség, $^{\circ}C$

A hőcserélőben átfolyó melegebb közeg által leadott hő (gőz kondenzációja):

$$Q = G \cdot r. \quad (16)$$

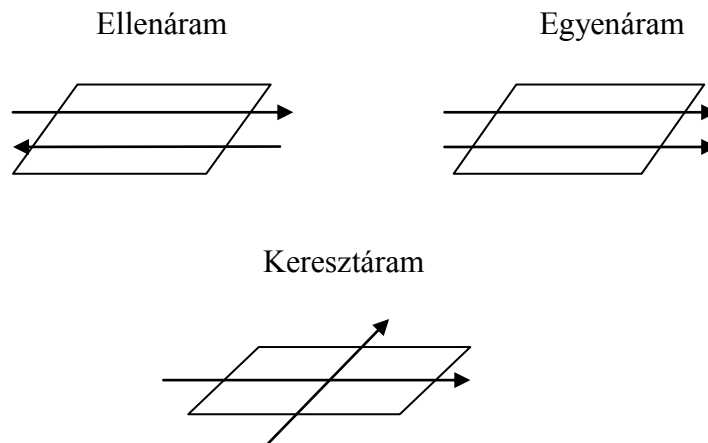
Az átfolyó hidegebb közeg által felvett hő:

$$Q' = G' \cdot c' (t'_1 - t'_2), \quad (17)$$

Az egyenletben a' a felmelegedő hidegebb közeget jelöli;

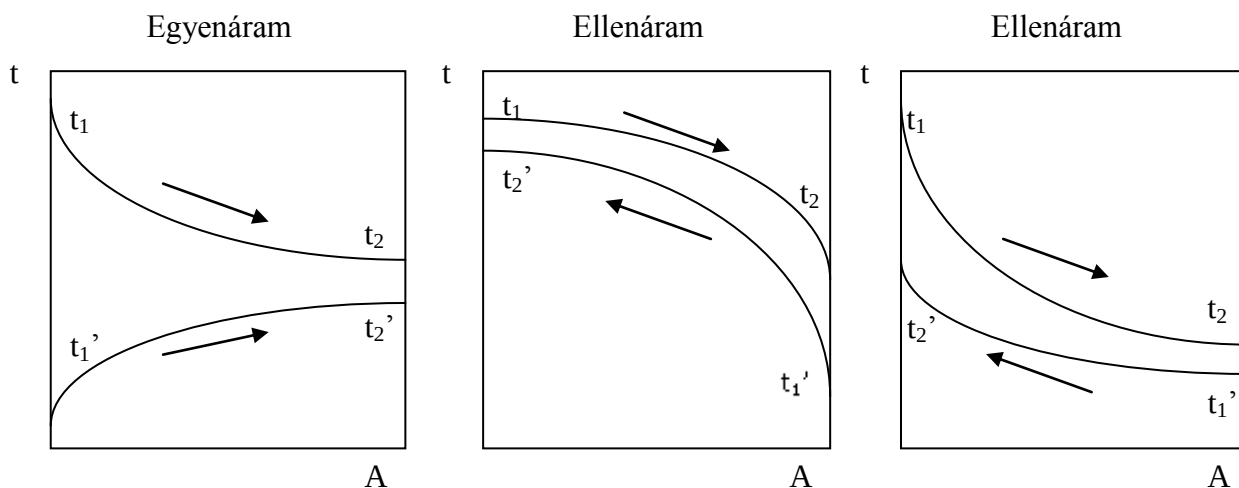
- G az átfolyó közeg, kg/s ;
- r kondenzációs hő (párolgáshő) $J/(kg \times K)$;
- c a közeg fajlagos hőkapacitása, $J/(kg \times K)$;
- t_1 a belépő hőmérséklet, K vagy $^{\circ}C$;
- t_2 a kilépő hőmérséklet, K vagy $^{\circ}C$.

A hőcserélők közegáramai a szerkezet által meghatározott módon alakhatnak ellenáramú, egyenáramú és keresztáramú rendszert ill. ezek valamilyen kombinációját (pl. kereszt-ellenáramú rendszert).



1. ábra A hőcserélők közegáramai

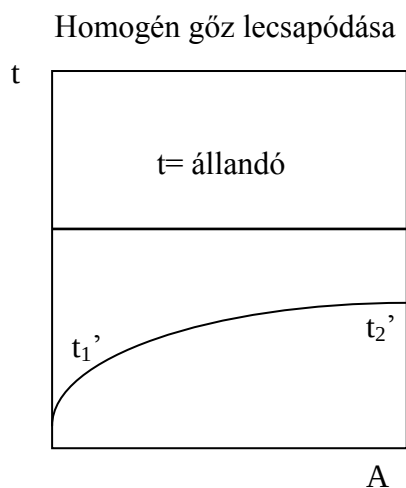
A felületi hőcserélők hőmérséklet-lefutási görbéi a t - A (hőmérséklet—hőcserélő-felület) diagramban szemléltethetők.



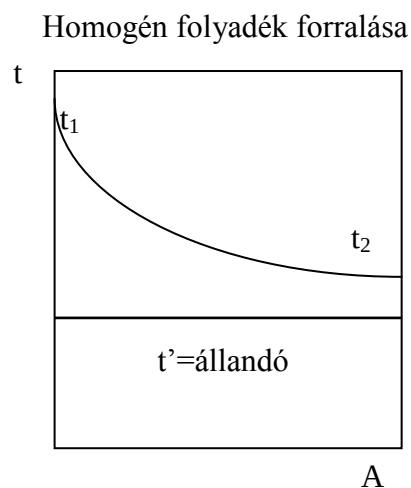
2. ábra A felületi hőcserélők hőmérséklet-lefutási görbéi

Hőátadás közben egyik vagy mindkét közeg halmazállapota megváltozhat. Jól látható, hogy egyenáram esetén a felmelegedő hideg közeg hőmérséklete csak megközelítheti a lehűlő meleg közeg hőmérsékletét, de elérni csak $A = \infty$ esetén tudná.

Az első ábrán látható a homogén gőz lecsapódása t =állandó hőmérsékleten, és a lecsapódás t_1' kezdeti hőmérsékletű hideg vízzel végezhető. A második ábrán a homogén folyadék forralását szemléltetem t' =állandó hőmérsékleten.



3. ábra A homogén gőz lecsapódása
 t =állandó hőmérsékleten



4. ábra A homogén folyadék forralása
 t' =állandó hőmérsékleten

4.4 A közepes hőmérséklet-különbség

A $Q = k \times A \times \Delta t$ alapegyenlet Δt tényezője a közepes hőmérséklet-különbség. A hőcserélő egyik és másik oldalán a közegek hőmérséklet-különbsége egymástól eltérő. Beszélünk Δn nagyobb és Δk kisebb hőmérséklet-különbségről, amelyet a következő képlettel számíthatunk:

$$\Delta t = \frac{\Delta n - \Delta k}{\ln \frac{\Delta n}{\Delta k}} \quad (18)$$

A k hőátviteli együttható

A k hőátviteli együttható sík falra vonatkoztatva:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{s}{\lambda_{fal}} + \frac{1}{\alpha_2}}, \frac{W}{m^2 \times K} \text{ ahol} \quad (19)$$

- α_1 a hőcserélő egyik oldalán áramló közeg hőátadási együtthatója, $\frac{W}{m^2 \times K}$
- α_2 a hőcserélő másik oldalán áramló közeg hőátadási együtthatója, $\frac{W}{m^2 \times K}$
- s a felületi hőcserélő elválasztófalának vastagsága, m
- λ_{fal} ugyanezen fal anyagának hővezetési együtthatója $\frac{W}{m \times K}$

Csőes hőcserélő esetén ezt a képletet finomítani kell:

$$k_{cső} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_b} \times \frac{d_k}{d_b} + \frac{d_k}{2\lambda_{fal}} \times \ln \frac{d_k}{d_b} + \frac{1}{\alpha_k}}, \frac{W}{m^2 \times K} \text{ ahol} \quad (20)$$

- α_b a hőcserélő belső oldalán áramló közeg hőátadási együtthatója, $\frac{W}{m^2 \times K}$
- α_k a hőcserélő külső oldalán áramló közeg hőátadási együtthatója, $\frac{W}{m^2 \times K}$
- d_b a cső belső átmérője
- d_k a cső külső átmérője.

4.5 A csőköteges hőcserélők alkalmazási típusai

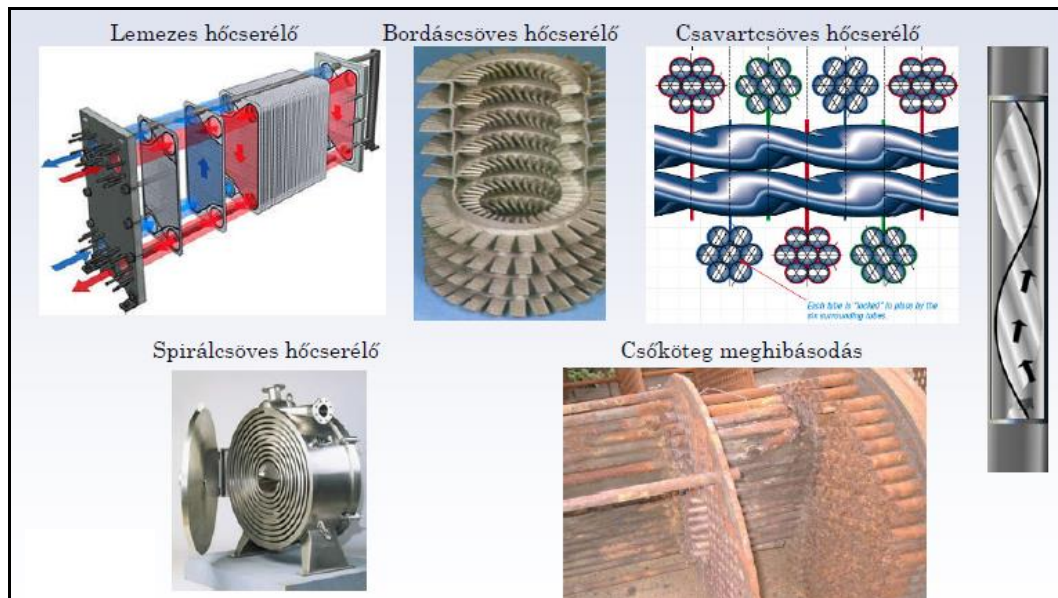
A vegyiparban, a petrokémiai és egyéb iparágakban használatos hőcserélőtípusok közül leggyakrabban a csőköteges hőcserélőket alkalmazzák. Nagy hőmennyiségek átadására ezek a berendezések a legalkalmasabbak. Noha a helyigényük kicsi, nagy hőátadó felület érhető el velük, tisztításuk többnyire egyszerű.

