

DIPLOMADOLGOZAT

Gergely Attila
Létesítménymérnök MSc szak

Gödöllő
2023



MAGYAR AGRÁR- ÉS
ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Szent István Campus
Létesítménymérnök MSc Szak

**Technológiai forróvízkazán fűtési és gáz rendszerének
tervezése és kivitelezése**

Belső konzulens:	Dr. Szabó Márta egyetemi docens
Külső konzulens:	Gergely Dániel Épületgépész mérnök
Készítette:	Gergely Attila B4OF9A levelező tagozat
Intézet/Tanszék:	Műszaki Intézet / Épületgépészeti és Energetikai Tanszék

Gödöllő
2023

MŰSZAKI INTÉZET LÉTESÍTMÉNYMÉRNÖK MESTERSZAK
Épületgépész specializáció

DIPLOMADOLGOZAT

feladatlap

Gergely Attila (B4OF9A)

részére

A diplomadolgozat címe:

Technológiai forróvíz kazán fűtési és gáz rendszerének tervezése és kivitelezése

Feladatkiírás:

Szakirodalom elemzése. 1500 kW-os kazán fűtési és gáz rendszerének megtervezése. Csőhálózat hidraulikai méretezése, szabályzó szelepek méretezése és beállítási értékének meghatározása, tágulási tartály méretezése, szivattyúk kiválasztása.

Közreműködő tanszék: Épületgépészeti és Energetikai Tanszék

Külső konzulens: Gergely Dániel Zoltán, Lombos Lombr Kft, 1155 Budapest, Tóth István u. 116.

Belső konzulens: Dr. Szabó Márta Egyetemi docens, MATE, Műszaki Intézet

Beadási határidő: 2023. április 20.

Gödöllő, 2023. 04 hó 20 nap

Jóváhagyom

(tanszékvezető)

(szakfelelős)

Átvettem

(hallgató)

A dolgozat készítőjének külső konzulense nyilatkozom arról, hogy a hallgató az előre egyeztetett konzultációkon megjelent.

Gödöllő, 2023. hó nap

(külső konzulens)

Tartalom

1. Bevezetés	1
1.1. Célkitűzések	1
2. A technológia általános leírása.....	2
2.1. Kazánok	3
2.1.1. Forróvíz kazán.....	5
2.2. Fűtési rendszer	7
2.2.1. Szabályzó és beszabályzó szelepek	10
2.2.2. Szivattyúk	12
2.2.3. Tágulási tartály.....	16
2.2.4. Hőcserélő	17
2.3. Gázrendszerek.....	19
2.4. Jogszabályi környezet	21
2.5. Bosch UNIMAT UT-M14 technológiai leírása	23
3. Rendszer tervezése	26
3.1. Gázrendszer tervezése.....	26
3.3. Fűtés rendszer hidraulikai méretezése	30
3.4. Beszabályzó szelepek és keverőszelepek méretezése	44
3.5. Szivattyú kiválasztása	46
3.6. Tágulási tartály méretezése	47
4. Kivitelezés	52
4.1. Nyomástartó berendezések besorolása 9/2001. (IV.5) GM és 2/2016. (I.5.) NGM rendelet szerint	56
4.1.1. Kivitelezési előírások	56
4.1.2. Hegesztési előírások	58
5. Összefoglalás.....	60
Summary.....	61
Irodalomjegyzék.....	64
Mellékletek.....	66

1. Bevezetés

Diplomamunkámban gyakorlati és kivitelezési tapasztalataimra támaszkodva tervezem meg, egy technológiai forróvíz kazán gáz és fűtési hidraulikai hálózatát, ezt követően ismertetem a kivitelezés során felmerő nehézségeket és kihívásokat. A kivitelezés során segítségül hívom, a gépészeti szerelésben innovatívnak minősülő 3D lézer szkennert és az általa készített pontfelhőt. Továbbá a 3D modellezés egy olyan formáját is felhasználom dolgozatomban, mely túlmutat a gépészetben általánosan elfogadott 3D modelleken.

Dolgozatomban egy 1,5 MW fűtési teljesítményű forróvízkazán gázrendszer, illetve a technológia méretezését és kivitelezését végzem el. Méretezem a hálózat hidraulikai rendszerét és a gáz hálózat tápellátását. A munka végén ismertetem a nehézségeket, a tervezési és kivitelezési hibákat, melyben nagy hangsúlyt fektetek az előzetes felmérésre, a 3D modellalkotásra és a kivitelezés hiányosságaira.

1.1. Célkitűzések

Tervezési feladatomban azokra a tervezések és kivitelezési sajátosságokra mutatok példákat, melyek előfordulhatnak egy technológiai rendszerben. Ehhez a munkához több részterületet is elemzek, hiszen a műszaki követelmények és előírások mellett, különböző hatásági elvárásoknak is meg kell felelni.

Az épületgépészetben rengeteg különböző rendszerrel találkozunk a mérnöki pályán. Minden rendszer külön módszertant, tervezési és kivitelezési feltételeket támaszt a mérnökök előtt. A technológiai tervezés és kivitelezés egy magasabb hatásági szinten ellenőrzött szakág.

Megvizsgálom ezen rendszerekre vonatkozó tervezési előírásokat és rendeleteket, továbbá ismertetem a kivitelezésnél kötelezően előírt, betartandó szabályokat, hatásági rendeleteket és a számomra elérhető szabványokat. A leírásom kiterjed: a használható anyagokra, anyagminőségre, a hegesztési eljárásokra, csőhálózat és annak szigetelésének méretezésére, és egy ilyen rendszer hatásági átadására is.

Részletesen ismertetem a gáz és fűtési hálózat méretezését, a csőhálózat szigetelését a hidraulikai számításokat, a szivattyú és további szerelvények kiválasztását.

Külön foglalkozom azzal, hogy a hálózat kivitelezéséhez, hogy veszem igénybe a 3D lézer szkennert által készített pontfelhőt. a tervezéshez és a kivitelezéshez. Továbbá a lézer szkennert működését is részletesen ismertetem.

2. A technológia általános leírása

A tárgyalt technológiai fűtési rendszer célja, fűtési energia igény szolgáltatása egy gyártócsarnokban. Két külön rendszer ellátását szükséges biztosítani. Az egyik rendszer hőt igénylő egysége, egy festékszóró gép, a másik pedig egy légkezelő gép.

A hálózatot három fő elemre oszthatjuk. A hőtermelő egység egy 120/100°C-os forróvíz kazán, mely biztosítja a fűtési energiát. A fűtési rendszer zárt tágulási tartállyal biztosított, melynek membránja 120°C tartós hőmérsékletet is bírnia kell. A kazán füstgáz hőhasznosítóval rendelkezik, melynek hőjét, tápvíz előmelegítésre használjuk. A hőhasznosító külön szivattyúval és szerelvény sorral rendelkezik. A kazánba visszatér vízből, egy mintavételi állomás kiépítését teszi kötelezővé a gyártó, ennek kiépítése a kivitelezés részét képezi, de a tervezési feladatban nem szerepel, mivel a gyártó által előírt utasítások szerint szükséges a mintavétel helyét kiépíteni, erről pontos leírást kapunk a gyártótól. A mintavételi csapon keresztül ellenőrizhetjük, hogy a tápvíz megfelelő keménységgel, illetve vezetőképességgel rendelkezik. A kazánköri visszatér vízből, befecskendező kapcsolással szabályzást hajtunk végre motoros háromjáratú (kétutú) szeleppel. A kazán gázégőjét közműhálózatról lekötött, 100mbar felhasználási nyomású rendszer táplálja meg földgázzal. A tervezési és kivitelezési határ a gázmérő órától az égőfej csatlakozó csonkjáig tart. A közműhálózatról való lecsatlakozás, és a rendszer kiépítése a gázóraig nem része a feladatnak. A forróvíz kazán részletes bemutatásával egy külön fejezetben foglalkozom.

Az ellátott rendszerek részére a közeget egy nyomáskülönbség nélküli osztó-gyűjtőn keresztül juttatjuk el a fogyasztókhoz. A légkezelőgép és annak rendszere szekunder körön keresztül, hőcserélős leválasztással kerül kialakításra. Mivel a légkezelő hőmérséklet igénye alacsonyabb a primer körben előállított 120/100°C-nál, így indokolt a hőcserélős leválasztás. A hőcserélős leválasztást követően a 120/100°C-os közeg 60/40°C-os etilén-glikol közegre vált. Szekunder oldalon 30TF%-os etilén-glikol használata azért indokolt, mert a csőhálózat egy része kültéren halad, így elkerülhető a fagykár a rendszerben. A szekunder oldal adatai csak a hőcserélő méretezése miatt fontos, maga a rendszer egy meglévő rendszer. A primer rendszer hőszállító közege, kezelt víz. A közeg keringtetését primer oldalon száraz tengelyű, szekunder oldalon nedves tengelyű iker szivattyúk látják el.

A festékszóró gépről kevés adat áll rendelkezésre. A tervezéshez csupán két adatot szolgáltatott a technológia tulajdonosa. A szükséges hőigény 660kW fűtési teljesítmény,

a szükséges térfogatáram $28,2 \text{ m}^3/\text{h}$, továbbá rendelkezésre áll, a cső hossza és kialakítása, megtáplált gép ellenállása, így a nyomásvesztés kiszámolható. Ezen adatokat biztosító csatlakozó csontot kell kialakítani az osztó-gyűjtőn. Az osztó ágon egy pillangószelepet, a gyűjtő ágon pedig egy beszabályzó szelepet kell beépíteni, szivattyú erre az ágra nem kerül. Az elmenő csontokra fog csatlakozni a technológia kivitelezője. A légkezelő gép szekunder oldali, mely a hőcserélőjének primer oldali hőigénye, 800 kW , a szükséges térfogatáram pedig $34,2 \text{ m}^3/\text{h}$. A szekunder oldalon a mennyiségi szabályzást egy három járatú (kétutú) motoros szabályzószelep végezi. A szelep mozgató motorja 24V tápfeszültséggel és $0\text{-}10\text{V}$ vezérlőfeszültséggel ellátott. A hőcserélő szekunder oldala 2db légkezelő fűtő kaloriferjét látja el energiával, a szükséges térfogatáram 34200 kg/h . A légkezelő kör is külön zárt membrános tágulási tartállyal szerelt, szükséges hőfoklépcső $60/40^\circ\text{C}$. Szerelvények, berendezések kiválasztásánál figyelembe kell venni a glikol közeget.

A teljes rendszer $6,5\text{bar}$ -os biztonsági lefűvató szelepekkel rendelkezik, üzemi nyomás $2,5\text{-}3 \text{ bar}$ között mozog. A forróvíz kazánnak két gyári biztonsági szelepet szükséges kiépíteni, melynek kigőzölgő vezetéket az épületen kívülre kell vezetni, a technológiai utasítás szerinti méretben és iránytörésekkel. Így ez a rendszer nem kerül külön ismertetésre, a technológiai leírás csupán annyi ír elő, hogy maximum 3 irány törés legyen a kigőzölgő vezetékben és mérete $\text{DN}50$ legyen. Lefűvást követően a hideg kigőzölgő vezetékben a gőz kondenzálódik, így egy kondenz gyűjtő edényt is szükséges a biztonsági szelep kilépő csontjára építeni. A lecsapódó kondenz vizet külön kondenz tartályban kell gyűjteni, és ezt követően elvezetni a szennyvíz hálózatba. A szennyvíz hálózat kiépítése nem része a feladatnak.

A rendszer megtervezése előtt a szakirodalmat felhasználva ismertetem az egyes részegységeket, technológiákat és azok mérnöki alapjait. A forrásokat felhasználva és alkalmazva megtervezek a komplett fűtési és gáz rendszert.

2.1. Kazánok

A korszerű fűtőberendezés alkalmas arra, hogy energiatakarékos üzemet biztosítson. Ez programozható szabályozást jelent. A korszerű szabályozást manapság változó tömegáramú rendszerekkel valósítják meg. Például a nyomásváltozással járó zavaró hatások, továbbá a beszabályozási és szivattyúzási megoldásoknál fontos szerepet játszanak. Épületgépészet a gyakorlatban című könyv (ASBÓTH Dénes et al., 2004)

úgy fogalmaz, hogy a kazánok olyan hőtermelő berendezések, ahol hőenergia szabadul fel a tüzelőanyag elégetése során. Előbbi megfogalmazás egyszerűen írja le a kazánokat, mint gyűjtőfogalom. Azonban a mai fűtéstervezőknek szinte megszámlálhatatlan lehetősége van a különféle fajtájú, anyagú, szerkezetű és teljesítményű kazánok megválasztására. A választás megkönnyítése céljából, az évek során a szakértők, mérnökök különböző szempontok szerint csoportosították a kazánokat. Penninger Kalorikus Gépek című könyvében (Penninger, 2012) a kazánokat a hőerőgépek csoportjába sorolja, mely szerint a kazán egy olyan hőerőgép, amely folyamatosan vagy szakaszosan vesz fel hőenergiát és eközben munkát végez, majd a hőnek a nem hasznosult részét a környezetnek leadja.

A kazánok osztályozása többféle szempont szerint is történhet. A kazánkonstrukció pontos meghatározásához mindegyik szempontot figyelembe véve kell kiválasztani a szükséges berendezést. Lezsovits a Kazánok és Tüzelőberendezések oktatási segédanyagában (Lezsovits, 2016) tüzelőanyag szerint osztályozza az egyes kazántípusokat. (Lezsovits, 2016)

1. táblázat: Kazánok osztályozása tüzelőanyag szerint (Lezsovits, 2016)

Szilárdtüzelésű	Szén	Antracit
		Barnaszén
		Tőzeg
	Fa	Tűzifa
	Hulladék	Fahulladék
		Kommunális
		Ipari
Olajtüzelés	Tüzelőolaj	
	Fűtőolaj	
Gáztüzelés	Földgáz	
	Propán-bután gáz	
	Mesterséges gáz	Kohógáz
	Hulladékból	Biogáz

Talán egysel egyszerűbb a kazánokat felhasználási terület szerint csoportosítani.

A szakirodalomban az alábbi négy fő csoportra szokták osztani a kazánokat:

- hőerőművekben

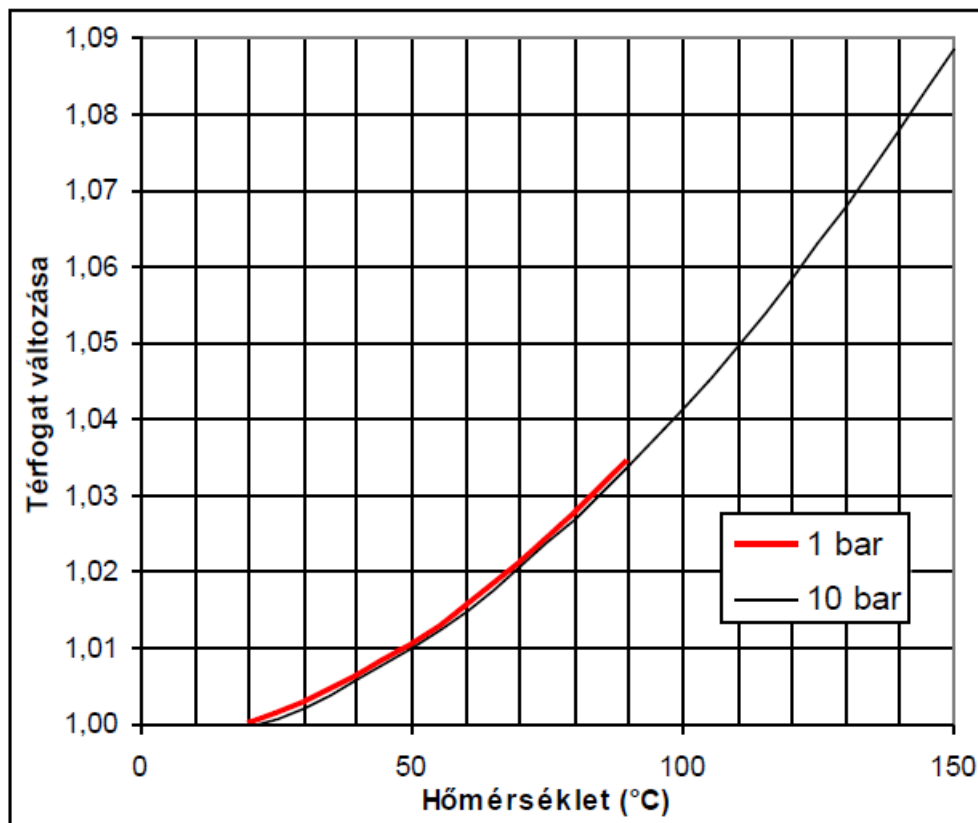
- fűtőművekben
- központi fűtőberendezésben
- egyedi fűtőberendezésben (Penninger, 2012)

Dolgozatomban tárgyalt hőtermelő a fenti két csoportosítás szerint egy gáztüzelésű egyedi fűtőberendezés. De még ez a két csoport sem írja le igazán a kiválasztott kazánt. A rendszerbe tervezett kazán egy ún. forróvíz kazán, mely berendezést Gerse, Kazánok II című kötetében (Gerse, 2014) a nagyvízterű kazánok, azon belül pedig a lángcsöves kazánok csoportjába sorol. (Gerse, 2014)

2.1.1. Forróvíz kazán

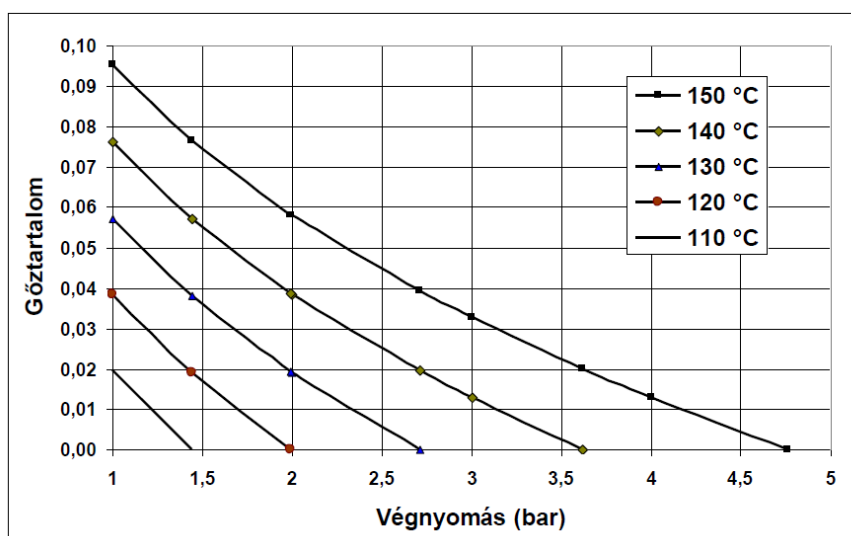
A szakirodalomban nem találtam egységes konszenzust, hogy pontosan milyen hőmérséklet tartomány felett számít egy kazán, forróvíz kazánnak. A legtöbb szakirodalom a 100 és 150 °C közé üzemi hőmérséklet közé helyezi ezeket a berendezéseket. A magyar jogrendben a 213/2019. (VIII. 27.) Korm. Rendelet 1. sz. mellékletének e) pontjában 110 °C felett nevesíti a forróvíz kazánokat.

Gerse úgy fogalmaz, a forróvíz kazánoknak azokat a kazánokat nevezzük, melynek kilépő szolgáltatott víz hőmérséklete nagyobb, mint 100 °C. Leggyakrabban fűtési, használati és technológiai melegvíz előállítására használják. Eltérés a gőzkazánoktól, a jellemző kisebb teljesítmény, illetve a tervezésükre, biztonságos üzemeltetésükre vonatkozó előírások. Arra is van példa, hogy egy kazán vezérléstől függően forróvíz vagy gőzkazánként üzemel. A berendezések feltöltése során a felhasznált, legtöbbször kezelt víz a felfűtés során kitágul, térfogatát a hőmérséklet függvényében változtatja, ahogy az 1. ábra mutatja. Ebből adódik, hogy a teljesen feltöltött rendszerből, indításkor a távozó vizet, üzemállapottól függően vissza kell pótolni. A kitáguló vízmennyiség befogadására, egy el nem zárható vezetéken keresztül, egy megfelelő tágulási tartályt kell csatlakoztatni. Gőzkazán eseténbe a tágulási tartály a szelepét a kazándob vagy nívóedény helyettesíti. Amennyiben az összekötő vezeték eltömődik valamilyen oknál fogva, és megszűnik az összeköttetése a tágulási tartály és a rendszer között, akkor ennek hatására a rendszer leggyengébb elemének alakváltozása, esetleg a kazán repedése is bekövetkezhet. A nyomás növekedése ellen biztonsági szelep beépítésével lehet védekezni. (Gerse, 2014)



1. ábra: 20°C-os víz térfogatváltozása melegítés hatására (Gerse, 2014)

A nyomás minimum 0,5-1,1 bar-ral magasabb, mint a maximális hőmérsékletéhez tartozó telítési nyomás, ehhez adódik hozzá a rendszer kiterjedéséből adódó hidrosztatikai nyomás. A forróvíz kazánokban szállított 100 °C-nál nagyobb hőmérsékletű közeg (többnyire víz, esetleg etilén vagy propilén glikol) egy része a közeghőmérsékletéhez tartozó telítési nyomásnál kisebb nyomáson elgőzölög (a közeg forrásnak indul). Ennek megakadályozására a kazán kilépő oldalán a csatlakozó vezetékben és szerelvényekben mindig az adott közeghez hőmérsékletéhez tartozó telítési nyomásnál nagyobb nyomást kell alkalmazni (1. ábra). A fent említettekből következik, hogy forróvíz rendszereknél alkalmazott biztonsági szelepek a gőzre vagy folyadékokra alkalmazott szelepektől eltérően viselkedik. Amikor a biztonsági szelepen csökken a nyomás, és a közeg hőmérsékletéhez tartozó telítési nyomás alá csökken, kigőzölgés indul meg, ezért a szelepet növekvő gőztartalmú, kétfázisú áramlást figyelembe véve kell méretezni. Ezt mutatja 2. ábra. (Gerse, 2014)

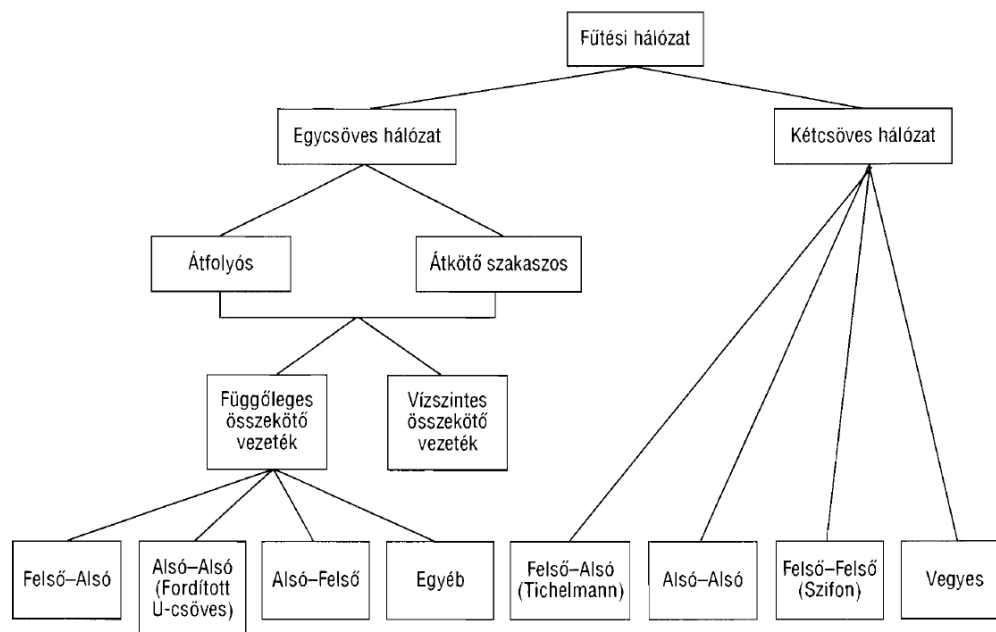


2. ábra: 10 bar nyomású víz kigőzölgése nyomáscsökkenés hatására (Gerse, 2014)

A megfelelő méretezés mellett is előfordulhat, hogy az üzemi paraméterek, anomáliák hatására, létrejöjjön a nyomáscsökkenéskor bekövetkező kigőzölgés. Ezt követően a nyomás visszatérésekor a kondenz víz keletkezhet a rendszerben, mely lökeshullámot idéz elő, így károsítva a rendszerben lévő elemeket. Emiatt a rendszer feltöltését csak lassan szabad elvégezni. A kazán rendszereket első feltöltéskor legtöbbször nem gáztalanított tápvízzel töltik fel. Az is gyakori, hogy feltöltéskor a rendszer légtelenítését nem végzik el kellő körültekintéssel, így a hálózatban maradt levegő belekeveredik a munkaközegbe, amit a szivattyúk még el is kevernek. Így a kazánban lévő munkaközeg gáztartalmú, „szódavíz” szerű munkaközeg lehet. A rendszer felfűtésekor, a jobban fűtött felületeken, megindul a gázkiválás, ami rövidebb ideig megnöveli a rendszerben lévő nyomást, ami a kilépőcsonton keresztül a munkaközeg gyors kilökődését idézi elő. Ez a kilökődés a rendszerben az íveknél, az impulzus erők miatt a csövek lengésével járhat együtt. Az így létrejövő lengések nem csak a hálózatot, de a tartószerkezetet és a szerelvényeket is károsítják. Megoldás ezekre a problémákra a lassú felfűtés a megfelelően kilégtelenített, gáztalanított közeg. (Gerse, 2014)

2.2. Fűtési rendszer

Akár az előbbieken a kazánokat, a fűtési hálózatokat is különböző rendszerek szerint csoportosítja a szakirodalom. ASBÓTH az Épületgépészet a gyakorlatban (ASBÓTH Dénes et al. 2004) az alábbiak szerint csoportosítja az egyes fűtési rendszereket.

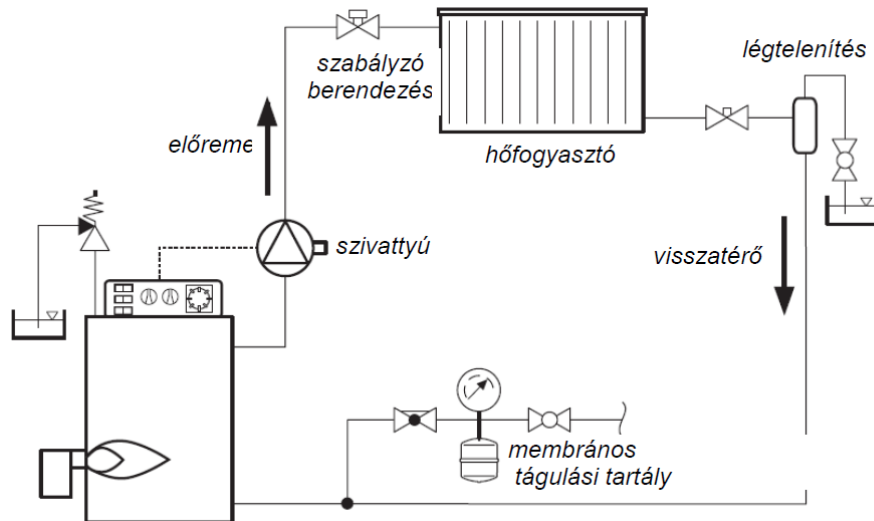


3. ábra: Fűtési rendszerek csoportosítása, (ASBÓTH Dénes et al. 2004)

Dolgozatomban egy zárt fűtési rendszert tervezek, így továbbiakban részletesebben ezzel foglalkozom. Míg egy vízellátási rendszer egy nyitott kifolyással rendelkező, szabad rendszer, a fűtési rendszer egy önmagában zárt rendszer alkot. A 4. ábrán a zárt fűtési rendszerek egyszerűsített sémája látható az összes szükséges berendezéssel és szerelvénnel, mely lehetővé teszi a biztonságos, gazdaságos működést. A fűtési rendszer üzembiztonsága több összetevőből áll össze. A kazánok és a szivattyúk meghatározása mellett a csőhálózat méretezése is olyan tervezői feladat, mely a gazdaságossági kérdéseken túl, nagy figyelmet fordít az üzembiztonságra. A rendszerek légtelenítése, a víz szűrése és a korrózió megszüntetése is üzembiztonsági kérdés.

A fűtési rendszert a következő elemekre lehet bontani:

- hőfejlesztő
- hőszállító és elosztó rendszer
- tárolási tartály nyomás szabályzáshoz
- hőfogyasztó
- szabályzó egység
- biztonsági szelep



4. ábra: zárt fűtési rendszer felépítése (Szivattyútechnika alapjai, 2005)

A dolgozatban tárgyalt rendszer a kétcsöves, vegyes hálózatok közé tartozik, ennek megfelelően kell elvégezni a méretezést.

A fűtési rendszer hidraulikai méretezésének célja, hogy az igények megfelelő, komfortos, energiatakarékos és gazdaságosan üzemelő rendszert kapjunk. Ehhez számtalan műszaki elvet és környezeti hatást kell figyelembe venni a tervezésnél. A csőhálózat méretezése, a szerelvények és szivattyúk pontos kiválasztása nélkülözhetetlen egy jól működő rendszerhez.

A csővezetékben végbemenő folyadékaramlás leírását az alábbi négy egyenlet határozza meg:

- az áramló tömeg megmaradását kifejező ún. kontinuitási egyenlet
- a mozgási egyenlet
- az áramló tömeg energiájának mérlegegyenletei
- az áramló folyadék termodinamikai állapotváltozói közötti kapcsolatokat kifejező termodinamikai állapotegyenletek (Gabrai, 2018)

A műszaki gyakorlatban az áramlás hidrodinamikai és termodinamikai állapotváltozóit az áramló folyadék nyomása, sebessége, hőmérséklete és sűrűsége jelenti. A számításoknál csak tengelyirányú áramlásokat veszünk figyelembe, sugárirányú és tangenciális áramlásokkal nem kalkulálunk. Fontos még kiemelni, hogy skaláris és nem vektoriális írásmódot használ a gyakorlat.

A fűtési rendszerek hidraulikai méretezésének elvégzését a gyakorlat pontokba szedi. Baumann Mihály Fűtéstechnika I. c. könyvében (Baumann, 2007) az alábbi pontokat határozta meg:

- alaprajzok, hálózat kialakítás, függcsőterv készítés,
- a hálózat szakaszokra bontása, melynek elve: egy-egy csőszakaszon belül sem a víz térfogatáram, sem pedig a csőátmérő nem változhat,
- fogyasztói hőáramok alapján a szakaszokon átáramló közeg térfogatáram meghatározása,
- csőátmérő előzetes meghatározása, $S' = 50-300 \text{ Pa/m}$ feltételek alapján,
- a meghatározott szakaszok ellenállásának számítása azzal a feltétellel, hogy a beszabályozásra való szerelvények nyitott állapotban vannak,
- áramkörökhöz tartozó szakaszok ellenállásának számítása, a legnagyobb ellenállású áramkör a mértékadó áramkör,
- mellékáramkörök nyomásvesztésének meghatározása, a hozzá tartozó szelepállás és fojtás meghatározása,
- mellékáramkörök ellenállásának ellenőrzése.

Amennyiben a fenti lépéseket követően változtatásra van szükség, akkor a csőátmérő választás pontjától a teljes metódust újra el kell végezni. Ezt a listát fogom követni a dolgozatban is a méretezésnél.

Természetesen nem csak a csőátmérő megválasztása a feladat. A teljes rendszer különböző szerelvények és berendezéseket tartalmaz. A dolgozatom további pontjaiban ki fogok térni a tágulási tartály, a szivattyú, a beszabályzó szelepek méretezésére, illetve a szükséges szakaszoló és elzáró szerelvények kiválasztására. De előtte a hidraulikai rendszer egyes részegységeit ismertetem a teljesség igénye nélkül.

2.2.1. Szabályzó és beszabályzó szelepek

Az épületekben használt meleg vizes fűtési rendszerek az idő előre haladtával egyre komfortosabb és kényelmesebb megoldást biztosítottak, azonban egyre nagyobb rendszerekkel egyre több problémával is szembesítette a mérnököket.

Az egyik ilyen probléma, hogy a hőközpontok legtávolabbi pontjában túl hideg volt, a legközelebbi helyen pedig túl meleg. A víz mindig a legkisebb ellenállás felé áramlik, ami azzal jár, hogy az állandó csőmérettel rendelkező fűtési rendszer térfogatárama jóval magasabb a szivattyúk közelében, min a legtávolabbi ponton. A kérdés tehát adott volt, lehet úgy beépíteni mesterséges ellenállásokat a rendszerbe, és befolyásolni az átfolyási mennyiségeket, hogy a szivattyútól való távolság azt nem befolyásolja? Ezzel a kérdéssel elkezdődött a hidraulikai beszabályzás fejlődése és vele együtt a szabályzó

és beszabályozó szelepek fejlesztése. (Herz)

Rudolf Jauschowitz Hidraulika a melegvízfűtés szíve című kötetében úgy fogalmaz, hogy a beszabályzás elsődleges célja mind fűtési, mind hűtési rendszerekben, hogy minden fogyasztónál biztosítsuk a megfelelő térfogatáramot. További cél, hogy a nyomáskülönbség azonos legyen minden körben, és az átfolyási mennyiségek a rendszerek találkozásánál kompatibilisek legyenek. Ezeket beszabályozó és szabályozó szelepekkel tudjuk biztosítani.

Egy szabályozó szelep jellemzőjét a bekövetkező nyomásveszteség határozza meg. A teljesen nyitott szabályozószelep esetén, a szelep miatti nyomásveszteség, a csomóponti nyomáskülönbség, a beépített alkatrészek és cső miatt nyomásveszteség különbségével egyenlő. Ez egyúttal a szelepen fellépő legkisebb nyomásveszteség is, Δp_{vmin} . Zárt szelepnél a teljes csomóponti nyomáskülönbség a szelepnél jelentkezik, mivel az átfolyás és ezért a cső és a szerelvények nyomásvesztése nulla. Ez a szelepnél fellépő legnagyobb nyomáskülönbség, Δp_{vmax} .

A szabályozószelepnél fellépő nyomásveszteség minden szelepmozgásnál változik. Ezt a változást a szelep átfolyási jelleggörbéje írja le, amely a hidraulikai sajátosságok és a szabályozott szakasz geometria jellemzői függvényében változik. Ezeket az összefüggéseket a szelep autoritási írja le.

$$a_v = \frac{\Delta p_{vmin}}{\Delta p_{vmax}}$$

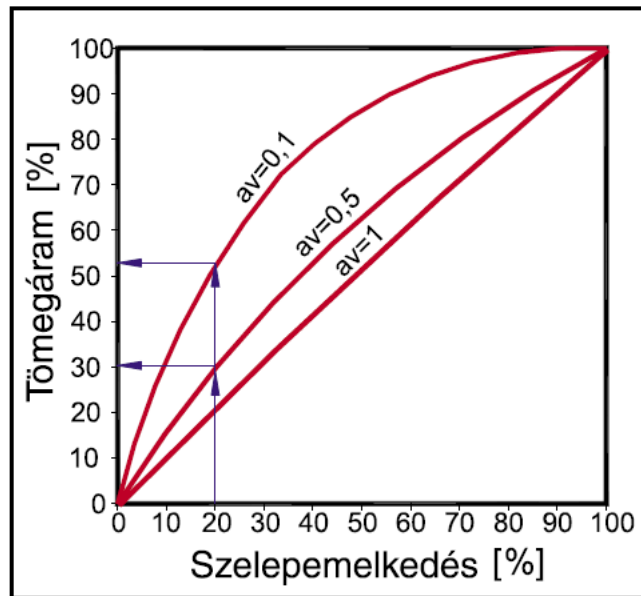
Ahol:

a_v : a szelepautoritás [-]

Δp_{vmin} : teljesen nyitott szelepnél fellépő nyomásveszteség [Pa]

Δp_{vmax} : zárt szelepnél fellépő nyomásveszteség [Pa]

A szakirodalmak szerint ahhoz, hogy megfelelő minőségű szabályozást érjünk el, célszerű a szelepautoritást 0,3-0,7 közötti tartományban megtartani.



5. ábra: Lineáris szabályozószelep különböző szelepautoritás szelepjelleggörbéi (Jauschowitz, 2007)

A szabályozó szelepek méretezését teljesen nyitott szabályozószelepnél jelentkező nyomáscsökkenés alapján, vagyis a névleges átfolyó vízáramnál szükséges elvégezni.

$$k_v = \frac{q_v}{\sqrt{\Delta p_{vmin}}}$$

Ahol:

k_v : a szelepen átfolyó térfogatáram 1 bar nyomáscsökkenésnél [m³/h]

q_v : térfogatáram [m³/h]

Δp_{vmin} : teljesen nyitott szelepnél fellépő nyomásvesztés [bar]

A szelepeket a fenti képlettel számított k_v érték alapján kell kiválasztani. A gyakorlat azt mutatja, hogy célszerű az egy mérettel kisebb k_v -értékű szelepet választani, hogy jobb szelepautoritást érjünk el. (Jauschowitz, 2007)

Dolgozatomban felhasználva az irodalomban lévő információkat méretezem a szabályzó és beszabályozó szelepeket.