A hőcserélők elrendezése lehet álló vagy fekvő. A nagynyomású technikában, ahol nagyon kis átmérőjű és hosszú csövek alkotják a csőköteget, csakis álló elrendezés jöhet szóba, mert a kis átmérőjű csöveknek nagy a behajlásuk, és így sok alátámasztásra lenne szükség, ez pedig az áramlási ellenállást megnövelné. Ha a közeghőmérséklet nagy (pl. 500 °C-on felül), ugyancsak álló elrendezést szokás választani, mert nagy hőmérsékleten a csövek anyaga már nem eléggé ellenálló, és a csövek könnyen behajlanak. Többnyire a bepárlókészülékek forralói és a lepárlótornyok termoszifon elven működő csőköteges visszaforralói is álló elrendezésűek. Ha a hőcserében részt vevő mindkét közeg folyadék, akkor mind az álló, mind a fekvő hőcserélő egyaránt használatos, attól függően, hogy telepítésükre mekkora hely van. Álló elrendezés esetén a készülék tisztítása általában nehézkes.

Kondenzátoroknál a fekvő elrendezés a gyakori, mert álló elrendezésnél a lecsapódott pára a csöveken végigfolyik, és a megvastagodott folyadékhártya rontja a hőátvitelt. A vízszintes elrendezésű fekvő, kondenzátoroknál a csőelosztás többféle módon is célszerűen elrendezhető, ezáltal a csöveken keletkező csapadékréteg folytonossága és vastagsága a legkisebb mértékre szorítható. Fekvő hőcserélőket szokás egymás fölé helyezni úgy, hogy a köpenyükre hegesztett nyergeken egymásra támaszkodnak. A csőköteges hőcserélők szerkezeti kialakításuk szerint lehetnek merev csőköteges, úszófejes, U-csöves és cső a csőben típusúak.

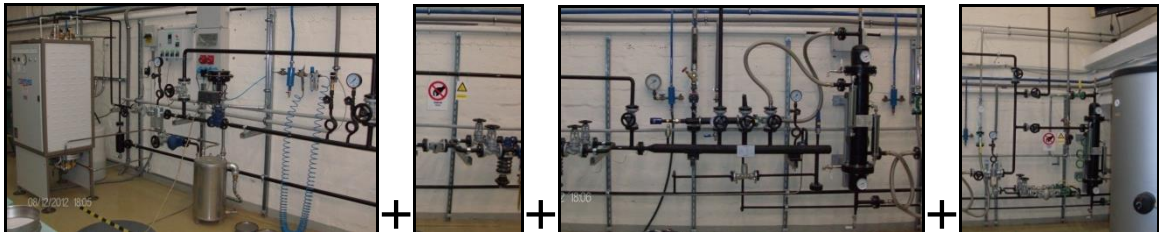
(Dr. Fábró György: Vegyipari Gépészek kézikönyve 1987., és Dr. Szepesi Gábor: Vegyipari gépek és műveletek (órai jegyzet) alapján)

Néhány hőcserélő típus képe:



5. ábra Hőcserélő típusok

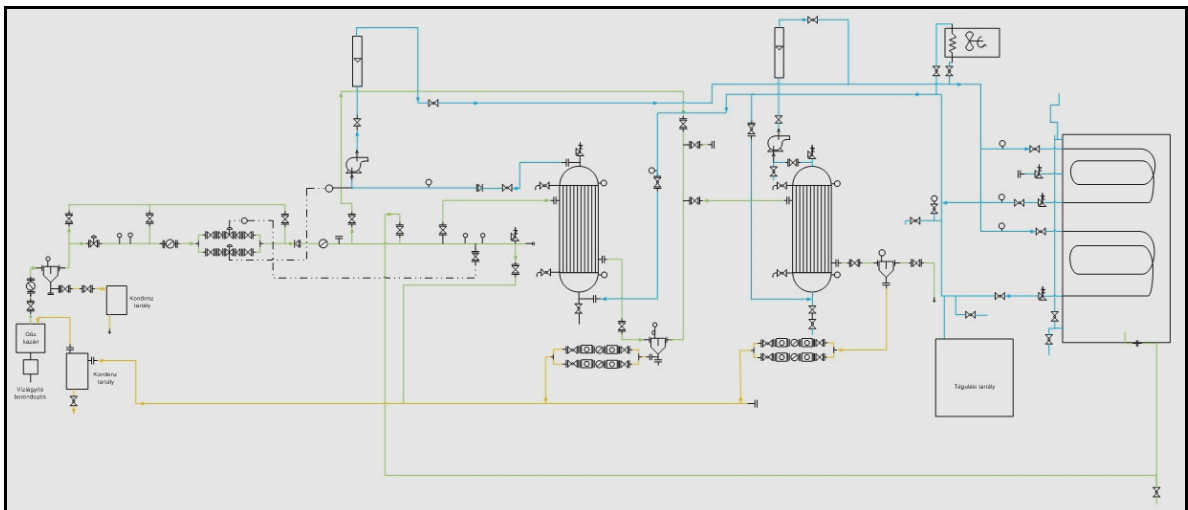
5. A kutatás tárgyát képező gőzfal bemutatása



6. ábra Gőzfal bemutatása

A Vegyipari Gépek Tanszéki laborjában található gőzfal egy kísérleti berendezés, amellyel kiválóan lehet demonstrálni, modellezni és mérni a hőcserélő belsejében végbemenő hőátadási folyamatokat. A könnyebb tárgyalhatóság érdekében nagyobb szerkezeti egységeire bontom és úgy fogom vizsgálni.

A berendezésről semmilyen rajz nem állt rendelkezésre ezért az első feladatom a csőkapcsolási rajz elkészítése volt.



7. ábra Csőkapcsolási rajz

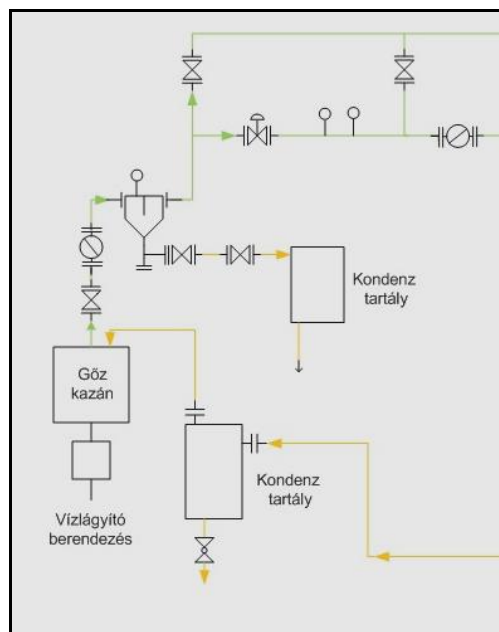
A csőkapcsolási rajz elengedhetetlen volt a beépített berendezések, szerelvények beazonosítása, működésük megismerése. A tervjelképi ábrázoláshoz a Vegyipari

Készülékek Szerkesztési Atlaszát ábrázoltam és a Tanszéki oktatók segítségét használtam.

4 részre fogom osztani:

- 1, a gőz előállítása és előszabályozása
- 2, a gőzosztó
- 3, az első és második hőcserélő
- 4, a hűtővíz kör

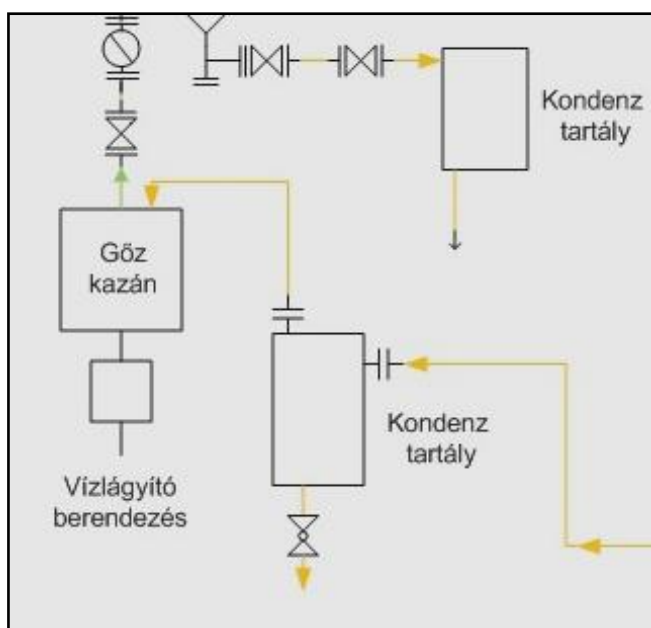
5.1 A gőz előállítása és előszabályozása



8. ábra A gőz előállítása és előszabályozása (rajz)



9. ábra A gőz előállítása és előszabályozása (fénykép)



10. ábra A gőz előállítás – A kazán (rajz)

A szerkezet ezen része is 3 nagyobb egységre osztható. Az első a kazán itt állítjuk elő a folyamathoz nélkülözhetetlen gőzt. A gőz alapanyagául szolgáló víz két irányból érkezhethet a kazánba.

Első körben az alap vízbetápláló egységből, a hálózatról. A hálózat nincs közvetlen a rendszerre kötve. A rendszerbe jutó víz a vízlágyító berendezésén keresztül jut a be az egyébként zárt körbe.

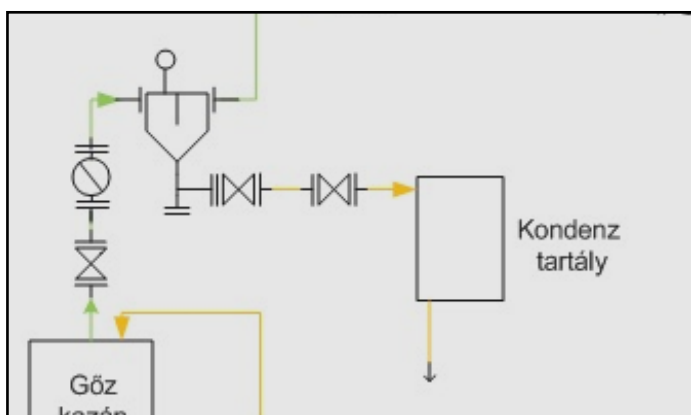
Ha a rendszert megfelelően feltöltöttük, akkor csak a pótláshoz szükséges a plusz víz betáp. Másodkörben a kondenz víz is vissza van vezetve a kazánba újra felhasználásra.