2.2.2. Szivattyúk

Szivattyúkat az épületgépészet számos területén alkalmaznak, úgy mint: fűtés, hűtés, vízellátás, csatornázás. Ezen túlmenően megjelennek a sprinkler és egyéb technológiai rendszerekben is, kezdve az olajártól az élelmiszeriparon át az energiaiparig. A modern épületgépészetben a szivattyúk elterjedése előtt, gravitációs fűtési rendszereket alkalmaztak. Az ilyen gravitációs cirkuláció lassú indulása már a 20. század elején arra

a megoldásra sarkalta a mérnököket, hogy egy úgynevezett áramlás serkentő egységet építsenek be a fűtési rendszerekbe. Akkoriban a villamos motorok még alkalmatlanok voltak a szivattyúhajtásra, mivel nyitott forgórészük volt, mely jelentősen baleset veszélyes. Az első tokozott villanymotorok az 1920-as évek végén kaptak szabadalmat, mely lehetővé tették a szivattyúhajtást. Ma már igen széles választék áll rendelkezésre szivattyúk terén, melyek közül a legmodernebbek alacsony hőmérsékleten üzemelnek és nélkülük a fűtéstechnika nem volna lehetséges. (Szivattyútechnika alapjai, 2005)

Szivattyúkat elsősorban a két legfontosabb paraméter szerint osztályozunk, illetve választunk ki: a szállító magasság és a térfogatáram. Ezen információk alapján döntjük el, hogy a szivattyúnk alkalma-e a kívánt feladatra.

A szivattyúk legfontosabb tulajdonságai:

- Térfogatáram
- Fordulatszám
- Létrehozott nyomás
- Teljesítmény

Ezek a tulajdonságok összefüggenek. Az egyes tulajdonságok változása közötti kapcsolatot affinitási/arányossági összefüggéseknek nevezzük.

Az összefüggések az alábbiak szerint alakulnak:

A fordulatszám felezésével (n) a térfogatáram szintén feleződik ($\dot{V}$)

$$\frac{\dot{V}_2}{\dot{V}_1} = \frac{n_2}{n_1}$$

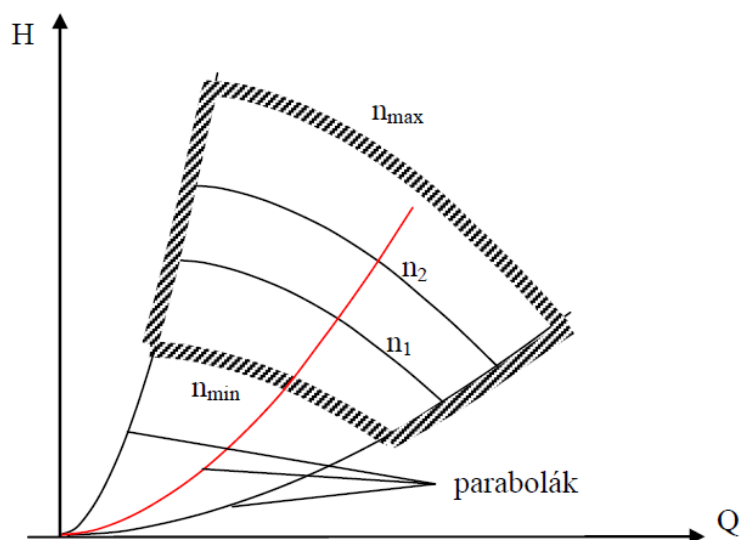
A fordulatszám feleződik, $\frac{1}{4}$ lesz a nyomás

$$\Delta p_2 = \Delta p_1 \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^2$$

A fordulatszám feleződik, $\frac{1}{8}$ lesz a teljesítmény

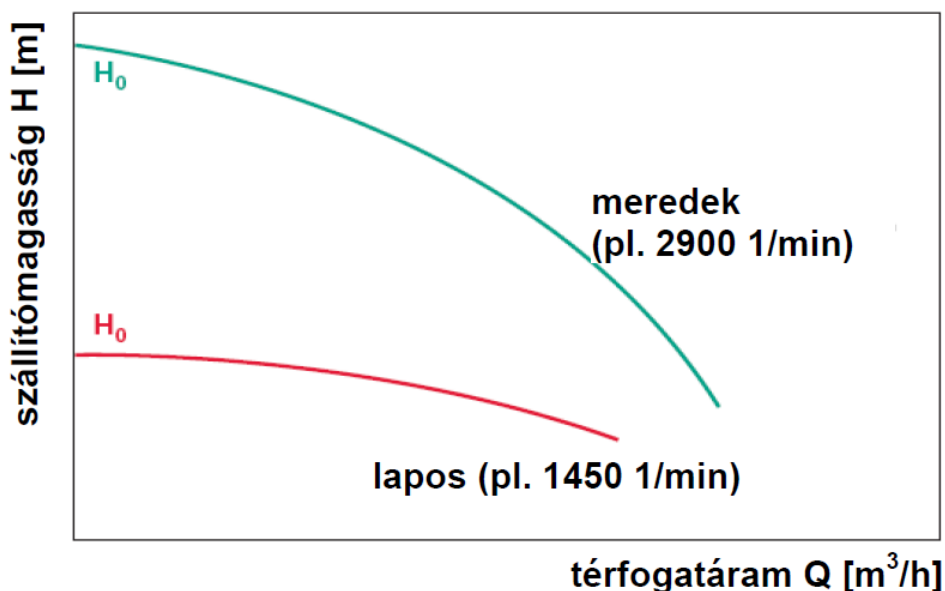
$$P_2 = P_1 \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^3$$

Az affinitás alkalmazhatósági tartománya a 6. ábrán látható. (Kullmann, 2017)



6. ábra: Affinitás alkalmazhatósági tartománya (Kullmann, 2017)

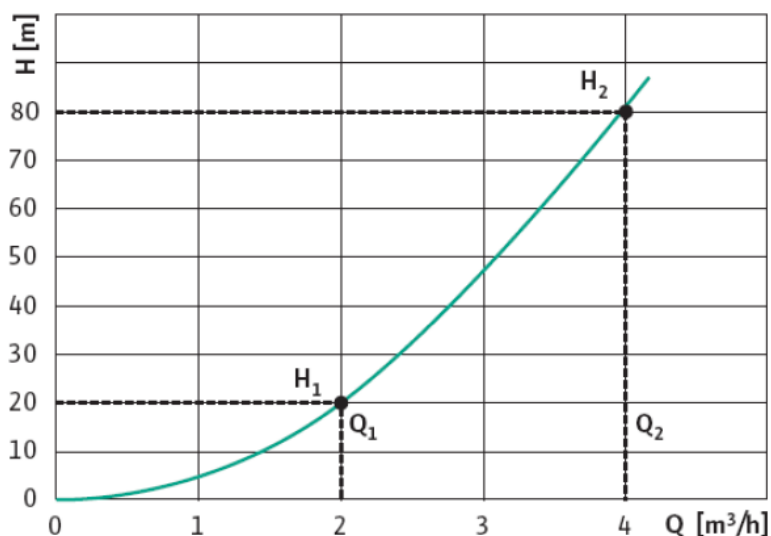
A szivattyú nyomásnövelését szállítómagasság formájában fejezzük ki. A szállítómagasságot (H) úgy definiálhatjuk, hogy vesszük a szivattyú által szállított folyadéknak átadott hasznos mechanikai munkát (E), és elosztjuk a szállított folyadék súlyra vonatkoztatott gravitációs gyorsulással (G). Ahogy az affinitás törvényeknél tárgyaltam a szivattyú által létrehozott nyomásnövekedés és a szivattyún átáramló térfogatáram függenek egymástól. (Wilo, 2005)



7. ábra: Szivattyú jelleggörbe (Wilo, 2005)

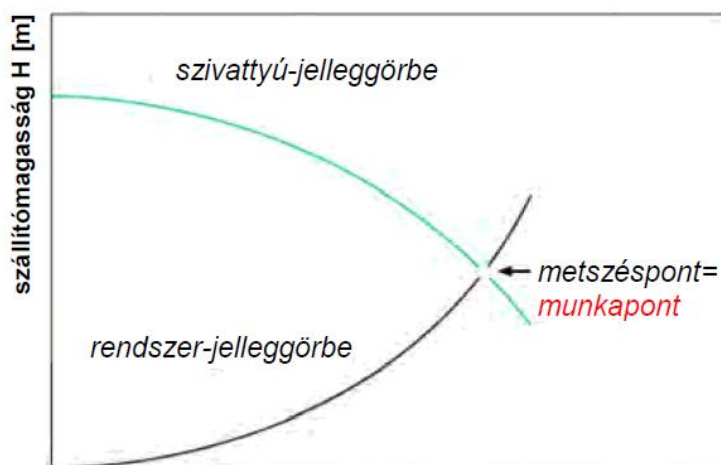
A szivattyúk pontos kiválasztásához szükségünk van a rendszer jelleggörbéjére is. A belső súrlódási ellenállása szállított közegben a teljes rendszernek megfelel nyomáscsökkenést okoz. A nyomásvesztés ezen túl még függ a szállított közeg hőmérsékletétől, az áramlási

sebességtől, a csőszűrlődési tényezőtől és a viszkozitástól is. Ezen értékek összessége egy rendszer jelleggörbét ad, melyet ugyan abba a diagrammba rajzolunk fel, mint a szivattyú jelleggörbét. A 8. ábra egy rendszer jelleggörbét mutatja. (Wilo, 2005)



8. ábra: Rendszer jelleggörbe (Wilo, 2005)

Ott, ahol a rendszer és a szivattyú jelleggörbéje elmetezi egymást, munkapontnak nevezik, ez az aktuális rendszer elméleti ideális működési pontja. Ebben a pontban áll fenn az egyensúly a csőhálózat teljesítmény igénye és a szivattyú teljesítmény kínálata között. (Török, 2011)

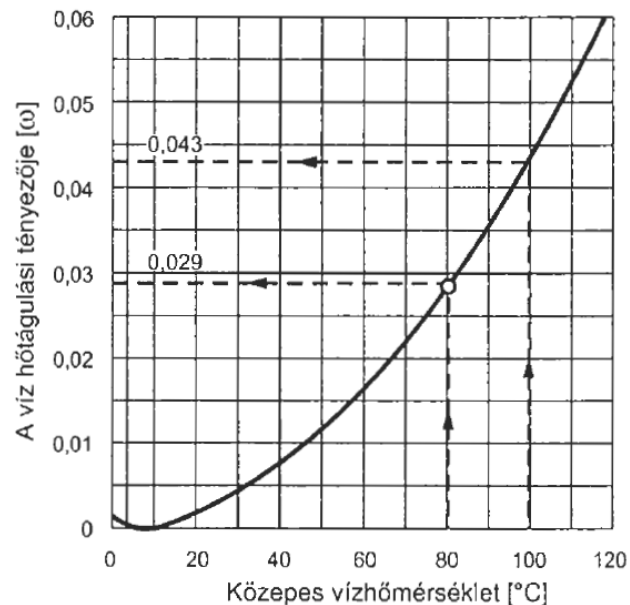


9. ábra: Szivattyú munkapont (Wilo, 2005)

A szivattyúknál azonban figyelembe kell venni, hogy egy bizonyos térfogatáram érték alá nem szabad menni, ugyanis ez a szivattyútérben túlmelegedéshez vezethet, mely csökkenti a szivattyú hatásfokát és élettartamát. (Wilo, 2005) (Kullmann, 2017) (Török, 2011)

2.2.3. Tágulási tartály

A fűtési rendszer tágulását és biztosítását nyitott, vagy zárt tágulási tartállyal oldjuk meg. Mindkettő típusnak a méretezés alapját a rendszer térfogata és a fajlagos tágulási együttható határozza meg. A víz tágulását a hőmérséklet függvényében a 10. ábra mutatja.



10. ábra: A víz tágulása a hőmérséklet függvényében (Barna, 2001)

Jelen fejezetben csak a zárt tágulási tartályokkal foglalkozunk, ugyan is a dolgozatban tárgyalt rendszerben is azt alkalmazom.

Barna et al, fűtéstechnika könyve szerint a zárt fűtési rendszerekben manapság a változó nyomási, membrános, zárt tágulási tartály alkalmazása a legelterjedtebb. A tartály biztosítja a rendszert a hozzátartozó tágulási vezetékkel és biztonsági szeleppel. A tartály maximális megengedett üzemi nyomását, amely egyben a biztonsági szelep lefűvadási nyomási is, úgy kell megválasztani, hogy a rendszer egyetlen eleme se szenvedjen károsodást Ez azt jelenti, hogy ennek az értéknek minimum 0,5 bar értékkel alacsonyabbnak kell lennie, mint a rendszerben megengedett maximális üzemi nyomás. A maximális pontot a rendszer leggyengébb pontja határozza meg, ez legtöbb esetben maga a tartály. A zárt tágulási tartály méretezésekor a nyomáshatárok megválasztását követi a tartály térfogatának meghatározása, amely a berendezés üzemén kívüli és üzemi állapotára felírt Boyle-Mariotte törvény szerint a következő összefüggésekből áll:

$$V_{t,névl} = V_{tág} * \frac{1}{1 - \frac{p_e}{p_{max}}}$$

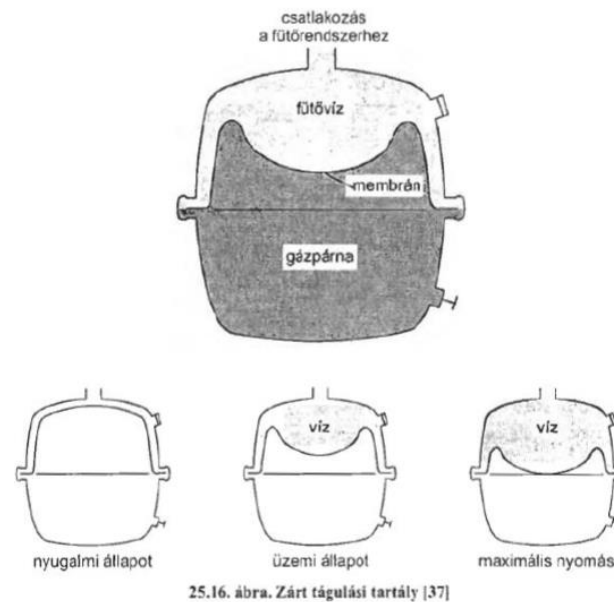
Ahol:

$V_{tág}$: a tágult víz térfogata [l]

p_e : a töltő vagy előnyomás, abszolút nyomás [bar]

p_{max} : a tartály évnnyomás, abszolút nyomás [bar] (Barna et al, 2001)

A 11. ábra egy zárt tágulási tartály működését mutatja be.



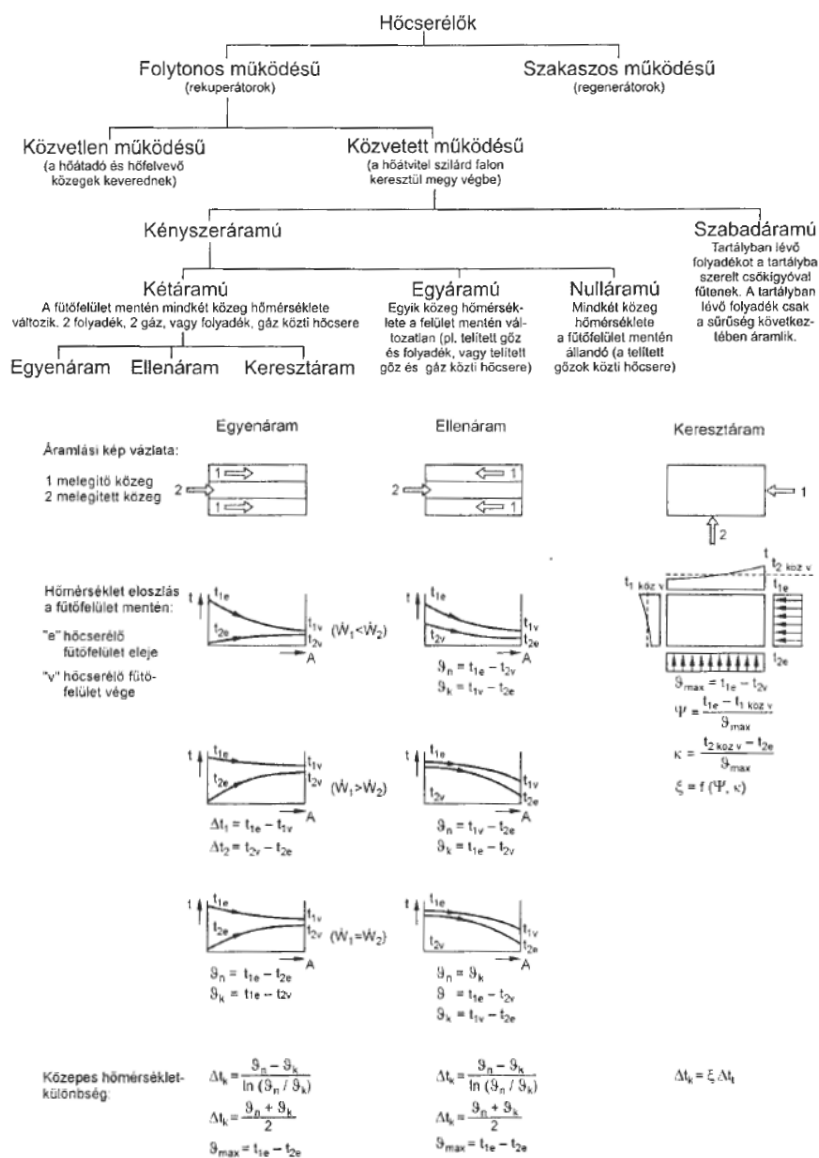
11. ábra: Zárt tágulási tartály működése (Barna et al, 2001)

Dolgozatomban konkrét példán keresztül ismertetem a méretezés menetét

2.2.4. Hőcserélő

Az fűtési rendszerekben lévő áramló közegek közötti hőcsere jelenségének valamennyi végbemenő folyamat során döntő jelentősége van. Barna et al. Fűtéstechnika c. könyvében megjegyzi, hogy az épületgépészti és ezen belül a fűtéstechnikai rendszerekben számtalan helyen és megoldásban alkalmaznak hőcserélőket. A szerzők úgy fogalmazzák meg a hőcserélőket, hogy a hőcserélők nem közvetlenül a helyiségek fűtését szolgálják, hanem a nagyobb nyomású és hőmérsékletű áramló közeg adja át a hőjét a kisebb nyomású és hőmérsékletű áramló közegnek.

A hőcserélők igen széles az technikai élet szinte valamennyi színterén alkalmazzák, a hőcserélők általános felosztását a 12. ábra szemlélteti.



12. ábra: Hőcserélők általános felosztása (Barna et al., 2001)

Az ábrán feltüntetett a hőcserélőkben kialakuló áramlási kép vázlata, valamint a hőmérséklet-eloszlás is a fűtő felület mentén. A hőmérséklet-eloszlás alapján határozható meg az egyes elrendezések esetén a közepes hőmérséklet-különbség, amely a hőcserélők méretezésének egyik kiinduló alapja. A hőcserélők méretezése kétféle feladat formájában lehetséges és ez két kérdést vet fel:

- mekkora hőcserélő-felület szükséges adott teljesítmény biztosításához, illetve az adott közeghőmérséklet eléréséhez
- adott, meglévő hőcserélő-berendezés milyen teljesítmény, illetve milyen közeghőmérséklet biztosítására képes.