11. ábra A gőz előállítás – A kazán (fénykép)



12. ábra A víz lágyító berendezés (fénykép)



13. ábra A gőz előállítása – A cseppeválasztó (rajz)

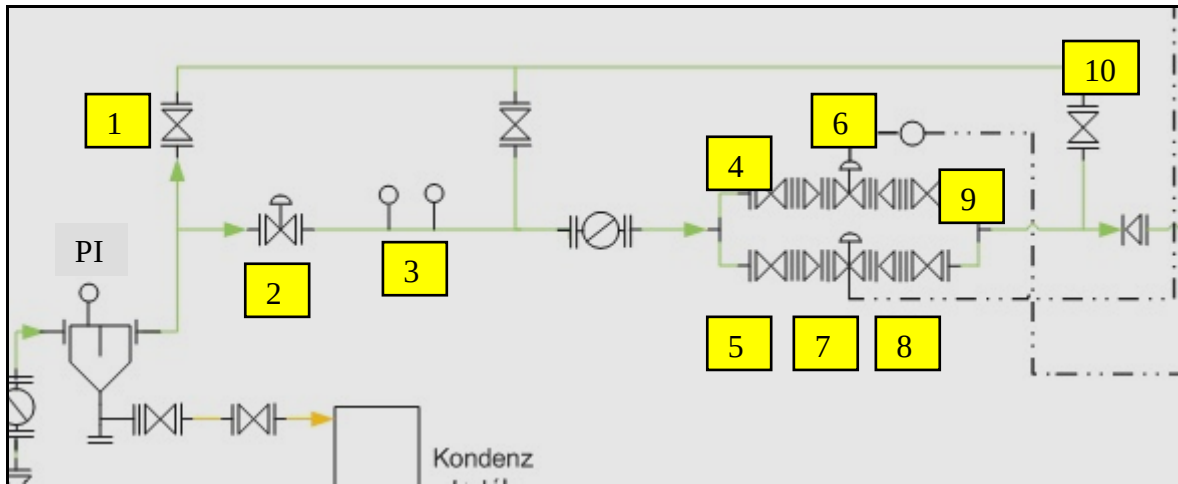
A második egység az előállított gőz javítását szolgálja. A kazánból érkező gőz egy szűrőn áthaladva egy cseppeválasztóba jut. A cseppeválasztóban a gőz kondenzált cseppeit választjuk le, hogy a további egységekbe csak telített gőzt tudjunk továbbítani. a cseppeválasztóban leválasztott vízcseppek egy kondenz tartályba jutnak, majd a hálózati lefolyóba.



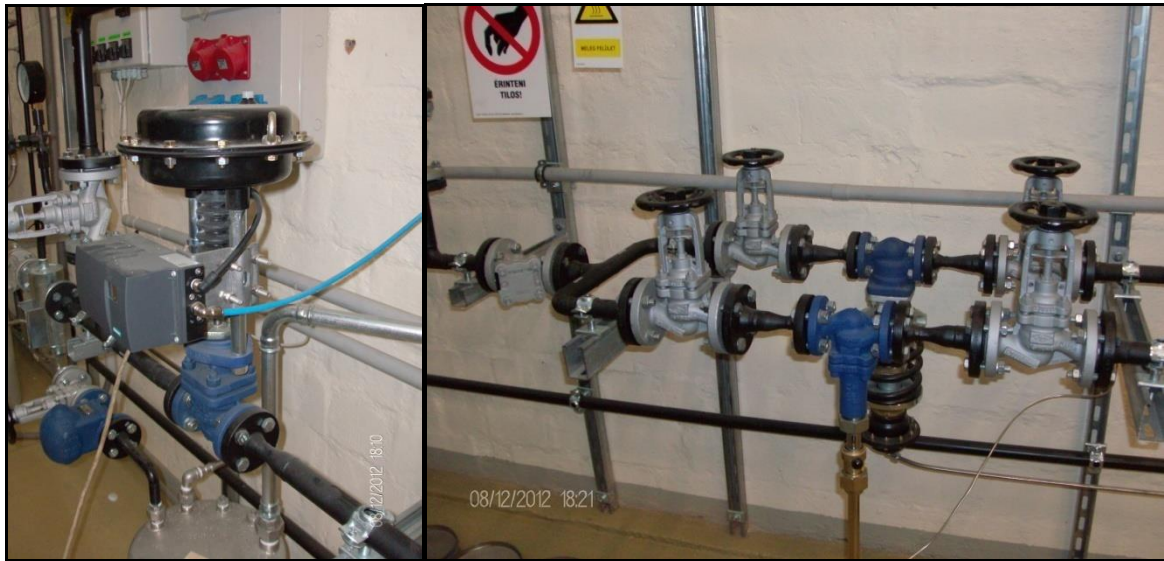
14. ábra A gőz előállítása – A cseppeválasztó (fénykép)



15. ábra A gőz előállítása – A kondenz tartály (fénykép)



16. ábra A gőz előállítása – A szabályozás (rajz)



17. ábra A gőz előállítása – A pneumatikus nyomás szabályozó (fénykép)

18. ábra A gőz előállítása – külső energiaforrás nélküli hőmérséklet és nyomás alapú szabályozó szelep (fénykép)

Az első egység harmadik részegysége egy szabályozó kör. Itt el tudom dönteni, hogy milyen nyomású gőz kerüljön a gőzosztóra.

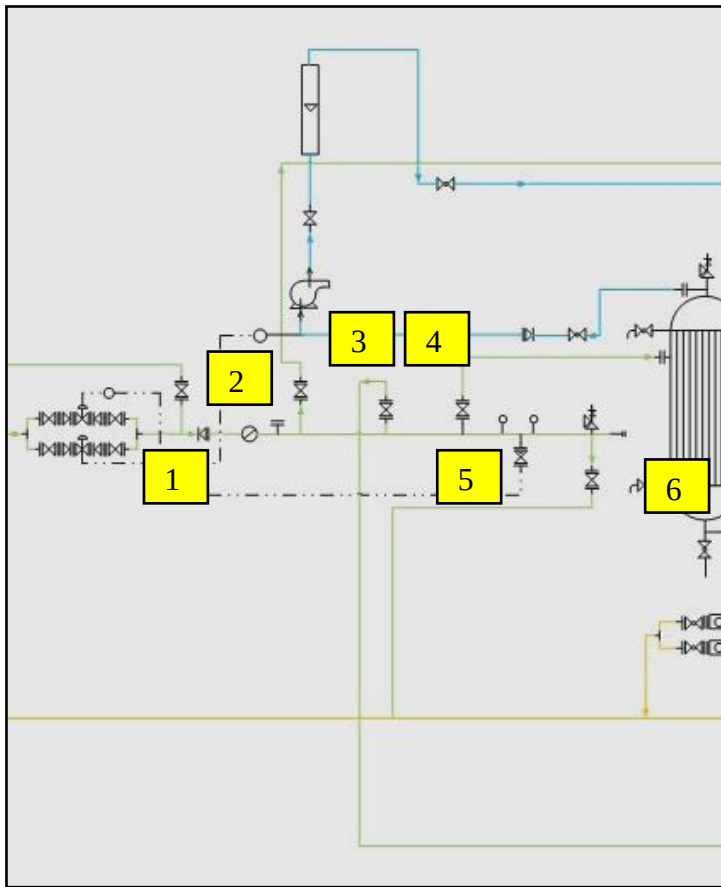
1.0 esetben az 1 és 10-es szelepek nyitva vannak és minden más zárva. Ekkor a kazán által előállított gőz halad tovább minden szabályozás nélkül.

2.1 esetben az 1, 4, 5, 8, 9-es számú szelepek zárva vannak és a 2-es számú pneumatikus nyomás szabályozó szelep gondoskodik a megfelelő nyomású gőz biztosításáról.

2.2 esetben az 1, 3, 4, 9, 10-es számú szelepek zárva vannak és a 2-es számú pneumatikus nyomás szabályozó szelep gondoskodik a megfelelő nyomású gőz biztosításáról. Ezután a 7-es számú külső energiaforrás nélküli hőmérséklet alapú szabályozó szeleppel tudjuk tovább szabályozni a nyomást.

2.3 esetben az 1, 3, 5, 8, 10-es számú szelepek zárva vannak és a 2-es számú pneumatikus nyomás szabályozó szelep gondoskodik a megfelelő nyomású gőz biztosításáról. Ezután a 6-os számú külső energiaforrás nélküli nyomás alapú szabályozó membrános szeleppel tudjuk tovább szabályozni a nyomást.

5.2. A gőzosztó



A gőzosztón már nincsen nyomásszabályozás csak a már előbb említett külső energiaforrás nélküli nyomás alapú szabályozó membrános szelep folyadék tartálya. Ez az 5-ös számú.

A gőzosztóra az 1-es számú diffúzoron keresztül jut a gőz.

Ha a 2-es számú szelep van nyitva akkor a gőz a többi szelep nyitottságától függően az egyes és vagy kettes hőcserélőre kerül.