Barna (Fűtéstechnika, 2001) szerint a hőcserélők kiválasztás és méretezése az egyik legszebb, leginkább összetettebb feladat az épületgépészetben. A keresztmetszetek

csökkenésével ugyanis nő az áramlási sebesség, ezzel párhuzamosan a hőátadási tényező, tehát csökkenthető a felület, de ugyanakkor nő az áramlási ellenállás és így a szivattyúzási munka is. Manapság a gyártók olyan speciális számítógépes programokat szánálnak, hogy a hagyományosnak tekintett hőcserélő tervezést már a tervezők nem végzik el. Így elegendő, ha méretezés alapelveit ismerjük.

A feladatok megoldásához alapvetően a teljesítmény meghatározására szolgáló összefüggést alkalmazzuk:

$$Q = A * k * \Delta t_k$$

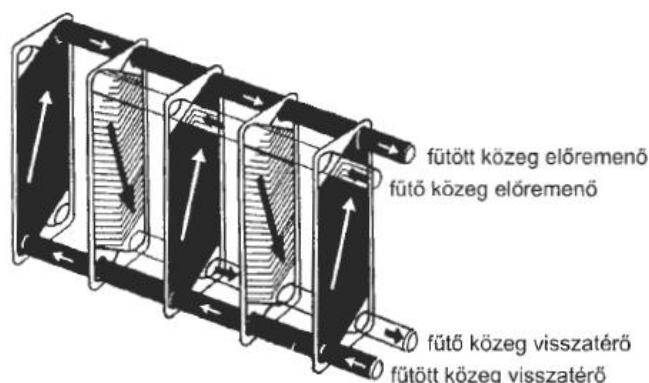
Ahol:

A: a hőcserélő felülete [m²]

k: a hőátbocsátási tényező [W/m²*K]

Δt_k : a közepes hőmérséklet különbség [K] (Barna et al., 2001)

Napjainkban, a mai hőközpontokban leginkább az úgynevezett lemezes hőcserélőket alkalmazzák. Ezen típus rendkívüli rugalmasságot biztosít mind az áramlási-hőátadási optimum, mind pedig a beépítendő felület szempontjából.



13. ábra: Lemezes hőcserélők működési elve (Barna et al., 2001)

A lemezes hőcserélők lapanyaga rozsdamentes acél, igen kis ellenállású, és a turbulencia nagymértékű fokozását elősegítő kialakítással. A járatokban a közeg sebessége módosítható, így növelhető a fűtő és fűtött oldali hőátbocsátási és a hőátadási tényező is. Ezzel a konstrukcióval egy olyan gazdaságos és hatékony megoldást kapunk, hogy a régebbi típusú hőcserélők teljesen kiszorulóban vannak. (Barna et al., 2001)

Dolgozatomban tárgyalt fűtési rendszerbe is lemezes hőcserélő kerül beépítésre.

2.3. Gázrendszerek

A gáz, mint energiahordozó nagy jelentőséget kapott Magyarország energiaellátásában. A vezetékes gázellátás 1855-ben kezdődött ez első pesti gázgyár építése és a

csővezetékek fektetése után. 1856-ban gyulladt ki az első utcai közvilágítás. 1960-ra már több városban is megjelent a vezetékes gázellátás, úgy mint, Miskolc, Debrecen, Pécs vagy Szeged. Napjainkban a gázhálózat szempontjából Magyarország az egyik legjobban lefedett ország az európai régióban.



14. ábra: Magyarország gázhálózata (Wattler.eu)

A gáztechnikában fontos megismerni néhány alapfogalmat. Baumann Mihály Gáztechnika jegyzetében, úgy fogalmaz, hogy ezen alapfogalmak közül is a két legfontosabb a fűtőérték és az égéshő. (Baumann, 2007).

- A fűtőérték (alsó fűtőérték): az 1 m³ földgáz elégetésekor felszabaduló hőmennyiség, ahol az égéskor keletkezett víz, gőz halmazállapotban marad.
- Égéshő (felső fűtőérték): valamivel több hőt nyerhetünk ki 1 m³ földgázból, ha az égéskor keletkezett víz lecsapódik folyadék halmazállapotban. Ezt mennyiséget, amit ekkor nyerhetünk ki, nevezünk égéshőnek. (Baumann, 2007).

A földgázokat az égési jellemzők alapján az MSZ 1648:2000 szabvány gázcsoportokba sorolja, ezeket a csoportokat a Wobbe-szám alapján határozzák meg.

A Wobbe-szám a harmadik fontos égési jellemzője a gázoknak a fűtőérték és az égéshő mellett. Ezt a jellemzőt úgy határozhatjuk meg, hogy a gáz égéshőjét osztjuk a gáz relatív sűrűségének négyzetgyökével. (Baumann, 2007)

A gázhálózat méretezésénél is számol szabványt és előírást is figyelembe kell venni az anyaghasználatától kezdve a nyomásfokozatok, gázmérők és szerelvények alkalmazásáig. Magyarországon az MVM Next Földgázhálózat tervezői és kivitelezői segédletek 1. sz. mellékletében az alábbi pontokban foglalja össze a gázhálózat méretezését:

- Felhasználási igények meghatározása: Az első lépés az, hogy meghatározzuk a

tervezett gázhálózatra vonatkozó felhasználási igényeket. Ez magában foglalja a várható gázfogyasztást az adott területen, beleértve az ipari, lakossági és kereskedelmi felhasználókat is. Az aktuális és jövőbeli gázfogyasztási adatok alapján kell meghatározni a hálózat méretét.

- Nyomás és gázminőség követelmények: A gázhálózat méretezésekor figyelembe kell venni a helyi gázminőségi és nyomási követelményeket is. Az egyes területeken alkalmazott nyomások és gázminőségi előírások befolyásolhatják a hálózat méretét és a használt anyagok kiválasztását.
- Csővezeték tervezése: A gázhálózat méretezése magában foglalja a csővezetékek tervezését is, amelyek a gáz szállítását végzik. Az egyes csővezetékek megfelelő átmérőjének meghatározása a tervezett gázáramlási sebességtől, a hosszától, a terheléstől és a gáznyomástól függ. A helyes csőátmérő kiválasztása elengedhetetlen a hatékony és megbízható gázszállításhoz.
- Szerelvények és berendezések tervezése: A gázhálózat méretezésekor figyelembe kell venni a szükséges szerelvények és berendezések tervezését is, például a nyomáscsökkentő állomások, szelepek, szűrők, mérők és más tartozékok kiválasztását.
- Biztonsági előírások: A gázhálózat méretezésekor a biztonsági előírásoknak is meg kell felelni. Ez magában foglalja a gázkimaradások és robbanásveszély kockázatának minimalizálását, valamint a szivárgások és más biztonsági kockázatok kezelését.
- Hálózati szimuláció és terhelési számítások. (MVM, 2021)

2.4. Jogszabályi környezet

A fentiekben ismertettem, hogy a kazánokat, a fűtési rendszert és azok elemét, továbbá a gázrendszereket. A dolgozatban tárgyalt rendszer a magasabb hőmérséklet miatt, a víz folyadéktartására magasabb nyomást kell alkalmazni, emiatt már veszélyes üzemnek minősül, a biztonságtechnikai előírások sokkal szigorúbbak. Jelen fejezetben ismertetem a jogszabályi környezetet mely kiterjed a tervezési és kivitelezési előírásokra is.

A magyar jogszabályok a forróvíz kazánokat külön nem, de közeghőmérséklet és nyomásosztály szerint az egyes rendszereket szabályozza. Magyarországon bizonyos üzemi paraméterek közé eső technológiai rendszereket nyomástartó edényeknek nevezzük.

Azt, hogy mi számít nyomástartó edénynek a 213/2019. (VIII. 27.) Korm. rendelet határozza meg, melyek a következők:

„- a) gáztöltetű nyomástartó edény - az e) alponban meghatározottak kivételével - amelynek töltete veszélyes töltet: ha a nyomása (PS) nagyobb, mint 0,5 bar, térfogata (V) nagyobb, mint 25 liter és a $PS \times V$ szorzat nagyobb, mint 1000 bar $\times$ liter;

- b) * gáztöltetű nyomástartó edény - az e) alponban meghatározottak kivételével -, amelynek töltete nem veszélyes töltet: ha a nyomása (PS) nagyobb, mint 0,5 bar, térfogata (V) nagyobb, mint 50 liter és a $PS \times V$ szorzat nagyobb, mint 10 000 bar $\times$ liter;

- c) folyadéktöltetű nyomástartó edény - az e) alponban meghatározottak kivételével -, amelynek töltete veszélyes töltet: ha a nyomása (PS) nagyobb, mint 10 bar, térfogata (V) nagyobb, mint 100 liter és a $PS \times V$ szorzat nagyobb, mint 5000 bar $\times$ liter;

- d) folyadéktöltetű nyomástartó edény - az e) alponban meghatározottak kivételével -, amelynek töltete nem veszélyes töltet: ha a nyomása (PS) nagyobb, mint 10 bar és térfogata (V) nagyobb, mint 200 liter és a $PS \times V$ szorzat nagyobb, mint 10 000 bar $\times$ liter;

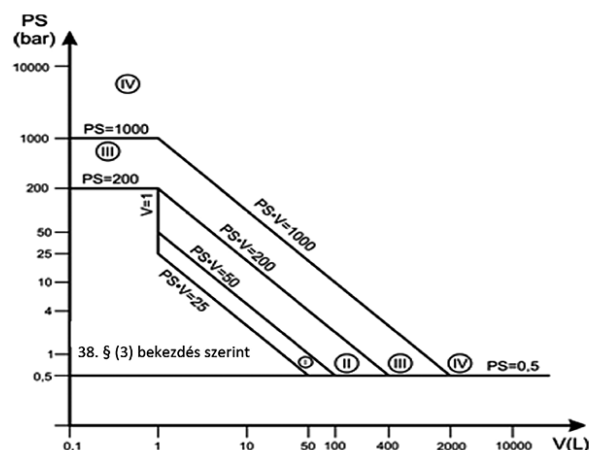
- e) a túlhevülési veszély lehetőségével üzemelő, tüzeléssel vagy más módon fűtött, nagyobb, mint 110 °C hőmérsékletű gőz vagy forró víz előállítására szolgáló, vagy más technológiai célra igénybevett nyomástartó berendezés, továbbá minden nyomással igénybe vett főzőedény: ha a nyomása (PS) nagyobb, mint 0,5 bar, térfogata (V) nagyobb, mint 25 liter és a $PS \times V$ szorzat nagyobb, mint 1000 bar $\times$ liter.” (213/2019. (VIII. 27.) Korm. rendelet 17. § (1))

A rendeletben egyértelműen leírásra került, hogy az általam vizsgált rendszer az „e)” pontban meghatározott csoportba tartozik. A hőmérsékleti értéket ismerjük, a $PS \times V$ szorzat pedig az alábbiak szerint alakul:

- Bosch UNIMAT UT-M14 térfogata (V): 1690 l
- Nyomás (PS): 6 bar
- $PS \times V = 10.140$

A magyar előírásokon kívül meg kell felelni, az úgynevezett PED (Pressure Equipment Directive) rendeletnek, mely felett „az európai parlament és a tanács 2014/68/eu irányelve” rendelkezik. A PED rendelet, négy különböző besorolási pontot határozott meg, a töltet tulajdonságai és a berendezés nyomása és térfogata függvényében, melyre a 213/2019. (VIII. 27.) Korm. rendelet is hivatkozik.

Hogy melyik PED besorolásba tartozik a vizsgált rendszer az a 2. ábráról leolvasható.



15. ábra: PED besorolás diagramm (44/2016. (XI. 28.) NGM rendelet 38. § (3))

Tekintettel a legnagyobb megengedhető nyomásra (PS), a térfogatra (V) és a $PS \times V$ szorzatra, megállapítható, hogy a rendszer, PED szerint a IV. kategóriába tartozik.

Ebben az esetben nem csak tervezésnél kell különböző előírásokat figyelembe venni, de a kivitelezésnél is. Dolgozatom egy ilyen rendszer kivitelezési nehézségeire koncentrálok. (44/2016. (XI. 28.) NGM rendelet 38. § (3))

2.5. Bosch UNIMAT UT-M14 technológiai leírása

A tárgyalt kazán a beruházó/lebonyolító által megadott üzemi paraméterek alapján került kiválasztásra. Az UT-M széles körben alkalmazott típus a technológiai folyamatokban, ipari fűtőrendszerekben, irodai létesítményekben, de akár a távhőszolgáltatásban is alkalmazható. Magának a kazánnak a megtervezését nem tárgyalja dolgozatom, így csak egy részletes bemutatást készítek, amiből megismerhető, hogy miért ezt a típust választotta a megrendelő tüzelőberendezésnek. A következőkben a kazán technológiai adatait, illetve telepítési feltételeit ismertetem.

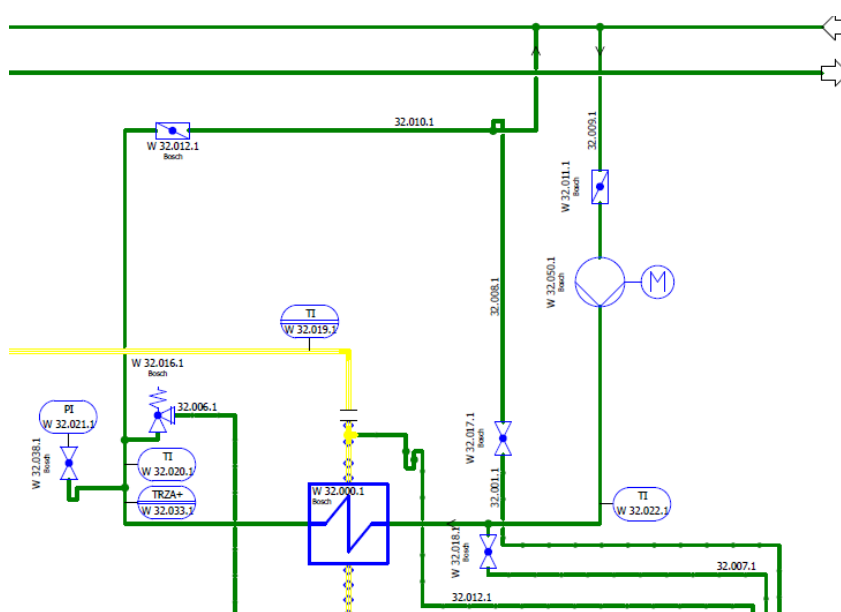
2. táblázat Bosch UNIMAT UT-M kazán általános adatai

Hőhordozó közeg	Nagynyomású forróvíz
Kialakítás	Füstcsöves kazán
Teljesítménytartomány	750-19.200 kW
Nyomáosztály	PN16
Maximális hőmérséklet	190 °C
Tüzelőanyag	Olaj, gáz

A kazán hatékonysága belső felépítésében keresendő. Az égőtér végének belső részén egy füstgáz fordító kamra helyezkedik el, mely biztosítja az egyenletes hőtermelést és átadást a közvetítő közegnek. Az égőtér és a víztér térfogata és csatlakozása biztosítja az optimális hatásfokot. A teljes kazántest ásványgyapot szigeteléssel ellátott, hogy minimalizálja a hő veszteséget kazántesten keresztül.

A kazán szállítási terjedelme nem csak a kazántestre vonatkozik. A kazánnal együtt érkeznek a biztonsági szelepek, az égőfej, a vezérlőszekrény és egy mérőcsoport is, mely különböző hő, és nyomásmérőket és érzékelőket tartalmaz.

Kazán égőtér végében helyet kap egy füstgáz hő hasznosító (ECO) rendszer is. A keletkezett füstgázban rengeteg fel nem használt energia található. A füstgáz hőjének hasznosítása nagy mértékben növeli a kazán hatásfokát. Jelen konstrukcióban a füstgázban lévő hőt, tápvíz előmelegítésre használja a kazán. Az ECO külön szivattyúkörrrel rendelkezik, mely kazánba visszatérő rendszerből vételezi a vizet és hajtja keresztül a hőhasznosító hőcserélőjén. Az így kinyert hővel növelhető a kazánba visszatérő víz hőmérséklete. A növelt visszatérő hőmérséklettel csökkentjük a Δt értéket az előremenő és visszatérő hőmérséklet között, így kevesebb tüzelőanyagot kell elhasználnunk, csökkentjük a gázfogyasztását a kazánnak, így gazdaságosabb üzemeltetést tudunk elérni. (Bosch, 2013)

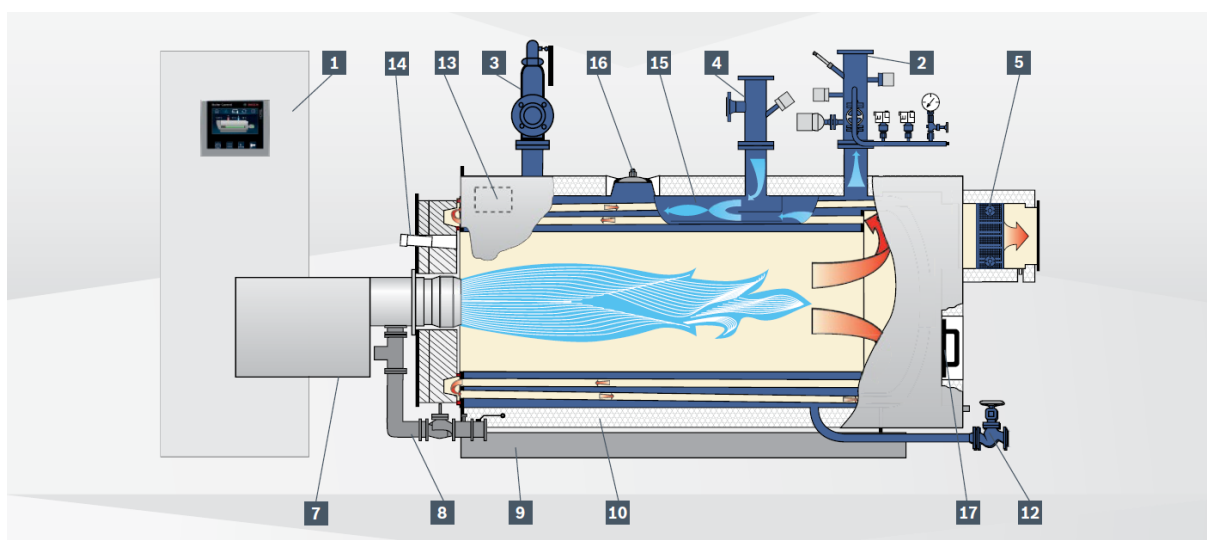


16. ábra Füstgáz hőhasznosító P&I diagrammja (Bosch, 2022)

A hőcsere a hőhasznosítóban kétféle fizikai jelenség alapján történik: a tűzteret körülvevő hőhasznosító rész döntően a láng sugárzással átadott hőjét veszi fel, majd a továbbiakban a hőhasznosítás konvekciós úton, az ún. konvektív felületeken történik. Amennyiben a

hőhordozóközeg levegő, meleg vagy forróvíz, akkor a hőhasznosítóban nincs fázisváltás, csak közeg felmelegítés történik. A hőhasznosító alkalmazása nem csak a gazdaságos üzemelés miatt fontos. A ECO egyenletes felterhelésével csökkenthetjük a kazánban, felfűtés alkalmával létrejövő hőfeszültségeket, így növelve a kazán élettartamát.

A fent leírtak miatt ez a kazán konstrukció különösen alkalmas technológiai hőellátásra. A viszonylag egyszerű és olcsó gyártástechnológia és az előbbiekben említett műszaki adatok miatt, amennyiben más kíváncsi nem merül fel, a legtöbb technológiai fűtésnél ezt a kazánkonstrukciót alkalmazzák. A 17. ábrán a kazán felépítését mutatom be.



17. ábra Bosch UNIMAT UT-M felépítése (Bosch, 2013)

- | | |
|---|--|
| 1: Kazán vezérlőszekrény | 9: Szigetelt burkolat |
| 2: Előremenő csomagtartó: | 10: Feltöltési csomagtartó |
| - áramlásmérővel, | |
| - hőmérsékletérzékelővel, | |
| - vízszintjelzővel, | |
| - nyomásérzékelővel, | |
| - nyomásszabályzóval. | |
| 3: Biztonsági szelep | 11: Elektromos csatlakozó doboz |
| 4: Visszatérő csomagtartó: | 12: Nézőüveg |
| - hőmérséklet érzékelővel, | |
| - biztonsági leállítási csomagtartóval. | |
| 5: Füstgáz hőhasznosító (ECO) | 13: Befecskendező belső hőmérséklet emeléséhez |

6: Égőfej

14: Vízoldali ellenőrző nyílás

7: Gázszabályzó modul

15: Gázoldali ellenőrző nyílás

8: Alapkeret

Magának a kazánnak a megtervezése nem tárgya dolgozatomnak. A tervezett fűtési rendszer összesített hőigényéhez és hőmérséklet igényéhez mérten került kiválasztásra a megfelelő fűtőberendezés. Miután az épületenergetikai jellemzőket meghatározták, a kazán katalógusból a megrendelői igényeknek megfelelően kiválasztásra került. A továbbiakban a fűtési és gázrendszer tervezésére fókuszálok.

3. Rendszer tervezése

3.1. Gázrendszer tervezése

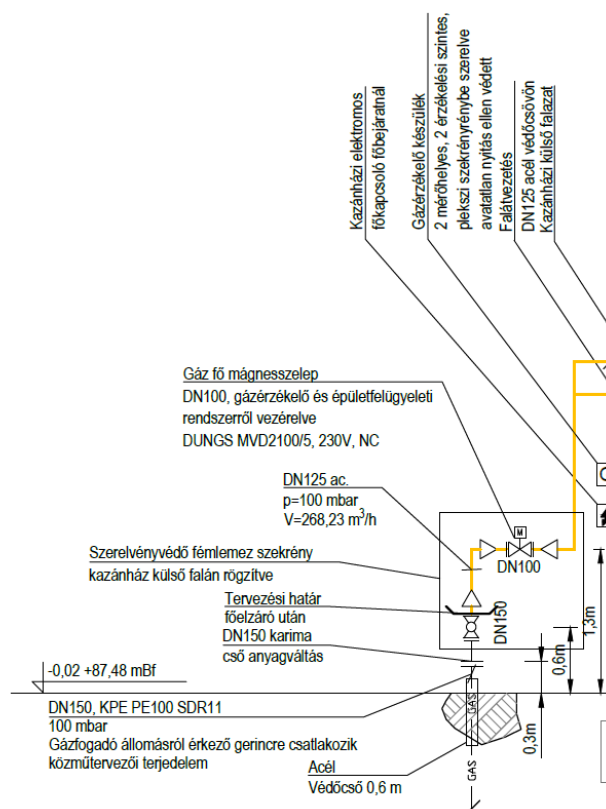
A tervezés tárgya a technológiai forróvíz kazán épületen belüli gázfelhasználáshoz tartozó, mért fogyasztói vezeték méretezése. A fali felállástól a készülék nyomáscsökkentőig 100 mbar-os rendszer került kiépítésre, ezt követően a fogyasztás kisnyomáson történik. A tervezésnél a hatályban lévő szabványokon kívül, a Magyarországon lévő rendeleteket és előírásokat szintén be kell tartani, különös tekintettel a gázipari szakági műszaki előírásokra (GMBSZ). A tervezés nem terjed ki a kazánház, mint technológiai helyiséget érintő, további rendszerekre, mint pl.: gázveszély érzékelő, vész szellőző ventilátor, túlnyomást levezető zsalu, füstgáz elvezető rendszer. (1/2020. (I. 13.) Korm. rendelet 2. §)

A szállított gáz jellemzői:

Az ingatlan ellátása (szállított gáz jellemzője) az MSZ 1648:2000 szerinti közszolgáltatású, vezetékes földgázzal történik.

- A földgáz fűtőértéke: $34,0 \text{ MJ/Nm}^3$
- Elosztó hálózat nagyközépnomású: 4-6 bar,

A fogyasztói hálózat 100 mbar, felhasználás kisnyomáson történik. A gázfogyasztás mérése a tervezési területen kívül esik. A mérés helyét és annak pontos műszaki részleteit a telken belüli gázhálózati terv tartalmazza. A tervezett berendezés 2. pontban tárgyalt Bosch UNIMAT UT-M14 típusú forróvíz kazán. A kazán gázfogyasztás $162,63 \text{ m}^3/\text{h}$. Minden gázkészülék elé, készülék-nyomásszabályozó szerelvényt tervezek, mely elzárókból, szűrőből, készülék nyomásszabályozóból és nyomásmérő órából áll. A tervezési határ az épület külső oldalán található fő gáz mágnesszelep elmenő csónkjától a kazán égőfej belépő gázcsónkjáig tart.



18. ábra Tervezési határ az épület falánál

Mivel a meglévő csatlakozási pont anyaga fekete acélcső, így én is fekete acélcsővel folytatom a nyomvonalat a felhasználási pontig. Az ipari célú gáz felhasználók fogyasztói vezetékeit úgy kell megtervezni, hogy a cső anyagában lévő mechanikai feszültségek nem haladhatják meg a minimális folyási szilárdság ($R_t 0,5$) és a tervezési tényező (f_0) szorzatát. A tervezési (biztonsági) tényező fém anyagú vezetékek esetén legfeljebb 0,67, az MSZ EN 1555 szabványsorozat alapján (szorzó tényezőként használva) legfeljebb 0,5, a szabvány szerinti képlet alkalmazása esetén, értéke legalább 2,0 legyen. Jelen esetben minket a használható acélcső értékei fontosak. Acélcső az MSZ EN 10208-2 [Acélcsövek éghető közegek csővezetékeihez, műszaki szállítási feltételek] vagy az MSZ EN 10255 [Hegesztésre és menetvágásra alkalmas ötvözetlen acélcsövek, műszaki szállítási feltételek] szabványnak vagy azzal egyenértékű műszaki feltételnek feleljen meg. Hegesztett kötéssel, hagyományos módon történő kivitelezés esetén hegesztett acélcsövek MSZ EN 10220 [Varratnélküli és hegesztett acélcsövek. Méretek és hossz egységenkénti tömegek] szabvány szerinti méretűek és az MSZ EN 10296-1 [Hegesztett acélcsövek mechanikai és általános műszaki célra – hegesztett acél] szerinti 2. minőségi csoportúak, vagy azzal egyenértékű műszaki méretűek és minőségűek legyenek.

Acélcső felhasználása esetén az alábbiaknak meg kell felelni:

- a felhasznált anyagoknak rendelkezniük kell gyártóimegfelelőségi és szállítói megfelelőségi nyilatkozat,
- bontott csövet gázvezeték építéshez felhasználni nem szabad,
- nem használható fel olyan cső, amelynek felületét a tárolás során bekövetkezett korróziószemcséssé tette.

Iránytörések:

- DN 20-nál nem nagyobb átmérőjű csövek esetén hajlítással, de a cső hajlításakor annak keresztmetszete nem csökkenhet, és körkörösége nem torzulhat,
- DN 25 méretnél hajlítással, vagy forrcső ív behesztésével,
- DN 25-nél nagyobb átmérők esetén bizonylatolt előre gyártott idomok (forrcső ívek) behesztésével történhet.

3.2. Csőhálózat méretezés

A beépített gázüzemű berendezés gázfogyasztásának megállapítása a névleges hőterhelés (névleges teljesítmény/hatásfok) alapján történik.

$$q_v = \frac{Q * f}{H_a} * 3600 \left[\frac{m^3}{\text{ó}} \right]$$

Ahol:

q_v : gázfogyasztás [$m^3/\text{ó}$]

Q: névleges teljesítmény [kW]

H_a : fűtőérték [kJ/Nm^3]

f: egyidejűségi tényező [-]

A névleges teljesítmény a kazán hasznos teljesítménye és a hatásfoka alapján számolható ki az alábbiak szerint:

$$Q = \frac{Q_{\text{hasznos}}}{\eta} * 100 \text{ [kW]}$$

A két érték a kazán gépkönyvéből kinyerhető.

Q_{hasznos} : 1460 kW

η : 94%

így:

$$Q = \frac{1460}{94} * 100 = 1553 \text{ kW}$$

A 30 kW névleges terhelés fölötti kazánok, vízmelegítők vagy ipari berendezések egyidejűségi tényezőjét a várható használat alapján kell figyelembe venni. Ha ez előre nem határozható meg, akkor a figyelembe veendő egyidejűségi tényező: 1,0. (11/2013 NGM rendelet). A betervezett kazán névleges teljesítménye 1400 kW, így az egyidejűségi tényező: 1,0.

Készülékek száma tárolós	Egyidejűségi tényező (f _G)			
	f _G (gáztűzhelyek, gázfűzők, sütők)	f _G (átfolyó vízmelegítők)	f _G (konvektorok, tárolós vízmelegítők)	f _G (kazánok, kombi készülékek 30 kW teljesítményig)
1	0,621	1,000	1,000	1,000
2	0,448	0,607	0,800	0,883
3	0,371	0,456	0,703	0,822
4	0,325	0,373	0,641	0,782
5	0,294	0,320	0,597	0,752
6	0,271	0,283	0,564	0,729
7	0,253	0,255	0,537	0,710
8	0,239	0,234	0,515	0,694
9	0,227	0,217	0,496	0,680
10	0,217	0,202	0,480	0,668

19. ábra. egyidejűségi tényezők (11/2013 NGM rendelet 7.4. sz. táblázat)

Így a fenti képletet felhasználva:

$$q_v = \frac{1533 * 1}{34000} * 3600 = 162,31 \left[\frac{m^3}{\delta} \right]$$

$$\Delta p = \left(\lambda * \frac{l}{d} + \Sigma \zeta \right) * \frac{\rho_{gáz}}{2} v_{gáz}^2 [Pa]$$

Ahol:

Δp : a vezetékszakas nyomásvesztesége [Pa]

λ : csőszűrlődési tényező [-]

l : csőszakasz hossza [m]

d : cső átmérője [m]

$\Sigma \zeta$: szakaszon lévő ütközési ellenállások összege [-]

$\rho_{gáz}$: gáz sűrűsége a szakaszon [kg/m³]

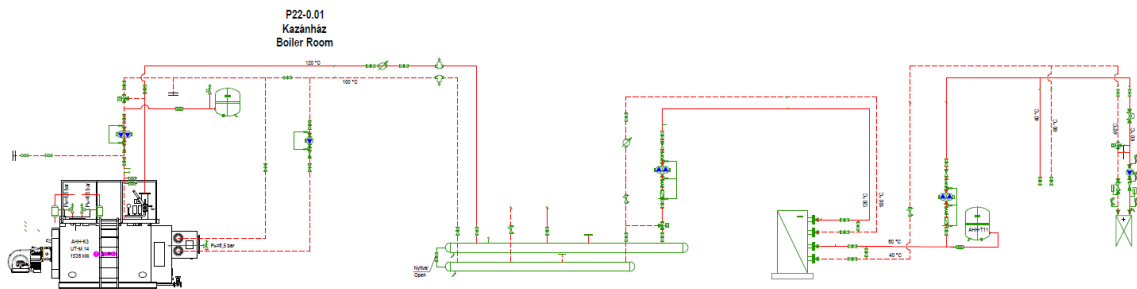
$v_{gáz}$: gázsebesség [m/s]

A csőátmérőt monogrammok segítségével határoztam meg. Figyelembe vettem, hogy a csatlakozási túlnyomás 100 mbar, az égőfejnél 25mbar túlnyomásra van szükségünk, hogy az égő üzemszerűen működjön. Így a szükséges csőátmérő a csatlakozási ponttól a szerelvény blokkig DN100, míg szerelvénytől lezúdul DN50-re és így csatlakozik a kazán égőjéhez.

3.3. Fűtés rendszer hidraulikai méretezése

A fűtési rendszer méretezését a műszaki gyakorlatban elfogadott, korábban már részletesen leírt metódus szerint fogom elvégezni.

Első feladat a kapcsolási rajz és a függcsőtervek elkészítése. A sémákat AutoCad szoftverben megrajoltam. A fűtési rendszer egyszerűsített kapcsolási rajzát a 20. ábra tartalmazza.



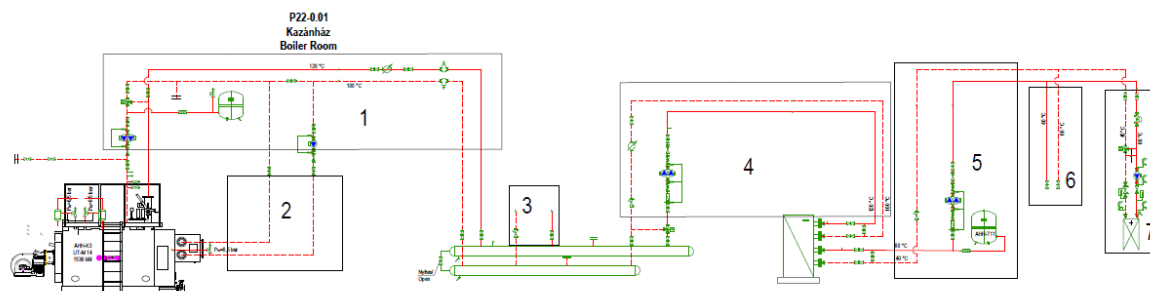
20. ábra: fűtési rendszer kapcsolási rajza

Első lépés a hőtermelő kiválasztása, mely a szükséges hőigény, illetve hőmérséklet függvényében került kiválasztásra a megrendelői és műszaki igényeknek megfelelően. A kiválasztott kazán, egy Bosch gyártmányú UT-M típusú forróvíz kazán.

A rendszerben nyomáskülönbség nélküli osztó-gyűjtőt fogok alkalmazni. A megrendelői igényeknek megfelelően az osztó-gyűjtőről két darab csont a fogyasztókat látja el, egy darab csont pedig tartalékot képez a jövőbeli bővíthetőség miatt.

Azt követően, hogy megrajoltam az előzetes fűtési kapcsolást, szakaszokra kell bontani a rendszert. Egy szakasz csomóponttól csomópontig tart, ahol nem változik sem a térfogatáram sem a csőátmérő. Kiszámolom a szakaszok térfogatáramát és nyomásvesztését. Ezt követően szabályzó és keverő szelepeket méretezem. A meghatározott, méretezett szakaszokat összeadom. Az egyes szakaszok összeségét nevezzük áramköröknek. Meghatározom, hogy a rendszer hány áramkörből áll. A legnagyobb ellenállással rendelkező áramkör lesz a mértékadó áramkör, mely ellenállásához kell szivattyú választani. A méretezést követően a rendszer térfogata is meghatározható, ha ismert a rendszer térfogata, akkor a táglási tartály méretezése is elvégezhető.

Ennek értelmében miután elkészült a kapcsolási rajz, szakaszokra bontotta a hálózatot. Az 5-7. szakaszok meglévő rendszer, arra szükséges csatlakozni az új primer rendszerrel.



21. ábra: felvett szakaszok

Amit először biztosítanunk kell, az a kazán működéséhez szükséges térfogatáram. Ez lesz az első szakasz, mely a kazán kilépő csónkjától az osztó-gyűjtőig, illetve az osztó-gyűjtőtől a kazán belépő csónkjáig tart. A számításhoz szükséges megadni a kazán és a közeg paramétereit.

A kazán fűtési paramétereit:

- Fűtőtéljesítmény: 1533 kW
- Előremenő hőmérséklet: 120 °C
- Visszatérő hőmérséklet: 100 °C

A kazán közvetítő közege kezelt víz. Gyártó csak megfelelő minőségű víz alkalmazása esetén vállal garanciát a kazán élettartamára és megfelelő működésére. A megfelelő víz biztosításához a hidegvíz rendszerbe egy vízkezelő egységet kell beépíteni. Jelen dolgozat nem terjed ki a vízkezelési technológiára, így csak a gyártó által megadott adatokat adom meg, az adatokat a 3. táblázat tartalmazza.

3. táblázat: Kazán tápvíz előírt értékei

Elektromos vezetőképesség	30-100 µS/cm
pH érték	8-10
Keménység	<0,1 dH
Oxigén	<0,1 mg/l

Mint ismeretes, egy adott hőleadó szükséges térfogatáramát az alábbi összefüggéssel tudjuk meghatározni:

$$V = \frac{Q}{\rho * c_p * (t_e - t_v)} * 3600 [m^3/h]$$

Ahol:

Q: a hőleadó hőteljesítménye [kW]

ρ: az áramló közeg sűrűsége [kg/m³]

c_p : az áramló közeg izobár fajhője [kJ/kg°C]

t_e : az előremenő vízhőmérséklet [°C]

t_v : a visszatérő vízhőmérséklet [°C]

Jelen példába a hőhordozó közegünk kezelt víz, melynek előremenő hőmérséklete 120 °C, visszatérő hőmérséklete 100 °C. Ehhez a hőmérséklet értékekhez kell megadnunk a közeg fajhőjét és sűrűségét, melyek az 1.sz mellékletben lévő segéd táblázatban megtalálható. Így már minden adat rendelkezésünkre áll, hogy meghatározzuk a kazánház szükséges térfogatáramát az adott hőmérsékleten és a rendelkezésre álló közeggel.

$$Q = 1533 \text{ kW}$$

$$\rho = 943,5 \text{ kg/m}^3$$

$$c_p = 4,2 \text{ kJ/kg°C}$$

$$t_e = 120 \text{ °C}$$

$$t_v = 100 \text{ °C}$$

$$V_1 = \frac{1536}{943,5 * 4,232 * (120 - 100)} * 3600 = 69,1 \text{ m}^3/\text{h}$$

Ezzel a metódussal végig számolom a többi szakaszhoz tartozó térfogatáramot is már excel táblázat segítségével.