19. ábra A gőzosztó (rajz)

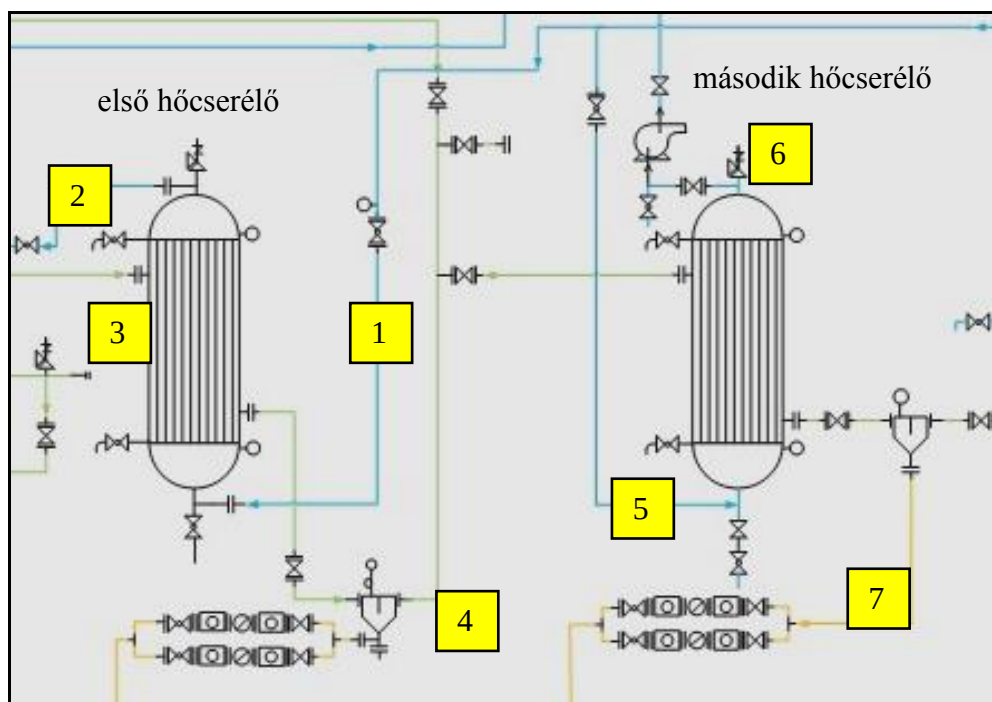


20. ábra A gőzosztó (fénykép)

A 3-as szelepen keresztül a gőz egyből lefűvatható a legnagyobb kondenz tartályba. A 4-es szelep az első hőcserélő gőz betápjja. A 6-os szelep csak akkor lép működésbe, ha a normál üzemtől eltérünk. Ha a szerkezetben káros túlnyomás lépne fel, akkor a rugós biztonsági szelep működésbe lép és lefűj a szelep alatti vezetéken. A

szelep mindaddig működik, míg a káros túlnyomást kiváltó ok meg nem szűnik.

5.3 Az első és második hőcserélő



21. ábra Az első és második hőcserélő (kapcsolási rajz)

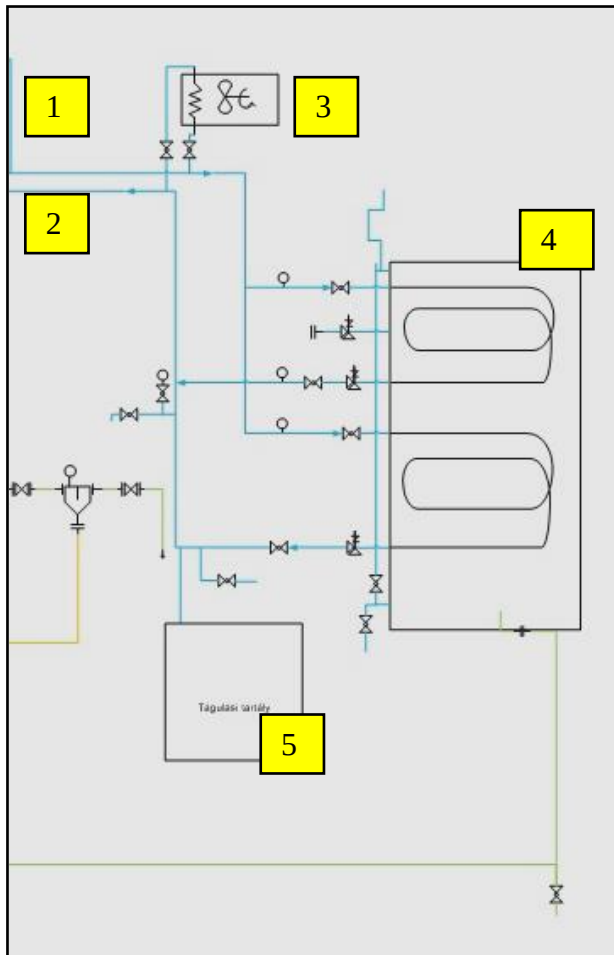


22. ábra Az első és második hőcserélő kapcsolása (fénykép)

A hőcserélők közül a kapcsolási sorrendből adódóan az első tárgyalom először. 1-es számmal jelöltem az egyes hőcserélő hideg víz betápját. 2-essel az egyes hőcserélő melegített hűtővíz elvezetését. 3-assal jelöltem a az egyes hőcserélő gőz betápját. A 4-es szám a (részben) lekondenzált gőz elvezetését jelöltem. Erre a vezetékre kapcsolva látható még egy cseppeválasztó rendszer. A le nem kondenzált gőz megfelelő szelepnyitás esetén továbbhalad a kettes hőcserélőre.

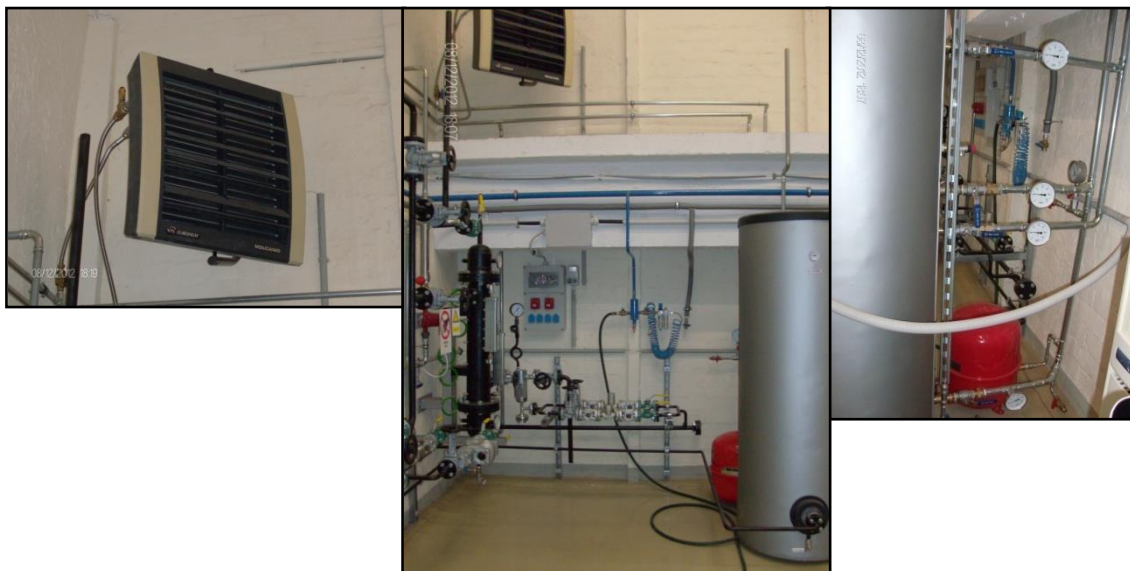
A kettes hőcserélő gőz betápjá érkezik megfelelő szelepnyitás esetén a gőzosztó 2-es szelepről vagy az egyes hőcserélő 4-es pontjáról a hűtővíz betáp az 5-ös vezetéken keresztül érkezik, majd a fűtőgőzzel való melegítés után a 6-os vezetéken keresztül távozik. A 7-es számmal a lekondenzált közeg elvezetését jelöltem. Erre a vezetékre kapcsolva is látható egy cseppeválasztó rendszer.

5.4. A hűtővíz kör



Ebben az egységben a hőcserélőkben melegített hűtővíz lehűtése történik. A hőcserélőkből érkező vizet először egy ventilátoros léghűtő berendezésre vezetjük (3-as számú). A hűtési rendszerbe be van építve egy hőtároló tartály, ami hideg vízzel van feltöltve. Benne csőkígyós hőcserélőn keresztül történik a hűtés. (4-es számú) Túlnyomás esetére egy tágulási tartály is be van építve (5-ös számú). A folyamat modellezése során a hőtároló tartályt kizártuk a rendszerből.

23. ábra A víztartály kapcsolási rajz (rajz)



24. ábra A hőtárolótartály kapcsolási rajz (fénykép) balra nagyítva a hűtő ventilátor, jobbra 90°-kal elforgatva a nagy víztartály kapcsolása látható

6. Az Uni Sim™ Design program ismertetése

Ebben a fejezetben a szimuláció elkészítéséhez felhasznált program működését, tulajdonságait és egyéb felhasználási lehetőségeit fogom bemutatni Balaton Miklós írása alapján.

6.1 Az Uni Sim™ Design program és felhasználási lehetőségei

Az Uni Sim™ Design szimulációs program az Aspentech HYSYS® programjának továbbfejlesztésével jött létre, és 2005-ben adta ki az első szériát a Honeywell. A programcsomag stacioner és dinamikus szimulációt is egyaránt lehetővé tesz. A program segítséget nyújthat tervezési, üzemeltetési és optimalizálási feladatok megoldásában, illetve a vegyipar különböző területein a beruházások gazdaságosságának vizsgálatakor.

Tervezési fázis alatt segítséget nyújthat a tervezés elvi kérdéseiben, a tényleges eljárás-tervezésben, részletes mérnöki tervezésben és végül a működőképességi vizsgálatokban. A technológia felépítése után ugyanazt a modellt fel lehet használni az üzemeltetés hatékonyságának növelésére, az operátorok tréningére, biztonságtechnikai vizsgálatokra, és a technológia optimalizálásra. Mindemellett az Uni Sim™ Design megfelelő környezetet biztosíthat a vegyipar különböző területein jelentkező modellezési feladatok esetében is.

6.2 Az Uni Sim™ Design dinamikus része

A vegyipari üzemek ritkán működnek stacioner üzemben, ami a külső és belső zavarásoknak egyaránt köszönhető, mint például a környezeti hatások, hőcserélők elpiszkolódása, katalizátor aktivitáscsökkenés, stb. Ebből kifolyóan a kémiai technológiai objektumok tranziens állapotainak vizsgálatára dinamikus szimulációs eszközökre van szükség, mint amilyen az Uni Sim™ Design program is.

6.3 Az Uni Sim™ Design dinamikus és stacioner felületének összehasonlítása

Kémiai eljárások tervezése és optimalizáláskor mind a stacioner, mind a dinamikus viselkedést figyelembe kell venni. A stacioner modellekkel stacioner energia és anyagmérleget lehet számolni, illetve különböző üzemi kialakításokat lehet kiértékelni. Így az optimalizálás során a tervezőmérnök a stacioner szimuláció felhasználásával a termelés maximalizálása mellett csökkentheti a beruházási költségeket.

Dinamikus szimulációval biztosítható, hogy az üzem könnyen kézben tartható és biztonságos módon gyártsa a kívánt terméket. A dinamikus szimuláció során a készülékek részletes definiálásával a valós üzem berendezéseinek működése is nyomon követhető.

Offline dinamikus szimulációval a szabályozókörök is optimalizálhatóak anélkül, hogy veszélyeztetnénk az üzem biztonságos működését és nyereségességét, ezen felül még beépítés előtt tesztelhetők különböző szabályozási struktúrák a valós rendszertől függetlenül, valamint tanulmányozhatóak a különböző zavarásokra történő dinamikus válaszok.

Az Uni Sim™ Design dinamikus része ugyanazokkal a tulajdonság csomagokkal rendelkezik, mint a stacioner, így hasonló módon számolja a kémiai rendszerek hőtani, egyensúlyi és reakciós viselkedését. Viszont a dinamikus modell eltérő mérlegegyenleteket alkalmaz, amelyek a tulajdonságok időbeli változásait írják le.

6.4 Az ipar elvárásai egy dinamikus szimulációs programmal szemben

Pontosság: Az Uni Sim™ Design dinamikus szimulációs csomagja rigorózus egyensúlyi, reakció, műveleti egység és szabályozó modelleket alkalmaz, amelyek biztosítják a szükséges pontosságot.

Könnyű használat: A dinamikus csomag is ugyanazt az intuitív és interaktív grafikus felületet használja, mint a stacioner. Az áramok és a műveleti egységek

ugyanolyan könnyen hozzáadhatóak, mint stacioner esetben, és a stacioner szimuláció eredményei akadálymentesen átvihetők a dinamikus felületre.

Sebesség: Az Uni Sim™ Design programot úgy tervezték, hogy pontosság ne menjen a sebesség rovására. A megoldó az implicit fix lépésközű Euler módszert használja, és nagyobb sebességet úgy ér el a pontosság csökkenése nélkül, hogy a különböző mérlegeket eltérő gyakorisággal oldja meg.

Részletes tervezés: Részletes méretezési adatokat lehet megadni az egyes műveleti egységeknél, amivel bebizonyítható, hogy az adott egység képes a megfelelő termékmennyiséget és minőséget előállítani.

7. A gőzfal modellje Uni Sim™ Design-ban

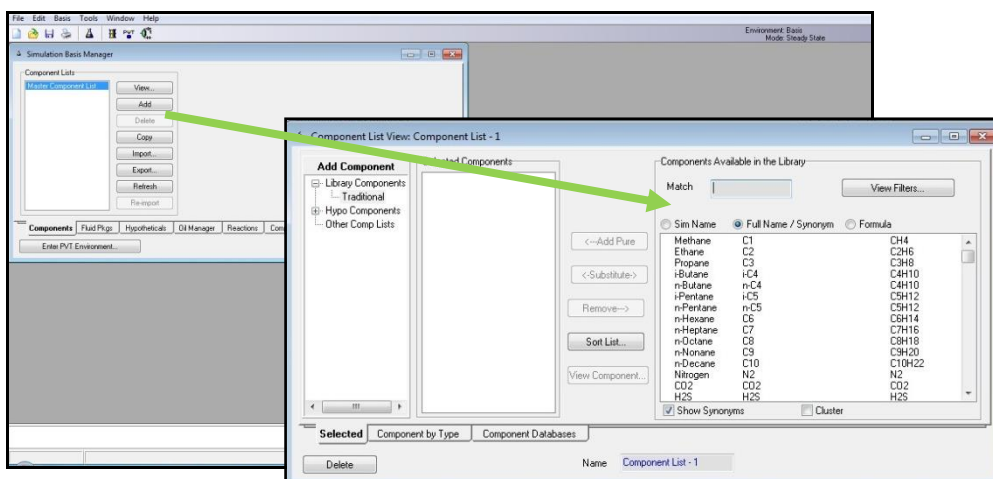
7.1. A modell megalkotása

A modellezés elvégzéséhez egy leegyszerűsített instacioner modellre van szükség, ami tartalmazza a modell főbb alkatrészeit, és jellemzői. Első lépésként megnyitjuk a programot. A kezdőfelület a lentebb látható szürke felület.



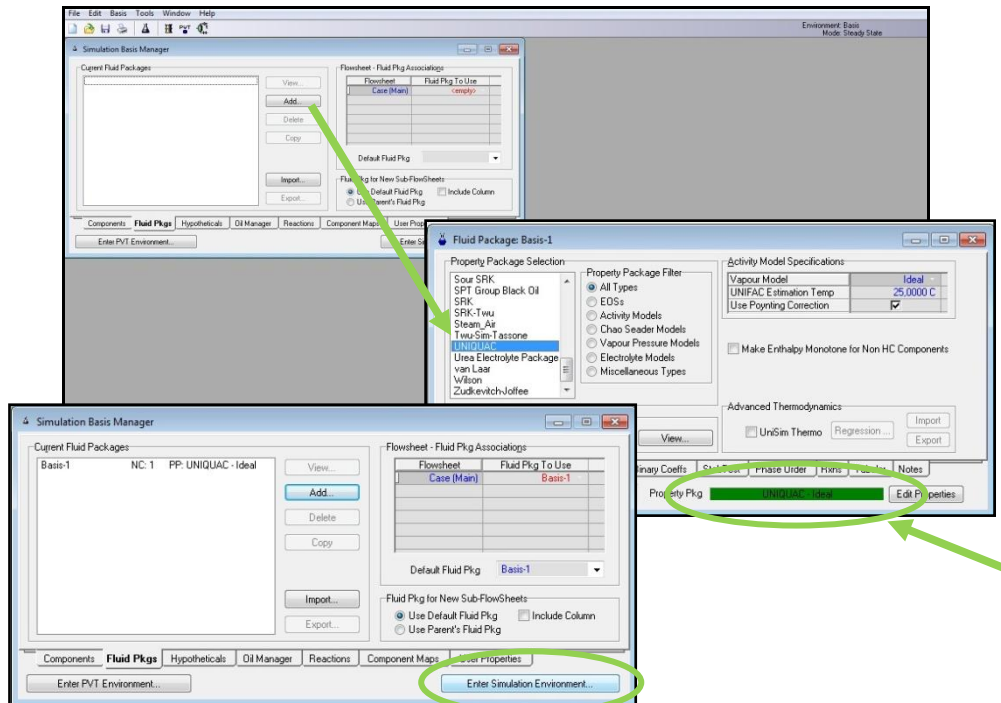
25. ábra A kezdő felülete

A kezdő felületen az „ÚJ” (üres lap) kiválasztásával indítjuk az alapbeállítások bekérését.



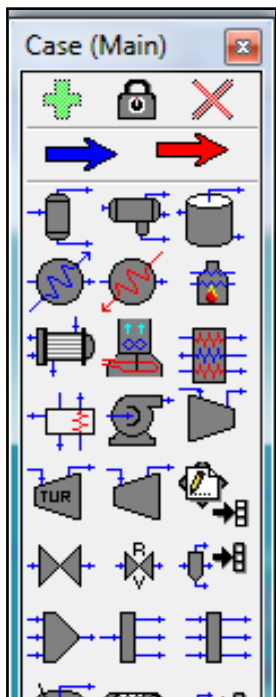
26. ábra A kezdő alap adatbekérő felülete-komponens kiválasztása

A „Component” fülön az „add” gombra kattintva kiválaszthatjuk a kívánt komponenst, vagy komponenseket, esetünkben a vizet.



27. ábra A kezdő alap adatbekérő felülete-fluid package

Amennyiben az előzőekben választott anyaghoz megfelelő a „Fluid Package” választása után elkezdhetjük felépíteni a modellünk vázlatát.

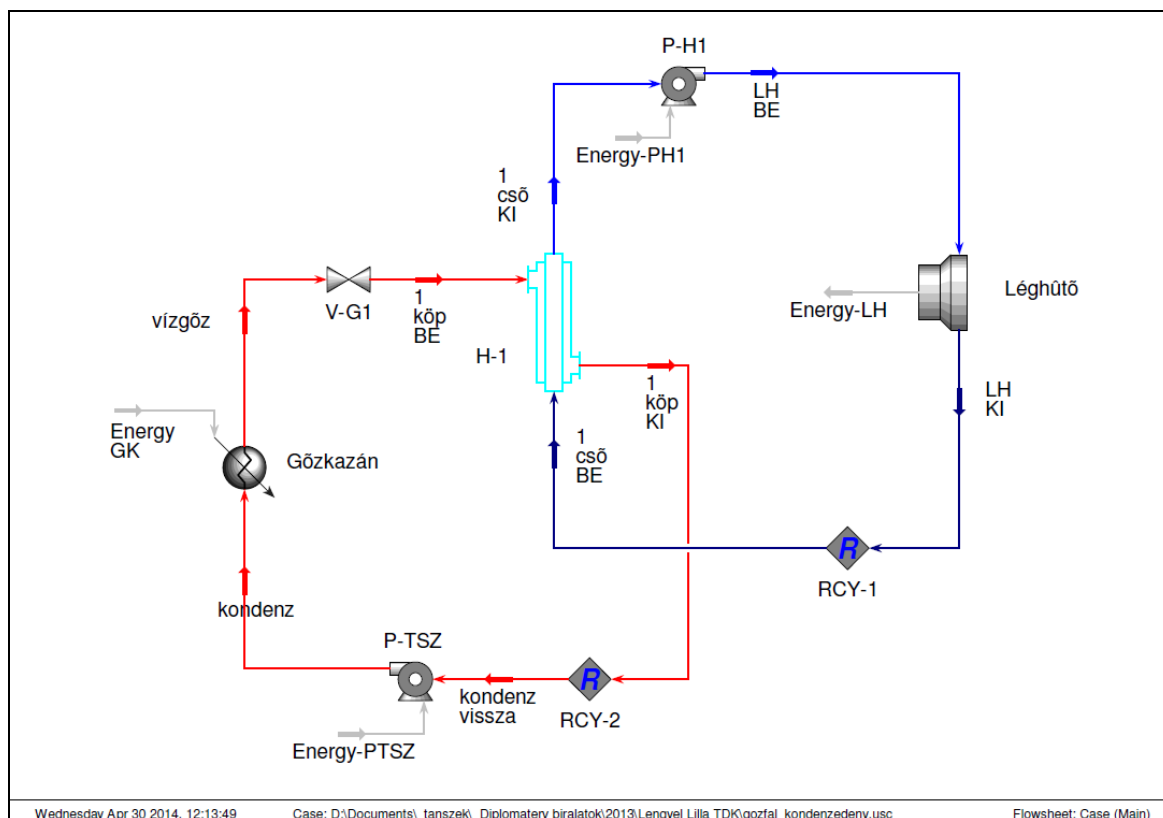


A modell tér ablak jobb oldalán egy külön ablak látható a „Case (Main)” Itt tudjuk kiválasztani a modellünk építő elemeit.