2. szakasz a kazán oldalnál a füstgáz hőhasznosító. Mely a kazán visszatérő ágában a kilépő csontól a hőhasznosítón keresztül, a visszatérő ágba belépő csontig tart. Gépkönyv szerint a hőhasznosító teljesítménye 56 kW. A kazán visszatérő, és így a hőhasznosítóba belépő víz hőmérséklete 100 °C, a kilépő 100,8 °C.

3. szakasz a technológiai festőüzem rendszere, melyhez 660 kW fűtési teljesítmény szükséges. Ez a szakasz az osztó kilépő csontjától a gyűjtő belépő csontjáig tart, hőmérsékelt és a közeg ugyan az, mint a kazánkörben.

4. szakasz az osztó másik kilépő csontjától a hőcserélőn keresztül a gyűjtő belépő csontjáig tart. Ez az ág a fan-coll rendszer hőcserélőjének primer oldalát látja el forró vízzel. A szükséges teljesítmény 800 kW.

5-7. szakasz a hőcserélő szekunder oldala és annak rendszerei, mely az AHU process rendszert és egy másik AHU kört lát el melegvízzel. Ez egy meglévő rendszer melyre csatlakozni kell az új hőcserélővel, további infót nem kaptam róla. A közeg 30TF%-os etilén-glikol és 60/40°C-os hőlépcső szükséges.

A fenti képletet alkalmazva kiszámítom a térfogatáramokat.

A 4. táblázat tartalmazza a számított térfogatáramokat.

4. táblázat: Szakaszok térfogatáram értékei

Szakasz	Q [kW]	ρ [kg/m ³]	c_p [kJ/kg*°C]	t_e [°C]	t_v [°C]	V[m ³ /h]
1	1536	943,5	4,232	120	100	69,24
2	56	958,4	4,211	100,8	100	62,44
3	660	943,5	4,232	120	100	29,75
4	800	943,5	4,232	120	100	36,06

Hogy az emelőmagasságot pontosan meg tudjuk határozni, szükséges kiszámolni a beépített berendezések és csővezetékek ellenállását is. Általános a mérnöki gyakorlatban, hogy kerülni kell a nagy áramlási sebességeket. A gyors áramlás, zajhatásokkal, a csőfalon nagy terheléssel és turbulens áramlással járhat. A mérnöki gyakorlatban elfogadott áramlási sebesség fűtési és hűtési rendszerekben ~0,5-1 m/s. Bár gépházakban, távfűtési rendszerekben megengedett a 2-3 m/s áramlási sebesség is. Jelen gazdasági helyzetben a fűtési rendszereke csővezetékei a gazdaságos csőátmérő alapján kerülnek méretezésre.

Az áramlási sebességet az alábbi összefüggéssel lehet kiszámolni:

$$v = \frac{V}{D^2 * \pi/4}$$

Ebből:

$$D = \sqrt{\frac{V}{v * \pi/4}}$$

Ahol:

D: a csőátmérő [m]

V: a szükséges térfogatáram [m³/s]

v: az áramlási sebesség [m/s]

Excel táblázat segítségével, alkalmazva a fenti képletet, szakaszonként kiszámolom az előzetes csőátmérőket, úgy, hogy figyelembe veszem, hogy az egyes szakaszok ellenállása a 50-200 Pa/m érték fölé ne menjen.

A fenti képletet alkalmazva a szakaszok a becsült csőátmérőit a 5. táblázat tartalmazza.

5. táblázat: számított csőátmérők

Szakasz	Q [m ³ /s]	v [m/s]	$\pi/4$	D [m]	d [mm]
1	0,019234	1	0,785	0,156	156,53
2	0,017345	1	0,785	0,148	148,64
3	0,008265	1	0,785	0,102	102,60
4	0,010018	1	0,785	0,112	112,96

Bár a számítással megkaptuk a szükséges csőátmérőket, viszont a valóságban nem fogunk találni pontosan ekkora méretű csöveket. Mivel technológiai csővezetékéről van szó, figyelembe kell venni a kivitelezés követelményeit, hatósági előírásait is. Nem csak a megfelelő csőátmérőre kell figyelmet fordítanunk, hanem a falvastagságra, gyártástechnológiára és legfőképpen az anyagminőségre. Ahogy korábban ismertettem a 213/2019. (VIII. 27.) Korm. rendelet értelmében, mivel a közeghőmérsékletünk nagyobb, mint 110 °C, így a rendszer nyomástartó edénynek minősül. A rendszerhez használható acélcsöveket a **DIN EN 10216** „Varrat nélküli acélcsövek nyomástartó berendezésekhez”, illetve a **DIN EN 10217** „Hegesztett acélcsövek nyomástartó berendezésekhez” c. szabványok tárgyalják. Viszont először magának a csőosztálynak a besorolását kell meghatároznunk melyet a **DIN EN 13480** „Fémből készült ipari csővezetékek” c. szabvány tartalmaz. A rendszer szükséges csőátmérőket 22. ábrán bekeretezett mező tartalmazza.

Közegcsoport (lásd a CEN/TR 13480-7: 2002 4.2. szakaszát)	Feltételek	Csővezetékosztály	Hivatkozás a CEN/TR 13480-7 szerint
2.	$PS > 0,5 \text{ bar}$ és $DN > 250$ és $PS \cdot DN > 5000$	III.	lásd az A2. ábrát
	$PS > 0,5 \text{ bar}$ és $DN > 250$ és $3500 < PS \cdot DN \leq 5000$ vagy $100 < DN \leq 250$ és $PS \cdot DN > 3500$	II. ^c	
	$PS > 0,5 \text{ bar}$ és $DN > 32$ és $1000 < PS \cdot DN \leq 3500$ vagy $32 < DN \leq 100$ és $PS \cdot DN > 1000$	I.	
	$PS > 0,5 \text{ bar}$ és $DN \leq 32$ vagy $PS > 0,5 \text{ bar}$ és $PS \cdot DN \leq 1000$	0. (lásd a 4.2. szakaszt)	
Mind	$PS \leq 0,5 \text{ bar}$	(lásd a 4.3. szakaszt)	–

22. ábra: Csőméretek (DIN EN 13480)

Olyan csövet kell választunk mely a 120 °C tervezési hőmérsékletnek megfelel, szabványban meghatározott, szavatolt, folyáshatárral rendelkezik a megadott hőmérsékleten. A DIN EN

10217-2 „Növelt hőmérsékleten szavatolt tulajdonságú, villamos hegesztéssel készült ötvöztlen és ötvözött acélcsövek” szabvány tartalmazza a megfelelő anyagminőségű csövet. A választott csőminőség P235GH.

Table 5 — Minimum 0,2% proof strength ($R_{p0.2}$) at elevated temperature for wall thickness $T \leq 16$ mm

Steel grade		$R_{p0.2}$ min. MPa at a temperature of °C						
Steel name	Steel number	100	150	200	250	300	350	400
P235GH	1.0345	198	187	170	150	132	120	112

23. ábra: Használandó csőminőség (DIN EN 10217-2)

Meghatároztam a csőminőséget, ezt követően ki kell választani a számított szükséges átmérőhöz legközelebb lévő csövet. A szabványban megadott csőméreteket a 24. ábra tartalmazza. Mint látható a szabványos csőméretek csak bizonyos méreteket tartalmaznak. A számított értékekhez pontosan illeszkedő cső nincs. Ez a szabványosítás miatt van természetesen.

MÉRETEK / SIZES											
Névleges átmérő / Nominal diameter		15	20	25	32	40	50	65	80	100	125
Külső átmérő / Outer diameter	mm	21.3	26.9	33.7	42.4	48.3	60.3	76.1	88.9	114.3	139.7
Névleges falvastagság / Nominal wall thickness	mm	2.3	2.3	2.6	2.6	2.6	2.9	2.9	3.2	3.6	4.0
Névleges átmérő / Nominal diameter		150	200	250	300						
Külső átmérő / Outer diameter	mm	168.3	219.1	273	323.9						
Névleges falvastagság / Nominal wall thickness	mm	4.5	4.5	5.0	5.6						

24. ábra: Csőméretek (DIN EN 13480-1)

Azonban fenti módszerrel ellentétben a szakirodalom azt javasolja, hogy ne az áramlási sebesség alapján válasszunk csőátmérőt, hanem nyomásvesztés alapján, és az áramlási sebességet csak „ellenőrző” adatnak használjuk. A szakkönyvek már tartalmazzák a csövek mért adatait, így figyelve a 50-200 Pa/m értékre és a számított térfogatáramra, felvető az előzetes csőátmérő monogrammból illetve táblázatból.

Felhasználva Gergely Dániel Csőhálózatok hidraulikája c. kötetet, kiválasztom a csőátmérőket.

6. táblázat: 1. szakasznál a számított térfogatáramhoz legközelebb adódó érték

S' (Pa/m)	DxS	159x4,5 mm
70	DN	150
	Q (kW)	1598
	V (l/h)	69972
	w (m/s)	1,1
	Δp (Pa)	594

7. táblázat: 2. szakasznál a számított térfogatáramhoz legközelebb adódó érték

S' (Pa/m)	DxS	159x4,5 mm
60	DN	150
	Q (kW)	1475
	V (l/h)	64596
	w (m/s)	1,0,15
	Δp (Pa)	506

8. táblázat: 3. szakasznál a számított térfogatáramhoz legközelebb adódó érték

S' (Pa/m)	DxS	108x3,6 mm
100	DN	100
	Q (kW)	674
	V (l/h)	29516
	w (m/s)	1,027
	Δp (Pa)	518

9. táblázat: 4. szakasznál a számított térfogatáramhoz legközelebb adódó érték

S' (Pa/m)	DxS	133x4 mm
50	DN	125
	Q (kW)	829
	V (l/h)	36315
	w (m/s)	0,822
	Δp (Pa)	332

Látható, hogy az átmérők a számított értékekhez képest némileg eltérnek, de az áramlási sebesség továbbra sem nőtt meg drasztikusan, viszont az ellenállás értékeit a lehető legalacsonyabb értéken tudtam tartani.

A szakaszok csővezetéki ellenállását a fenti adatokból már kiszámítható, ha is mert a csőhálózat hossza. A hosszokat a tervezés során feljegyeztem, excel táblázat segítségével kiszámítottam a csővezetéki nyomásvesztéseket.

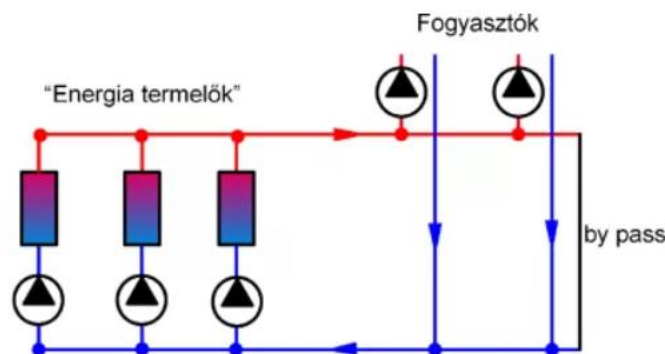
szakasz	S'(Pa/m)	l (m)	Δp_s (Pa)
1	70	28	1960
2	60	13	780
3	100	63	6300
4	50	38	1900

A következőkben az osztó-gyűjtőt fogom méretezni. A technológiai rendszerek megtáplálására nyomáskülönbség nélküli osztó-gyűjtőt fogok alkalmazni. A megrendelői igényeknek megfelelően, az osztó-gyűjtőről két rendszert szükséges ellátni fűtéssel:

- Technológiai festőüzemet.
- Technológiai légkezelőkhöz tartozó hőcserélőt.

Szükséges egy tartalék csontk betervezése is az osztó-gyűjtőre, mely rendelkezésre áll további rendszerbővítések esetén.

Céлом ezzel a műszaki megoldással, hogy elkerüljem a hidraulikai interaktivitást. Az interaktivitás elkerülésének egyik módja, hogy a sorba kötött fogyasztói rendszereket – jelen esetben fűtési rendszereket – egy bypass ággal szétválasztjuk. Hidraulikai interaktivitás jelentkezik azon fogyasztói hálózatokban, amelyekben egyes fogyasztók párhuzamosan, mások velük együtt sorba vannak kötve. Így az egyik fogyasztói körben bekövetkező térfogatáram változás hatással van a többi fogyasztói körre. Ennek egyik módja a nyomáskülönbség nélküli osztó-gyűjtő.



25. ábra: Nyomáskülönbség nélküli osztó-gyűjtő kialakítása by-pass vezetékkel (egesz.hu)

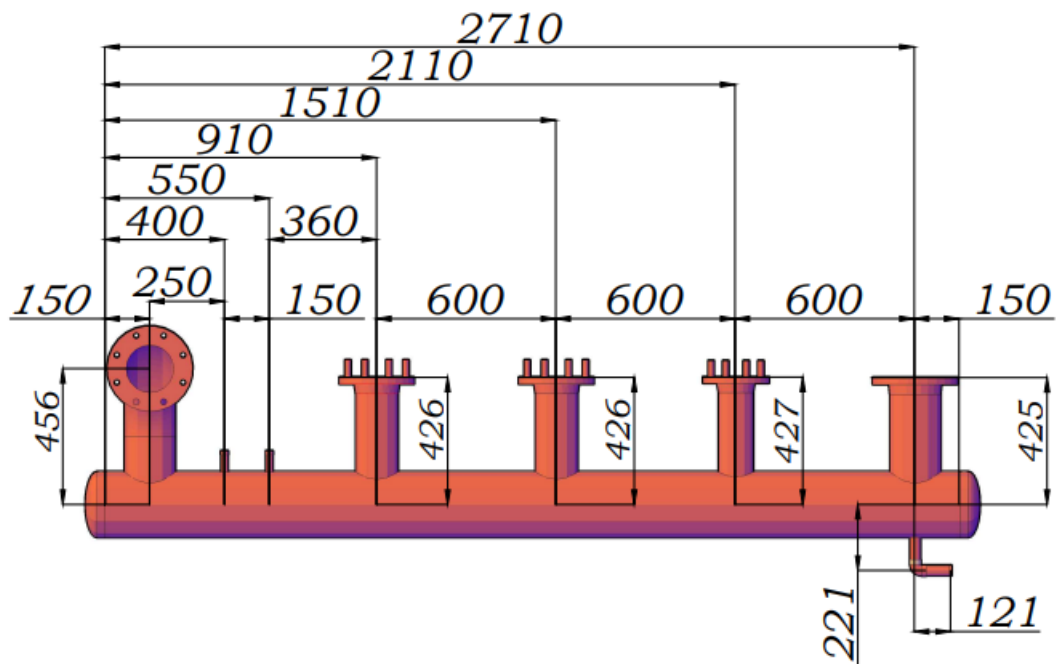
Ezzel a kapcsolási megoldással bár csökkenthető a hidraulikai interaktivitás, de így vannak korlátjai. Amennyiben primer és a szekunder oldali közvetítő közeg térfogatáram hidraulikai egyensúlya felbomlik, a by-pass vezetékkel rendelkező nyomáskülönbség nélküli osztó-gyűjtők esetében az utolsó fogyasztóknál léphetnek fel teljesítmény problémák. Meg kell határozni az osztó-gyűjtő hosszát és átmérőjét. A mérnöki gyakorlatban a megengedett áramlási sebesség a hidraulikus váltókban, illetve osztó-gyűjtőkbe 0,5 m/s. Ökölszabályként gyakran alkalmazzák a méretezést, miszerint az osztó test átmérője, 20%-kal nagyobb, a legnagyobb csatlakozó csonknál. Ez a módszer leginkább kisebb rendszereknél és teljesítményeknél használatos. Osztó test méretezésnél a nagyobb ellenállással rendelkező áramkör a mértékadó.

Osztó-gyűjtő test átmérője:

$$D = \sqrt{\frac{0,0193}{0,5 * \pi/4}} = 0,221 \text{ m} = 221 \text{ mm}$$

A 24. ábrából kiválasztom a DN200-as csőméretet, mely 219 mm külső átmérővel, és 4,6 mm falvastagsággal rendelkezik.

Az osztó és gyűjtő tesz hosszát különböző módokon határozzák meg. Legtöbbször a legnagyobb lecsatlakozó csonkhoz képest választják meg az egyes csonktávolságokat. Továbbá figyelembe kell venni a szerelvények üzemeltetési lehetőségét is, az elzáró karok, kerekek elférjenek stb. Ihle-Bader-Golla Épületechnikai tudástár c. könyvében tárgyaltak szerint fogom az osztó-gyűjtő hosszát meghatározni. Felhasználva a szakirodalomban felhasználtakat az alábbiak szerint alakul az osztó-gyűjtő test mérete:



26. ábra: osztó-gyűjtő test méretezése

A szükséges térfogatáramokat és csőátmérők így meghatároztam, viszont szükséges a nyomásveszteségek meghatározása is a szelepek, illetve szivattyúk kiválasztásához. Hogy megtudjuk határozni, hogy mekkora emelőmagasság szükséges, ismernünk kell az ellenállás mértékét. Minden rendszerben lévő elem ellenállást fejt ki, mellyel a szivattyúknak meg kell küzdenie. Az egyes elemek rendelkeznek, úgynevezett ellenállás tényezővel, melyet „ ζ ” -val jelölünk.

Szükséges megvizsgálnunk a csősúrlódásból származó nyomásvesztést is. A tervezésben általánosan elfogadott, illetve megengedett a 50-200 Pa/m nyomásvesztés. A csősúrlódásból adódó nyomásvesztést az alábbi összefüggéssel határozhatjuk meg:

$$S' = l * \frac{\lambda}{D} * \frac{v^2 * \rho}{2}$$

Ahol:

S' : fajlagos nyomásvesztés [Pa/m]

l : a csőhálózat hossza [m]

λ : csősúrlódási tényező [-]

D : csőátmérő [m]

v : áramlási sebesség [m/s]

ρ : közeg sűrűsége [kg/m³]

A fenti összefüggéssel meghatározom a fűtési csőhálózat nyomásvesztését szakaszonként. Figyelve, hogy a tervezés elején figyelembe vett 200 Pa/m nyomásesést ne lépjem túl. Továbbá fontos, hogy előzetes a beszabályozószelepeket úgy választom meg, hogy azon minimum 3 kPa nyomásesés megjelenjen, ezt később részletes kifejtem.