28. ábra A modell építő elemei

7.2. A modell

Az modellben számos elhanyagolást eszközöltem, amelyek érdemben nem befolyásolják az eredményeket, azonban számításokat jelentősen bonyolították volna.



29. ábra A modell

A modell egy gőz és egy vízkörből áll. A gőzkörben található egy gőzkazán, a (H-1) hőcserélő, és egy szelep (V-G1) és egy szivattyú (P-TSZ). Ez a szivattyú csak a modellben képez különálló egységet, a valóságban a gőzkazán része. A vízkör a (H-1) hőcserélőn halad át. Részei az (H-1). hőcserélő, szivattyú (P-H1), léghűtő.

7.3. A modellből származó eredmények

A modellezést változó gőz nyomásviszonyok mellett végeztem. Ezenkívül a tömegáramokat is változtattam. A kazán 40 kg/h tömegáramra képes, de ez a nyomásszabályozások révén nem lett teljesen kihasználva. A egyes mért értékek állítottam be a programban, mint hőcserélőre érkező gőz nyomása és hőmérséklete, valamint a hűtővíz tömegárama.

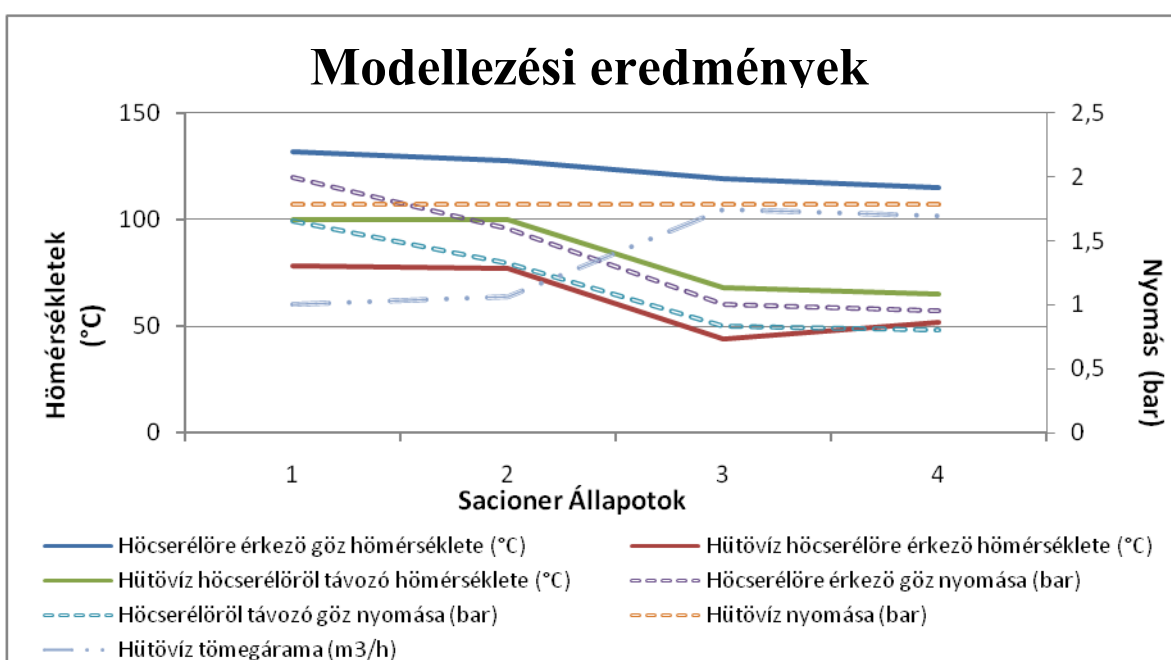
Stac. állapotok	Hőcserélőre érkező gőz hőmérséklete (°C)	Hőcserélőre érkező gőz nyomása (bar)	Hűtővíz tömeg-árama (m³/h)
1	132	2	1
2	128	1,6	1,06
3	119	1	1,75
4	115	0,95	1,7

1. táblázat Gőzfal modell bemeneti értékei

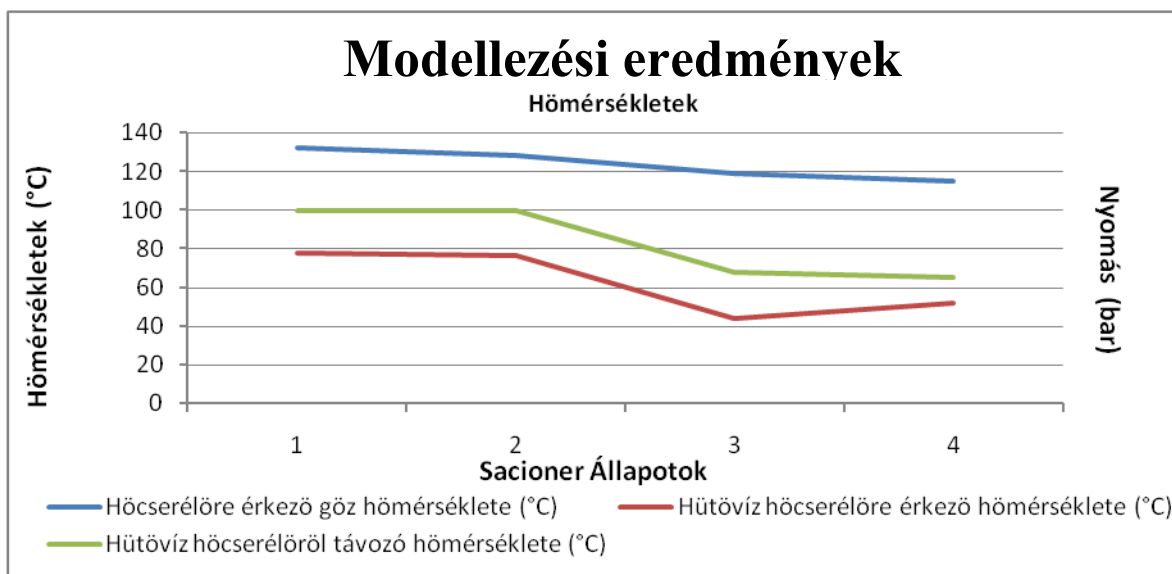
A modell ellenőrzéseként a hőcserélőről távozó gőznyomása, a hűtővíz érkező és távozó hőmérséklete, valamint a nyomása szolgál. A modellezett állapotok felvett értékei (1, 2, 3, 4 –es állapotok) az alábbi táblázatban és diagramokban láthatóak.

Stac. állapotok	Hőcserélőre érkező gőz hőmérséklete (°C)	Hőcserélőre érkező gőz nyomása (bar)	Hőcserélőről távozó gőz nyomása (bar)	Hűtővíz hőcserélőre érkező hőmérséklete (°C)	Hűtővíz hőcserélőről távozó hőmérséklete (°C)	Hűtővíz tömeg-árama (m³/h)	Hűtővíz nyomása (bar)
1	132	2	1,66	78	100	1	1,79
2	128	1,6	1,328	77	100	1,06	1,79
3	119	1	0,83	44	68	1,75	1,79
4	115	0,95	0,8	52	65	1,7	1,79

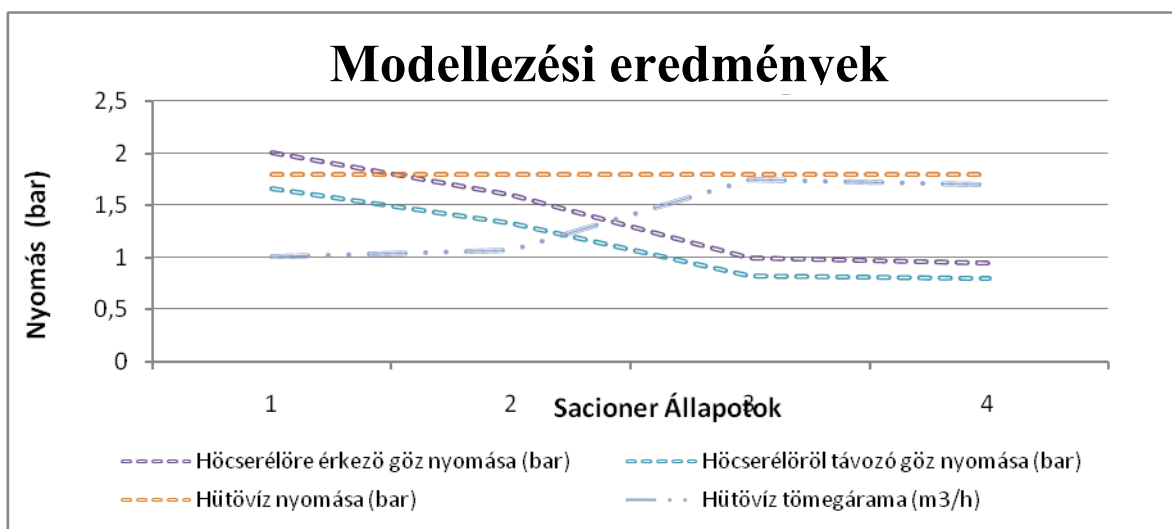
2. táblázat Gőzfal, hőcserélő modellezett eredményei



1. diagram Gőzfal, hőcserélő modellezett eredményei



2. diagram Gőzfal, hőcserélő modellezett eredményei (Hőmérséklet)



3. diagram Gőzfal, hőcserélő modellezett eredményei (Nyomás)

A diagramokon 7 fajta vonal látható. A szaggatott a nyomást, a folytonos a hőmérsékleteket, a két-pont vonal a hűtővíz tömegáramát szimbolizálják.

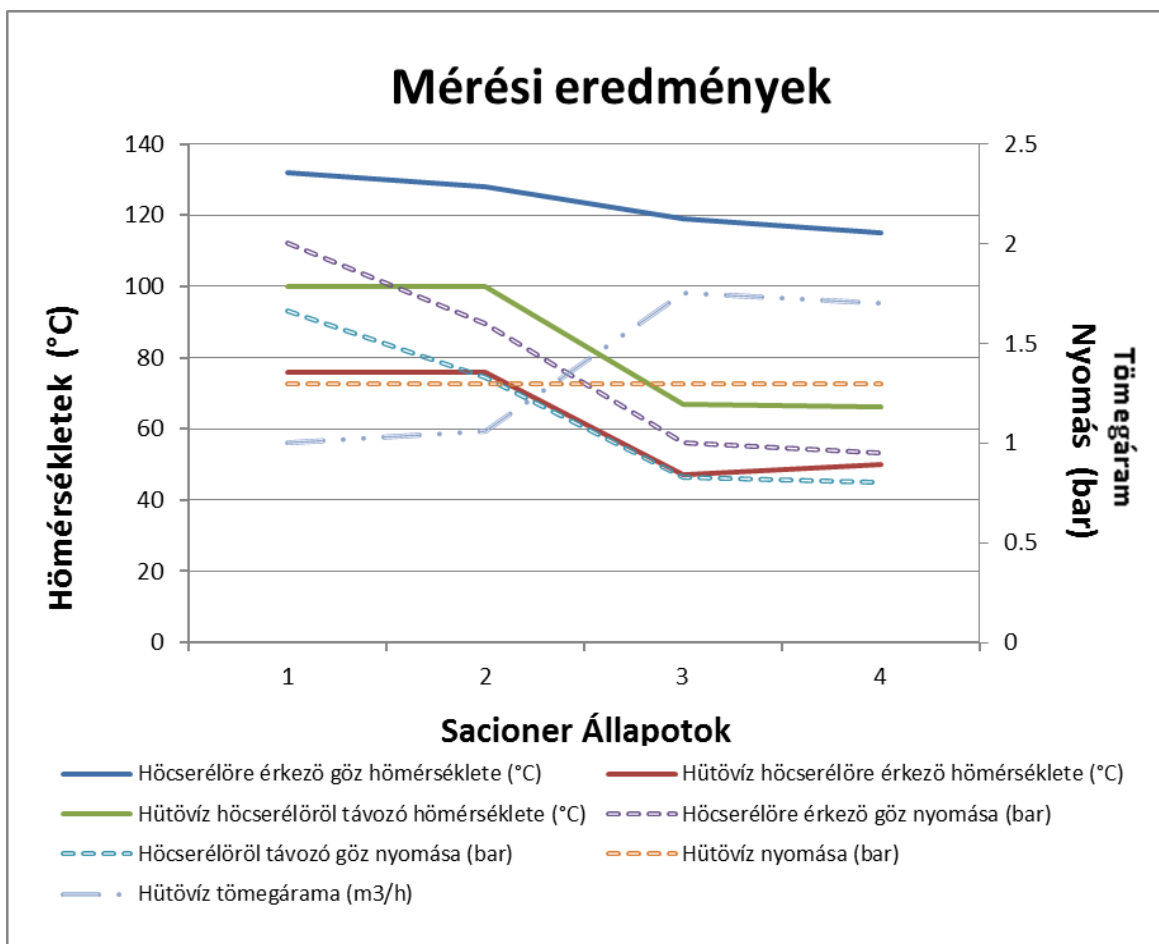
A gőz a folyamat végére teljesen lekondenzál. A hűtővíz belépő hőmérséklete 78 és 44 °C között, kilépő hőmérséklete 100 és 65 °C között ingadozik..

8. A gőzfal mérési eredményei

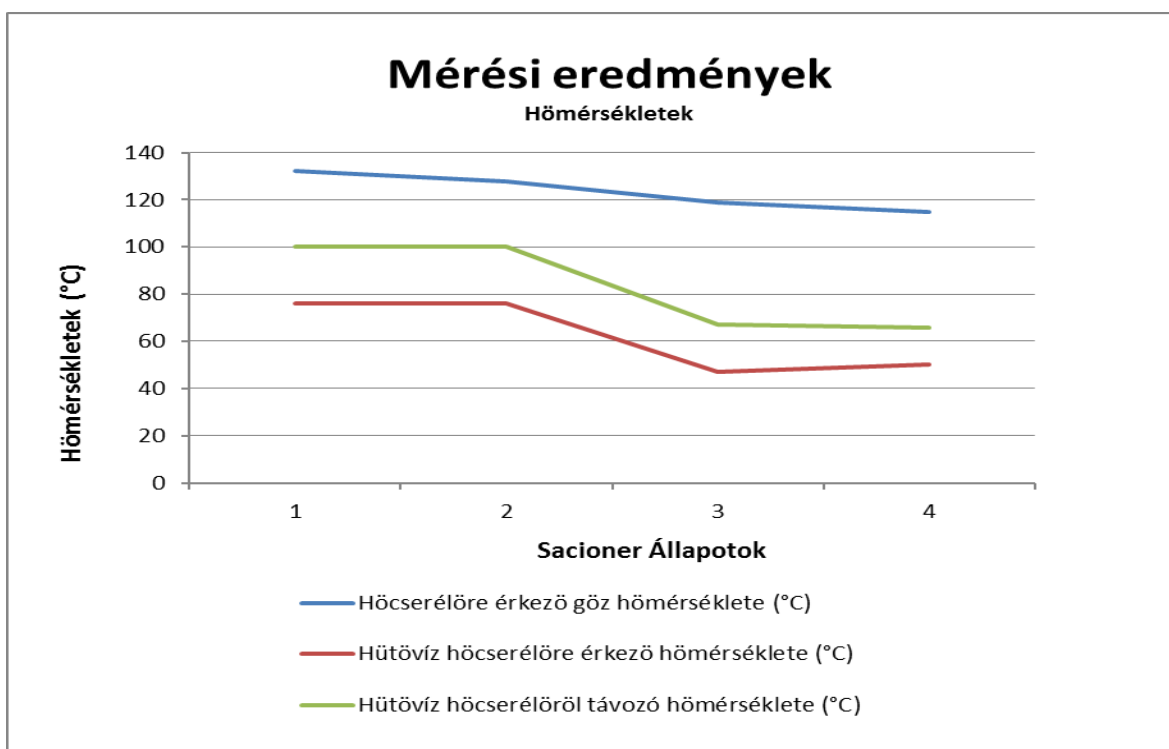
A megfelelően alátámasztott eredmények érdekében nem csak modelleztem, hanem méréseket is végeztem. A gőz tömegárama 40 kg/h volt. A hűtővíz tömegáramát és a gőz nyomását változtattam, míg nem találtam állandósult állapotokat. Az állandósult állapotok felvett értékei (1, 2, 3, 4 –es állapotok) az alábbi táblázatban és diagramokban láthatóak.

Stac. állapotok	Hőcserélőre érkező gőz hőmérséklete (°C)	Hőcserélőre érkező gőz nyomása (bar)	Hőcserélőről távozó gőz nyomása (bar)	Hűtővíz hőcserélőre érkező hőmérséklete (°C)	Hűtővíz hőcserélőről távozó hőmérséklete (°C)	Hűtővíz tömeg- árama (m ³ /h)	Hűtővíz nyomása (bar)
1	132	2	1.66	76	100	1	1.3
2	127.98	1.6	1.328	76	100	1.06	1.3
3	119	1	0.83	47	67	1.75	1.3
4	115	0.95	0.8	50	66	1.7	1.3

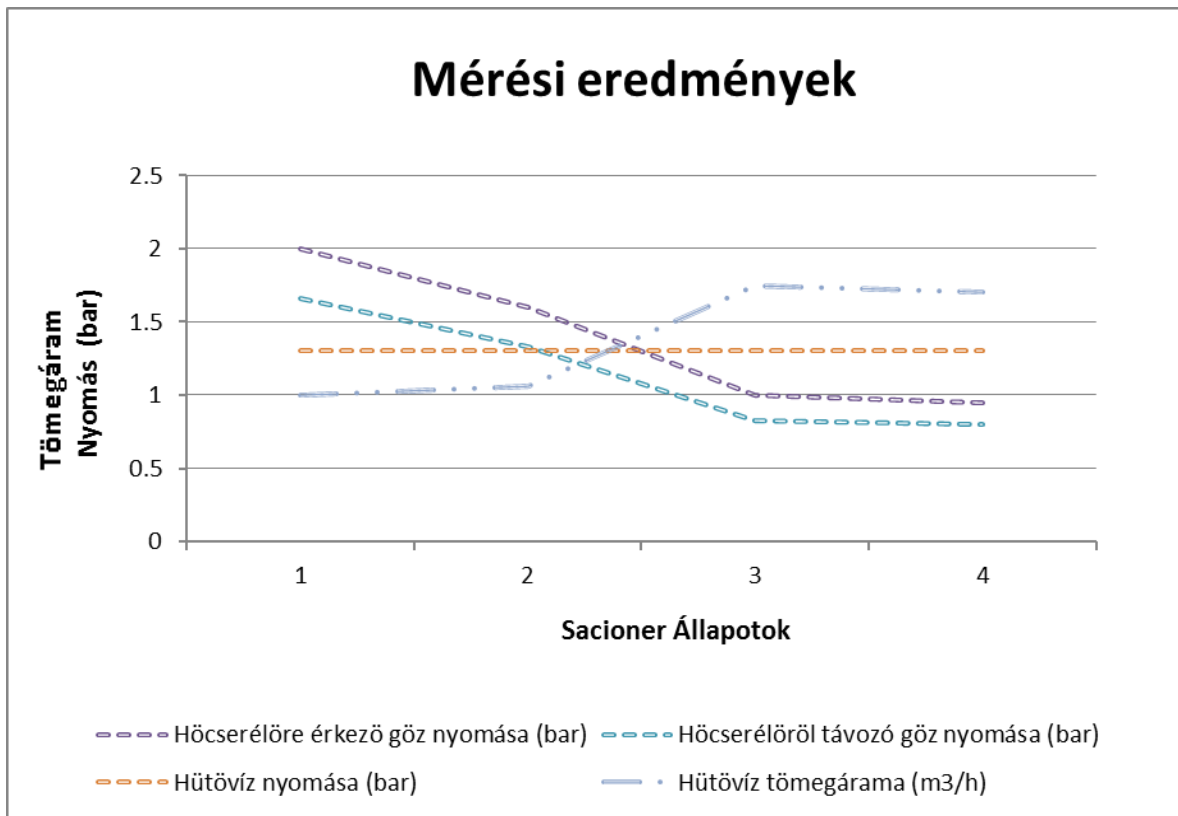
3. táblázat Gőzfal, hőcserélő mért eredményei



4. diagram Gőzfal, hőcserélő mért eredményei



5.diagram Gőzfal, hőcserélő mért eredményei (Hőmérsékletek)



6.diagram Gőzfal, hőcserélő mért eredményei (nyomás)

A diagramokon itt is 7 fajta vonal látható. A szaggatott a nyomást, a folytonos a hőmérsékleteket, a két-pont vonal a hűtővíz tömegáramát szimbolizálják.