A csövön kívül figyelembe kell venni az iránytörések és a szerelvényeket is. Mivel egy gépház helyiségről van szó, az iránytörések, idomok fokozottan jelen vannak a helyiségben. A csövek és az idomok csősúrlódási tényezőjének összegéből kapjuk meg az eredő tényezőt. Az idomok és szerelvények különböző csősúrlódási tényezővel vehetők figyelembe, továbbá egyes berendezéseknek a nyomásesése, illetve a k_{vs} értéke került megadásra, így azzal kell számolni.

10. táblázat: súrlódási tényezők egyes elemekre (Gergely, 2023)

$\zeta_{\text{könyök}}$	1,3
$\zeta_{\text{beáramlás}}$	1
$\zeta_{\text{kiáramlás}}$	0,5
$\zeta_{\text{t-idom áramlás egyesítésekor}}$	1,5
$\zeta_{\text{t-idom áramlás szétválasztásakor}}$	1,7
$\zeta_{\text{gumikompenzátor}}$	1,6

Az iránytörések csősúrlódási tényezőjét az alábbi összefüggéssel számolható:

$$\Delta p_e = \Sigma \zeta * \frac{\rho}{2} * v^2 [Pa]$$

v : áramlási sebesség [m/s]

ρ : közeg sűrűsége [kg/m³]

$\Sigma \zeta$: szerelvények, iránytörések alaki ellenállás tényezője [-]

Így az elemek nyomásesése az egyes szakaszokon számított áramlási sebességekkel:

11. táblázat: elemek nyomásvesztése szakaszonként

Szakaszok	1	2	3	4
sebesség (m/s)	1,1	1,012	1,027	0,822
$\zeta_{\text{könyök}}$	741,6695	627,7491	646,4961	414,1605
$\zeta_{\text{beáramlás}}$	570,515	482,8839	497,3047	318,585
$\zeta_{\text{kiáramlás}}$	285,2575	241,4419	248,6524	159,2925
$\zeta_{\text{t-idom áramlás egyesítésekor}}$	855,7725	724,3258	745,9571	477,8775
$\zeta_{\text{t-idom áramlás szétválasztásakor}}$	969,8755	820,9026	845,418	541,5945
$\zeta_{\text{gumikompenzátor}}$	912,824	772,6142	795,6876	509,736

A k_{vs} -értékkel megadott szerelvények nyomásesését ki számolni, ezt követően tudom figyelembe venni a számításnál. A nyomásesést az alábbi összefüggéssel számolható ki.

$$\Delta p = \left(\frac{Q}{k_{vs}} \right)^2 * \frac{\rho}{\rho_0} * \Delta p_0 [kPa]$$

Ahol:

Q: térfogatáram [m^3/h]

k_{vs} : szerelvény átfolyási értéke [m^3/h]

ρ : közegőhőmérsékelt

ρ_0 : váltószám, jellemzően 1000 kg/m^3

A pillangószelepek, szűrők, visszacsapó szelepek nyomásesés értékeit különböző átmérők szerint excel táblázat segítségével kiszámoltam. A szerelvényekhez tartozó k_{vs} értékek szakirodalomból származnak melyeket mellékletben csatoltam.

12. táblázat: szerelvények nyomásesés értéke különböző átmérőknél

Pillangószelep

DN	Q (m ³ /h)	k _{vs} (m ³ /h, 1 bar)	q (kg/m ³)	q ₀ (kg/m ³)	Δp ₀ (kPa)	ΔP (kPa)
150	69,1	1400	943,5	1000	100	0,2298
125	62,4	2200	958,4	1000	100	0,0771

Szűrő

DN	Q (m ³ /h)	k _{vs} (m ³ /h, 1 bar)	q (kg/m ³)	q ₀ (kg/m ³)	Δp ₀ (kPa)	ΔP (kPa)
150	69,1	306	943,5	1000	100	4,8112
125	62,4	375	943,5	1000	100	2,6125

Visszacsapó szelep

DN	Q (m ³ /h)	k _{vs} (m ³ /h, 1 bar)	q (kg/m ³)	q ₀ (kg/m ³)	Δp ₀ (kPa)	ΔP (kPa)
150	69,1	330	943,5	1000	100	4,1369
125	62,4	465	943,5	1000	100	1,6990

Az egyes szakaszoknál meghatároztam a beépített szerelvényeket és az iránytörések számát, de az ellenállásoknál még figyelembe kell venni a berendezéseket is, úgy, mint kazán, hőcserélő vagy a hőhasznosító.

Az iránytörések és szerelvények számát az alábbi táblázat tartalmazza:

13. táblázat: Iránytörések és szerelvények száma adott szakasznál

Szakaszok		1	2	3	4
k_{vs} szűrő	4,82	1	0	1	1
k_{vs} pillangó	0,229	9	2	2	7
ζ_{könyök}	1,3	16	10	16	28
ζ_{beáramlás}	1	1	1	1	1
ζ_{kiáramlás}	0,5	1	1	1	1
ζ_{t-idom áramlás egyesítésekor}	1,5	1	1	0	1
ζ_{t-idom áramlás szétválasztásakor}	1,7	1	1	0	1
kazán/hőcserélő/eko	2	1	1	1	0
k_{vs} visszacsapó	4,136	1	1	0	1
ζ_{gumikompenzátor}	1,6	0	0	0	1

A szakaszok elleállását az alábbi táblázat tartalmazza:

14. táblázat: Szakaszok ellenállása

Szakaszok	1	2	3	4
ζ_{könyök} (Pa)	11866,712	6277,491	10343,94	11596,49
ζ_{beáramlás} (Pa)	570,515	482,8839	497,3047	318,585
ζ_{kiáramlás} (Pa)	285,2575	241,4419	248,6524	159,2925
ζ_{t-idom áramlás egyesítésekor} (Pa)	855,7725	724,3258	0	477,8775
ζ_{t-idom áramlás szétválasztásakor} (Pa)	969,8755	820,9026	0	541,5945
ζ_{gumikompenzátor} (Pa)	0	0	0	509,736
Szűrő (Pa)	4811,2192		2612,453	2612,453
Pillangó (Pa)	2068,6377	459,6973	151,8084	531,3293
Visszacsapó (Pa)	4136,8533	4136,853	0	1699,046
Kazán/hőcserélő/ECO	20000	20000	20000	20000
Δ_{ps} (Pa)	1960	780	6300	1900
Δ_{Pö} (Pa)	47524,843	33923,6	40154,16	40346,41

3.4. Beszabályzó szelepek és keverőszelepek méretezése

Meghatároztam a csőátmérőket, szakaszok ellenállását, és az osztó-gyűjtő átmérőjét is méreteztem. Ezt követően méretezhetőek és kiválaszthatóak a beszabályozó szelepek és azok kerékállása.

A szabályozó szelepek k_{vs} - értékei jellemzően a Renard-sor alapján változnak (1,0; 1,6; 2,5; 4,0; 6,3; 10; 16, stb). Így, márkafüggetlenül választhatjuk ki a számunkra megfelelő szelepet. Szabályzó szelep szükséges (elméleti) K_{vs} -értéke:

$$k_{vs} = \frac{V}{\sqrt{\frac{\Delta p_{min}}{\Delta p_0}}} * \sqrt{\frac{\rho}{\rho_0}}$$

Előzetesen a szabályzó szelepet úgy vesszük figyelembe, hogy minimum 3 kPa nyomásesés legyen rajta. A 3 kPa-os nyomásesés mérés technikai okok miatt kell, mert ez az a nyomásesési érték, melyet még kellő biztonsággal meg tudunk mérni a szelepen. Autoritás szempontjából mindig a legközelebb eső, de kisebbet célszerű választani. Az autoritás max 0,5, de minimum 0,25, szivattyúzási munkába ugyan többet kell befektetni, de jobban szabályozható rendszert kapunk. A szelep autoritást az alábbi képlettel számoljuk:

$$a_v = \frac{\Delta p_{min}}{\Delta p_{max}} = \frac{\Delta p_{szelep}}{\Delta p_{szelep} + \Delta p_{rendszer}}$$

Két darab szabályzó szelepet (szakasz 1-4) és két db statikus beszabályzó szelepet (szakasz 3-4) szükséges méretezni.

A két keverő kapcsolás szabályozott szakaszának nyomásesése 1,8 kPa, szabályzó szelep nélkül.

A fenti összefüggéssel először meghatározom a szükséges szabályzó szelepek K_{vs} értékeit, excel táblázat segítségével.

15. táblázat: A szabályzó szelepek szükséges (elméleti) k_{vs} értékei

Szelep	Q (m ³ /h)	Δp_{min} (kPa)	ΔP_0 (kPa)	ρ (kg/m ³)	ρ_0 (kg/m ³)	K_{vs} (m ³ /h, 1bar)
SZE1	69,11	3	47,52	943,5	1000,00	267,17
SZE2	36,06	3	40,35	943,5	1000,00	128,4

Ahogy korábban említettem célszerű egyel kisebb K_{vs} értékű szelepet választani a jobb autoritás érdekében. Ez követően meghatározható a szelepen létrejövő nyomásesés.

16. táblázat: Választott szelepen létrejövő nyomásesés

Szelep	Q (m³/h)	Kvs (m³/h, 1bar)	ρ (kg/m³)	ρ₀ (kg/m³)	Δp₀ (kPa)	ΔP (kPa)
SZE1	69,1	250	943,5	1000	47,5	3,4238
SZE2	36,06	125	943,5	1000	40,34	3,1674

Ezt követően megvizsgálom az autoritás értékeket a két szelepen a korábban már ismertetett képletrel.

$$a_{v1} = \frac{\Delta p_{min}}{\Delta p_{max}} = \frac{3,42}{3,42 + 1,8} = 0,65$$

$$a_{v2} = \frac{\Delta p_{min}}{\Delta p_{max}} = \frac{3,16}{3,16 + 1,8} = 0,63$$

Mivel a kiválasztott szelepek autoritása nagyobb, mint 0,25, így a szelep megfelelő a feladat elvégzésére.

A statikus beszabályzó szelepeket IMI Hyselect programmal méreteztem.

Szakasz 3-mál lévő szelephez az alábbiakat javasolta a program:

Kézi beszabályozás							** Acél cső **		
Név	Méret	Előbeállítás ford./poz.	Dp kPa	Dp 100% kPa	Dp 50% kPa	lőm. tartomán °C	Méret	Fajlagos Dp Pa/m	v m/s
☐ STAF 100	100 (4")	6,97	3	2,08	18,9	-10/120	100 (4")	65,3	0,905
☒ STAF 80	80 (3")	8,00 (1)	5,21	5,21	89,2	-10/120			
☐ STAF 65-2	65 (2 1/2")	8,00 (1)	10,4	10,4	60,2	-10/120			

27. ábra: Hyselect szelepméretezés eredménye a 3-as szakasznál

Látható a táblázatból, hogy bár DN100-as mérete is felajánlja a program, viszont ott nincs meg a minimális 3 kPa-os nyomásesés, így a mérés bizonytalan lehet. DN80-as szelepet választottam.

Kézi beszabályozás							** Acél cső **		
Név	Méret	Előbeállítás ford./poz.	Dp kPa	Dp 100% kPa	Dp 50% kPa	lőm. tartomán °C	Méret	Fajlagos Dp Pa/m	v m/s
☒ STAF 100	100 (4")	8,00 (1)	3,4	3,4	30,9	-10/120	100 (4")	105	1,16
☐ STAF 80	80 (3")	8,00 (1)	8,52	8,52	146	-10/120			
☐ STAF 65-2	65 (2 1/2")	8,00 (1)	17	17	98,4	-10/120			

28. ábra: Hyselect szelepméretezés eredménye a 4-es szakasznál

A 4-es szakasznál DN100-es szelep megfelelő, megvan a minimális nyomásesés a szelepen.

3.5. Szivattyú kiválasztása

A 3.2-es pontban meghatározott hidraulikai adatok alapján, már meghatározható és kiválasztható a kívánt szivattyúk. A szivattyúk kiválasztása nem csak a munkapont meghatározására hagyatkozik, más szempontokat is figyelembe kell venni. A minimális és maximális megengedhető nyomást, az üzemi hőmérsékletet, a zajszintet, a hatásfokokat, élettartamot, szerelhetőséget stb. Összesen 4 db szivattyú kiválasztását szükséges elvégezni.

- Kazán primerköri szivattyú (SZ1)
- ECO köri szivattyú (SZ2)
- AHU primerköri szivattyú (SZ3)
- AHU szekunder köri szivattyú (SZ4)

A meghatározott nyomáscsökkenés értékekből meghatározható az emelőmagasság szükséges nagysága az alábbi képlettel:

$$H = \frac{\Delta P_{\text{ö}}}{\rho * g} [m]$$

Ahol:

H: az emelőmagasság [m]

$\Delta P_{\text{ö}}$: szabályozott szakasz nyomáscsökkenése [Pa]

ρ : közeg sűrűség [kg/m³]

g : nehézségi erő [kg*m/s²]

Felhasználva a képletet a szivattyúk szükséges emelőmagassága:

17. táblázat: szivattyúk emelőmagassága

Szivattyúk	SZ1	SZ2	SZ3	SZ4
$\Delta P_{\text{ö}}$ (kPa)	47524,84	33923,60	40154,16	40346,41
ρ (kg/m ³)	943,5	943,5	943,5	943,5
g (m/s ²)	9,81	9,81	9,81	9,81
H (m)	5,13	3,67	4,34	4,36

Meghatároztam az emelőmagasságokat a szakaszoknál, így kiválasztható a szivattyú. A Grundfos szivattyú gyártó online méretező szoftverét használtam a szivattyúk kiválasztásához.

SZ1 szivattyú kiválasztási adatai a fent számítottak szerint:

V=69,1 m³/h

H=5,13 m

SZ1 szivattyúnak TPE 100-110/4 S-A-F-A-BQQE-JWA frekvenciaváltós szivattyút használtam mely eleget tesz nem csak a fő paramétereknek a de közeg jellemzőinek is megfelel.



29. ábra: SZ1 szivattyú Grundfos TPE 100-100/4

A SZ2 szivattyú az ECO kört látja el. Ez a szivattyú a kazángyártó által szállított egység, mely együtt érkezi kazánnal. Ez a szivattyú KSB gyártmányú. Bár tervben volt a kiváltása, Grundfost, azonban a kazán gyártó ragaszkodott a gyári szivattyú, garanciális okok miatt. Az SZ3-SZ4 szivattyúk hasonlóan Grundfos gyártmányú, frekvenciaváltós szivattyúk, azonban már nedves tengelyű, MAGNA3 D 65-150F típusú ikerszivattyúk. A szivattyúk adatlapját mellékletben csatoltam.

3.6. Tágulási tartály méretezése

A rendszer biztonságos működésének érdekében beépítésre kerül egy zárt, membrános tágulási tartály. A tágulási tartály számított térfogata és a tágulási mérete mellett figyelembe kell venni a rendszer sajátosságait is, hogy megfelelő tartály kerüljön kiválasztásra. A tárgyalt rendszer előremenő hőmérséklete 120°C, így fontos, hogy a tartályban lévő membrán bírja ezt a hőmérsékletet. A közeg egyszerű lágyított víz, a legtöbb forgalomban lévő tágulási tartály alkalmas lágyított vízhez. A tágulási tartály méretezéséhez a legfontosabb információ a rendszer térfogata. Magának a csőhálózatnak a kialakítását már elvégeztem, jelen fejezetben már rendelkezem a rendszer térfogatának méretéről, mely 4,1 m³.

A tágulási tartály számított térfogatát az alábbi összefüggéssel állapíthatjuk meg:

$$V_n = (V_e + V_v) * \frac{p_e + 1}{p_e - p_0}$$

Ahol:

V_n : Tágulási tartály számítási térfogata [l]

V_e : Tágulási térfogat [l]

V_V : Víz tartalék, lehetséges vízveszteség [l]

p_e : Végnyomás [bar], a tervezett rendszerénél 6 bar, mivel a megengedett maximális nyomás a biztonsági lefúvató szelep nyomását nem érheti el, általában 0,5 bar-al kevesebb.

p_0 : Előfeszítési nyomás [bar]

Ebből:

$$V_e = \frac{n * V_A}{100}$$

Ahol:

n : A víz térfogatváltozása adott hőmérsékletnél [%]

V_A : A berendezés teljes űrtartalma

A rendszerünk térfogata már fent említett $V=4,1 \text{ m}^3$, amelynél a legalacsonyabb hőmérséklet feltöltéskor jelentkezik, amit most 10°C -ra veszek fel, ebben az esetben a betöltött víz tömege:

$$m = \rho_{10} * V_{10} = 997,7 * 4,1 = 4090,57 \text{ kg}$$

Jelen esetben $120/100^\circ\text{C}$ méretezési hőmérsékletű rendszerre szükséges méretezni a tartályt.

A közepes vízhőmérséklet 110°C , ilyen rendszer hőmérsékletnél a víz térfogata

$$V_{110} = \frac{m}{\rho_{110}} = \frac{4090,57}{951} = 4,301 \text{ m}^3$$

A tágult vízmennyiség:

$$\Delta V = V_{110} - V_{10} = 4,301 - 4,1 = 0,201 \text{ m}^3 = 201 \text{ liter}$$

A térfogati tágulás mértéke tehát:

$$\beta = \frac{\Delta V}{V_{10}} * 100 = \frac{0,201}{4,1} * 100 = 4,9 \%$$

A víz térfogatváltozását adott hőmérsékletnél a 1. sz. melléklet tartalmazza.

A rendszer űrtartalmát a teljes csőhálózat, a forróvíz kazán és osztó-gyűjtő űrtartalma együtt határozza meg. A tágulási térfogat (V_e) már számítható a fenti képletből.

$$V_e = \frac{n * V_A}{100} = \frac{4,9 * 4,1}{100} = 0,200 = 200 \text{ liter}$$

Szükséges meghatározni a tartály előfeszítési nyomását is, melyet a beépítést követően be kell állítani. Fontos szempont a kivitelezésnél, ugyanis hiába van jól méretezett és kiválasztott tágulási tartályunk, megfelelő előfeszítési nyomás beállítása nélkül nem fog

megfelelően működni. Az előfeszítési nyomás a rendszerben uralkodó statikus nyomással határozható meg, és függ a rendszerben lévő közeg hőmérsékletétől, a tartály helye és a rendszer legmagasabb pontja közti függőleges távolságtól. Hideg állapotában a rendszer legmagasabb pontján is szükséges 0,3 bar túlnyomást biztosítani, megelőzendő a gázkiválást. tehát így az előfeszítési nyomás.

Az előfeszítési nyomást az alábbi összefüggéssel határozhatjuk meg:

$$p_0 = p_{st} + p_D + 0,3 \text{ bar}$$

Ahol:

p_{st} : hidrosztatikai nyomás [bar]

p_D : Gőztúlnyomás $t \geq 100^\circ\text{C}$ -nál, 120°C -nál, 2 bar, 3. sz. mellékletből

$$p_{st} = \rho \left[\frac{kg}{m^3} \right] * g \left[\frac{N}{kg} \right] * h[m] = 943 * 9,81 * 8,6 = 79.557 Pa = 0,79 \text{ bar}$$

Így:

$$p_0 = p_{st} + p_D = 0,79 + 2 + 0,3 = 3,09 \text{ bar}$$

A tartalék térfogat a rendszer térfogatának 0,5%-a, de minimum 3 liter, míg a megengedett maximális nyomás a biztonsági lefűvató szelep nyomását nem érheti el, általában 0,5 bar-al kevesebb.