Láthatjuk, hogy az első hőcserélőre érkező gőz telített gőz, ami 2-0,95 bar nyomású, és 132-115 °C-os. Azt is láthatjuk, hogy a hűtővíz tömegáramának növelésével a hűtővíz hőmérséklete alacsonyabb hőfokon tartható. Megfigyelhetjük, hogy a gőz belépő hőmérsékletének csökkenésével csökken a gőz nyomásesése is.

8.1. A modellből származó eredmények és a mért eredmények összevetése

A modellezés és a mérések beváltották a hozzájuk fűzött reményeket. Az összevetés eredményeként mondhatjuk, hogy a modellünk jól számol, és a kapott eredmények helyesek, hiszen közel azonos eredményeket kaptam. Az eltérés maximum 5-7 %.

9. Összefoglalás

A dolgozatomban tárgyalt hőátadási modell egy nagyon jó feladat volt számomra, mivel nem csak kihívást jelentett, hanem rengeteget tanultam belőle. Ismertettem a dolgozatomban a hőátadás és a hőcserélők elméleti alapjait.

A rajz elkészítése sok laborban eltöltött órát kívánt, ami alatt tanulmányoztam a fal felépítését. Ezután elkészítettem a csőkapcsolási rajzot és a tételjegyzéket, amit a mellékletben csatoltam a dolgozathoz.

A rajzon pontosan jelöltem a kapcsolásokat, alkatrészeket, a nagyobb alkatrészek komplett leírását. A rajzi elemeket megszámoztam és tételjegyzéket készítettem, amiben a legjellemzőbb, legfontosabb adatokat fel is tüntettem.

Ismertettem a modellezés elméletét lépéseit, és az eredményeket. A modellezés alátámasztására méréseket is végeztünk, aminek eredményeként azt mondhatjuk, hogy a modellünk jól számol, és a kapott eredmények helyesek, hiszen közel azonos eredményeket kaptam.

10. Irodalomjegyzék

- ❖ Dr. Fábry Görgy: Vegyipari Gépészek kézikönyve 1987..
- ❖ Dr. Szepesi Gábor: Vegyipari gépek és műveletek (órai jegyzet)
- ❖ Tari Csilla: A hőtranszport modellezés elméleti alapjai, ppt,: http://www.gama-geo.hu/kb/okt/geoterm/hotan_alapja_09_22.pdf
- ❖ Vegyipari Készülékek szerkesztési atlasza Dr. Pálfi Zoltán
- ❖ Balaton Miklós: Szakaszos gyártócella szimulációja
- ❖ Wikipédia: A gőz: <http://hu.wikipedia.org/wiki/G%C5%91z>

11. Ábrák, táblázatok és Diagramok jegyzéke

Ábrák:

1. ábra A hőcserélők közegáramai
2. ábra A felületi hőcserélők hőmérséklet-lefutási görbéi
3. ábra A homogén gőz lecsapódása t =állandó hőmérsékleten
4. ábra A homogén folyadék forralása t' =állandó hőmérsékleten
5. ábra Hőcserélő típusok
6. ábra Gőzfal bemutatása
7. ábra Csőkapcsolási rajz
8. ábra A gőz előállítása és előszabályozása (rajz)
9. ábra A gőz előállítása és előszabályozása (fénykép)
10. ábra A gőz előállítása – A kazán (rajz)
11. ábra A gőz előállítása – A kazán (fénykép)
12. ábra A vízlágyító berendezés (fénykép)
13. ábra A gőz előállítása – A cseppeleválasztó (rajz)
14. ábra A gőz előállítása – A cseppeleválasztó (fénykép)
15. ábra A gőz előállítása – A kondenz tartály (fénykép)
16. ábra A gőz előállítása – A szabályozás (rajz)
17. ábra A gőz előállítása – A pneumatikus nyomás szabályozó (fénykép)
18. ábra A gőz előállítása – külső energiaforrás nélküli hőmérséklet és nyomás alapú szabályozó szelep (fénykép)
19. ábra A gőzosztó (rajz)
20. ábra A gőzosztó (fénykép)
21. ábra Az első és második hőcserélő (kapcsolási rajz)
22. ábra Az első és második hőcserélő kapcsolása (fénykép)
23. ábra A víztartály kapcsolási rajz (rajz)
24. ábra A hőtárolótartály kapcsolási rajz (fénykép) balra nagyítva a hűtő ventilátor, jobbra 90°-kal elforgatva a nagy víztartály kapcsolása látható
25. ábra A kezdő felülete

26. ábra A kezdő alap adatbekérő felülete-komponens kiválasztása
27. ábra A kezdő alap adatbekérő felülete-fluid package
28. ábra A modell építő elemei
29. ábra A modell

Táblázatok:

- | | |
|-------------|--|
| 1. táblázat | Gőzfal modell bemeneti értékei |
| 2. táblázat | Gőzfal, hőcserélő modellezett eredményei |
| 3. táblázat | Gőzfal, hőcserélő mért eredményei |

Diagramok:

- | | |
|------------|--|
| 1. diagram | Gőzfal, hőcserélő modellezett eredményei |
| 2. diagram | Gőzfal, hőcserélő modellezett eredményei (Hőmérséklet) |
| 3. diagram | Gőzfal, hőcserélő modellezett eredményei (Nyomás) |
| 4. diagram | Gőzfal, hőcserélő mért eredményei |
| 5. diagram | Gőzfal, hőcserélő mért eredményei (Hőmérséklet) |
| 6. diagram | Gőzfal, hőcserélő mért eredményei (Nyomás) |

Mellékletek

1. számú melléklet

Tételjegyzék			
Sorszám	Jelölés	Megnevezés	Méret
1		Vízlágyító berendezés	
2		Gőzkazán	
3		Szelep	DN15 PN25
4		Szűrő	DN15 PN26
5		Cseppleválasztó	
6		Csap	
7		Szelep	DN15 PN16
8		Kondenztartály	
9		Kondenztartály	
10		Csap	
11		Szelep	DN25 PN16
12	PIC	Pneumatikus nyomás szabályozó	PN16-25
13	PC	Nyomásmérő (Pneumatikus nyomás szabályozóhoz)	
14	PI	Nyomásmérő óra	
15		Szelep	DN25 PN16
16		Szűrő	DN25 PN25
17		Szelep	DN25 PN16
18		Konfúzor	
19	TIC	Hőmérséklet alapú nyomás szabályozó	DN16 PN16
20		Diffúzor	
21		Szelep	DN25 PN16
22		Szelep	DN25 PN25-40
23		Konfúzor	
24	TC	Hőmérsékletalapú membrános nyomás szabályozó	DN16 PN16-25
25		Diffúzor	
26		Szelep	DN25 PN16
27		Szelep	DN25 PN17
28		Diffúzor	
29		Biztonsági szelep	2,2 BAR, 400°C
30		Szelep	DN25 PN16
31		Szelep	DN25 PN17
32		Szelep	DN25 PN18
Megnevezés: Hőátadás demonstrációs labor számítógépes modellezése, P&I rajz			
Név: Lengyel Lilla		Neptun kód: C25SDD	

2. számú melléklet

Tételjegyzék			
Sorszám	Jelölés	Megnevezés	Méret
33	PI	Nyomásmérő óra	
34	TI	Hőmérő óra	
35		Biztonsági szelep	10,5 BAR
36	TC	Nyomás szabályozó folyadéktartály	
37		Kondenz leválasztó	
38		Hőcserélő 1	
39	TI	Hőmérő óra	
40	TI	Hőmérő óra	
41		Csap	DN25 PN40
42		Biztonsági szelep	
43		Csap	
44		Csap	
45		Csap	
46		Csap	DN25 PN40
47		Diffúzor	
48	TI	Hőmérő óra	
49	TI	Hőmérő (Nyomás szabályozóhoz)	
50		Szivattyú	P=min 5, max 45 W
51		Szelep	
52		Manométer	
53		Csap	
54		Szelep	DN25 PN16
55	PI	Nyomásmérő óra	
56		Szelep	DN25 PN16
57		Betekintő ablak	
58		Kondenz leválasztó	
59		Betekintő ablak	
60		Csap	DN15 PN40
61		Szelep	DN25 PN16
62		Betekintő ablak	
63		Kondenz leválasztó	
64		Betekintő ablak	
65		Csap	DN15 PN40
66		Szelep	DN25 PN16
67		Szelep	DN25 PN17
Megnevezés: Hőátadás demonstrációs labor számítógépes modellezése, P&I rajz			
Név:		Neptun kód:	
Lengyel Lilla		C25SDD	

Tételjegyzék			
Sorszám	Jelölés	Megnevezés	Méret
68		Szelep	DN25 PN18
69		Csap	DN25 PN40
70		Hőcserélő 2	
71	TI	Hőmérő óra	
72	TI	Hőmérő óra	
73		Csap	
74		Csap	
75		Szelep	
76		Csap	
77		Biztonsági szelep	
78		Szelep	DN25 PN40
79		Csap	
80		Szivattyú	P= min 5, max 45 W
81		Szelep	
82		Manométer	
83		Csap	
84		Szelep	DN25 PN16
85	PI	Nyomásmérő óra	
86		Szelep	DN25 PN16
87		Szelep	DN15 PN16
88		Betekintő ablak	
89		Kondenz levélasztó	
90		Betekintő ablak	
91		Csap	DN15 PN40
92		Szelep	DN15 PN16
93		Betekintő ablak	
94		Kondenz levélasztó	
95		Betekintő ablak	
96		Csap	DN15 PN40
97		Csap	
98		Csap	
99		Ventillátoros hőcserélő 3	
100	TI	Hőmérő óra	
101		Csap	
102		Nagy víztartály	
Megnevezés:			
Hőátadás demonstrációs labor számítógépes modellezése, P&I rajz			
Név:		Neptun kód:	
Lengyel Lilla		C25SDD	

4. számú melléklet

Tételjegyzék			
Sorszám	Jelölés	Megnevezés	Méret
103		Biztonsági szelep	
104		Hőmérő óra	
105		Csap	
106		Biztonsági szelep	
107	TI	Hőmérő óra	
108		Csap	
109		Csap	
110		Biztonsági szelep	
111		Csap	
112		Csap	
113		Csap	
114		Csap	
115	PI	Nyomásmérő óra	
116		Csap	
117		Táglási tartály	
118	TI	Hőmérő óra	
119		Cseppleválasztó	
120		Cseppleválasztó	
121		Nyomásmérő óra	
122		Csap	
123		Hőmérő óra	
Megnevezés: Hőátadás demonstrációs labor számítógépes modellezése, P&I rajz			
Név:		Neptun kód:	
Lengyel Lilla		C25SDD	