A tervezett rendszerben:

$$V_V = 0,005 * V = 0,005 * 4100 = 20,5 \text{ liter}$$

A tágulási tartály gáztérfogata:

$$D_f = \frac{p_e + 1}{p_e - p_0} = \frac{6 + 1}{6 - 3,09} = 3,09$$

A tágulási tartály szükséges térfogata

$$V_n = (V_e + V_V) * D_f = 200 + 20,5 * 3,09 = 530,4 \text{ liter}$$

A tervezési és műszaki gyakorlatban feltétel, hogy a tartályban lévő legalacsonyabb kezdeti nyomás ($p_{a,min}$) és a legnagyobb kezdeti nyomás ($p_{a,max}$) különbségének nagyobbak kell lennie, mint 0,2 bar. Ellenkező esetben nagyobb tágulási tartály szükséges. Ezt is meg kell vizsgálni. A nyomásokat az alábbi képlettel számolható:

$$p_{a,min} = \frac{V_N * (p_0 + 1)}{V_N - V_V} - 1 \text{ [bar]}$$

$$p_{a,max} = \frac{p_e + 1}{1 + \frac{V_e * (p_e + 1)}{V_N * (p_0 + 1)}} - 1 \text{ [bar]}$$

Ahol:

V_N : membrános tágulási tartály névleges térfogata (üzemi feltételek mellett) [l]

$$p_{a,min} = \frac{600 * (3,09 + 1)}{600 - 20,5} - 1 = 3,23 \text{ bar}$$

$$p_{a,max} = \frac{6 + 1}{1 + \frac{200 * (6 + 1)}{600 * (3,09 + 1)}} - 1 = 3,45 \text{ bar}$$

Mivel kereskedelmi fogalomban a számított értékhez legközelebb lévő tartály 600 literes, így a névleges térfogat is 600 liter, így vizsgálható, hogy megfelel-e a választott tartályméret a fenti feltételnek.

$$p_{a,max} - p_{a,min} = 3,45 - 3,23 = 0,22 \text{ bar} > 0,2 \text{ bar}$$

Tehát megfelel a tartály a fenti feltételeknek.

A rendszerhez a Flamco Flexcon TOP 600 típusú tágulási tartályát választottam, mely minden kritériumnak megfelel.

Műszaki jellemzői:

- Maximális üzemi nyomás: 10 bar.
- A tartályok megfelelnek az EN13831 szabványnak.
- Olyan rendszerekhez alkalmas, melyekben a maximális rendszerhőmérséklet 120 °C.
- Teljesen hegesztett szerkezet.
- Alkalmas a glikolbázisú fagyállók hozzáadására 50%-ig.
- Membrán: Gördülő butilkaucsuk hatással.



30. ábra: Flamco Flexcon Top 600 tágulási tartály

3.7. Hőcserélő kiválasztása

A tervezett fűtési rendszernek két légkezelő kört is szükséges ellátnia. A légkezelők fűtési kaloriferjének összesített fűtési igénye 800 kW, hőfoklépcsője 60/40 °C. Mivel a hőtermelői kör 120/100°C-os, így a légkezelőket ellátó kört hidraulikailag és az alacsonyabb hőfoklépcső miatt, le kell választani a rendszerről egy hőcserélővel. A hőcserélő méretezését nem végeztem el, manapság a gyártók olyan speciális számítógépes programokat használnak, hogy a hagyományosnak tekintett hőcserélő tervezést már a tervezők nem végzik el. Hőcserélőt gyártani már csak azért sem éri meg „otthoni” körülmények között, mert egy ilyen hőcserélő nem rendelkezik a megfelelő tanúsítványokkal, így nem is használható, garanciát érte nem tudunk vállalni. A gyártók rendelkeznek a megfelelő tanúsításokkal, gyártói tapasztalattal, így hiba esetén felelősségre vonható. A gyártónak elegendő, ha méretezés alapadatait ismertetjük.

A gyártónak az alábbi adatokat adtam meg:

18. táblázat: Hőcserélő méretezési alapadatok

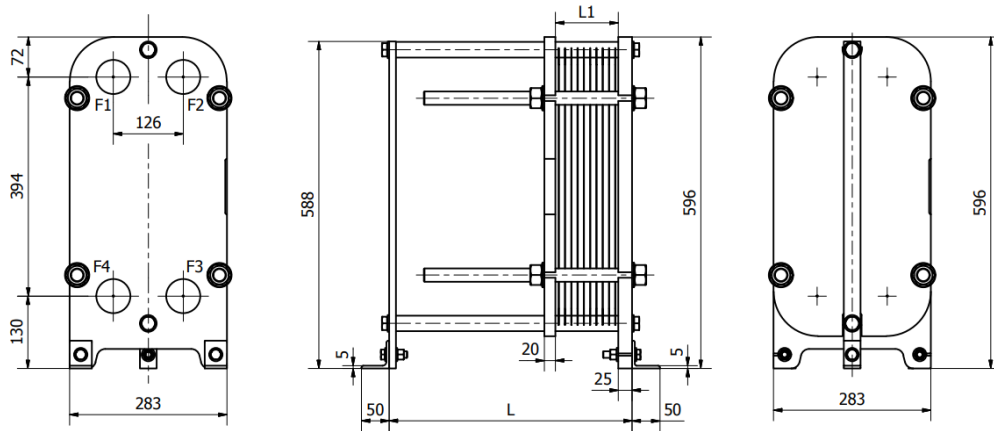
Hőcserélő méretezési alapadatok

	Primer oldal	Szekunder oldal
Közeg	Kezelt víz	30TF% etilén-glikol
te	120°C	60°C
tv	100°C	40°C
Δp_{max}	20 kPa	20 kPa
V	32 m ³ /h	29 m ³ /h
Nyomásosztály (csatlakozásnál is)	PN16	PN16
Q	800 kW	

Nyomásosztálynál fontos felhívni a gyártók figyelmét, hogy a csonk csatlakozás egyezzen a hőcserélő nyomásosztályával. Gyakori eset, hogy maga a hőcserélő PN16-os viszont a csonk csatlakozás PN10-es karimákkal oldható csak meg. Ez nem csak egy gyengébb pontot jelent a rendszerben, hanem kivitelezési akadályt is szabhat, ugyanis egyes karima méreteknél (pl.: DN200) változik a lyukkiosztás, így nem szerelhető össze a karima csatlakozás.

A szekunder oldalon hőhordozó közegként 30TF%-os etilén-glikolt választottam, ugyanis a rendszer egy része kültéren helyezkedik el. Az etilén-glikollal elkerülhető a fagykár a csövekben és az ellátott hőtermelőkben.

A választott berendezés SONDEX gyártmányú, EPDM gumi tömítéssel rendelkező, lemezes hőcserélő, melynek vázlatát a 31. ábra tartalmazza.

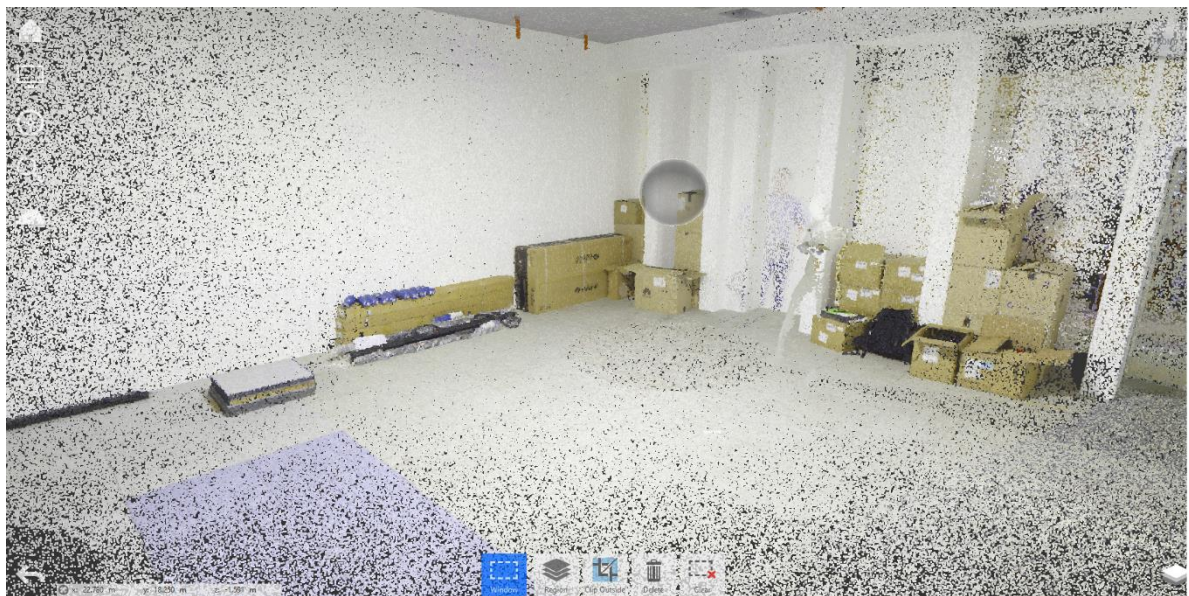


31. ábra: Választott hőcserélő műszaki rajza

4. Kivitelezés

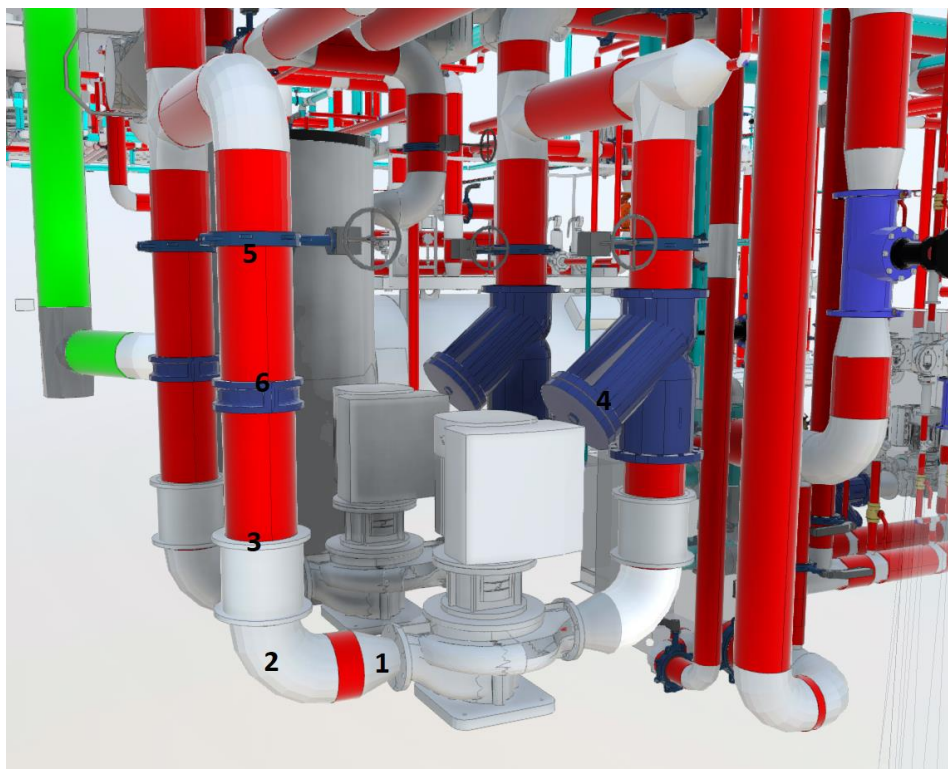
Dolgozatomban megtervezett rendszer jóváhagyásra került a megrendelő által, így megkezdődhet a kivitelezés szakasza. A kivitelezés előtt azonban szükséges egy helyszíni bejárás. A bejárás alkalmával segítségül hívok egy 3D lézer szkennert, mellyel milliméter pontosan fel tudom mérni a kazánház épületét.

Egy Leica RTC 360 típusú lézer szkennert dolgozok, mely másodpercenként 2 millió pontot képes felvenni. Egy állást mindössze 2 perc alatt el lehet készíteni. A lézer szkennert egy ún. pontfelhőt készít az adott helyiségről, melyben méréseket lehet végezni milliméter pontosan, továbbá mozogni is lehet az adott felmért térben. Egy ilyen pontfelhőt mutat az 32. ábra.



32. ábra: 3D szkennerral készült pontfelhő a helyiségről

Egy gépházban fontos a hely kihasználás, akár minden milliméter számíthat, egy kisebb helyre kerül egyre bonyolultabb gépészeti rendszer az új épületeknél. Így a 3D modell elkészítéséhez szintén nagy segítséget ad egy ilyen pontfelhő. Sokszor szembesülnek azzal a kivitelezők, hogy bár a terveken elférnek a különböző eszközök berendezések, a valóságban ez nem fér el. Ez a pontatlan felmérés, másrészt a silány 3D modellek miatt is előfordulhat. A legtöbb tervező szoftverben nem szabványos méretű idomok és szerelvények vannak. Továbbá a tervezők is határidőre dolgoznak, gyakran nagyon kevés idő jut egy 3D terv részletes kidolgozására. A következő ábrán azt szemléltetem, hogy általában egy 3D modell, hogy néz ki és milyen hibákat tartalmaz. Bár ebből lehet építkezni, meg is lehet szerelni a rendszert, de ha időben nem vizsgáljuk meg jobban a terveket, a helyszínen fog kiderülni, hogy az adott berendezés nem fér be a helyiségbe.



33. ábra: standard (hibás) 3D modell

A 33. ábrán olyan 3D modell látható, mely több hibát is tartalmaz, ezeket számokkal jelöltem. Egy ilyen modellből, ugyan megépíthető a rendszer, de biztos, hogy nem a modellen szerepeltetett befoglaló méretekkel és karbantartás szempontjából sem ideális.

- 1: A szivattyúnak nincs ellenkarimája, a szűkítő nem szabványos hosszúságú.
- 2: Nem szabvány méretű patentív.
- 3: Nem szabvány méretű gumikompenzátor, ellenkarimák hiányoznak.
- 4: Ellenkarimák hiányoznak, a szűrőbetét beleütközik a szivattyú motorjába, így nem

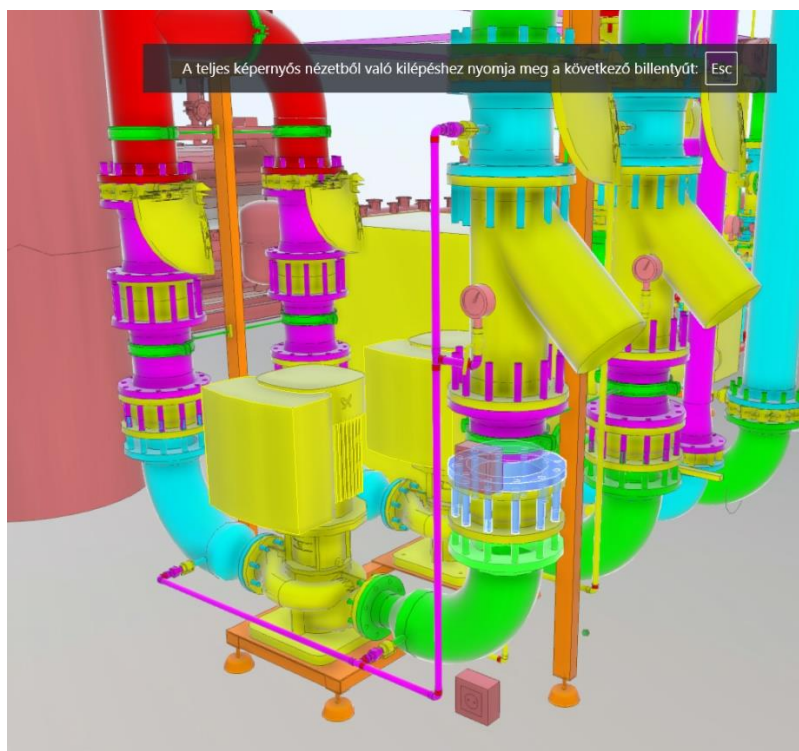
karbantartható.

5: Pillangószelep ellenkarimái hiányoznak.

6: Visszacsapó szelep ellenkarikái hiányoznak, nem szabványos méretű.

Ezek a pontok csak egy kis részét képezik egy nagy hőközpontnak, így is sok pontatlanság fellelhető. Mint említettem ezt legtöbbször az idő hiánya okozza, azonban a megrendelők egyre többször kérnek részletesebb 3D modelleket, mely ugyan több időt vesz igénybe, így több mérnök árat is, melynek költsége van, viszont a kivitelezési idő lerövidül, melyen sokkal többet nyer a megrendelő.

A 34. ábra egy részletesebb 3D modellt ábrázol, ahol a fent említett hiányosságokat kiküszöböltem.

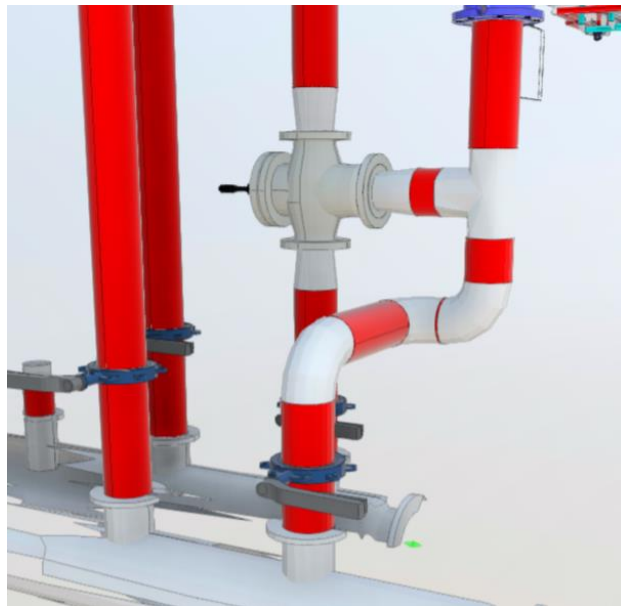


34. ábra: Részletes 3D modell

A javított modellben egy olyan programot használtam, amiben szabvány méretű szerelvények is idomokat használ. Bekerültek az ellenkarimák és figyeltem a szűrők elhelyezésére is, hogy azok karbantarthatók legyenek. Rajzolás közben szembesültem is azzal a problémával, hogy az eredeti terv szerint a rendszer nem fér el a helyiségben. Azt 180°-kal el kellett forgatni, hogy kivitelezés, üzemeltetés és karban tartás szempontjából optimális legyen.

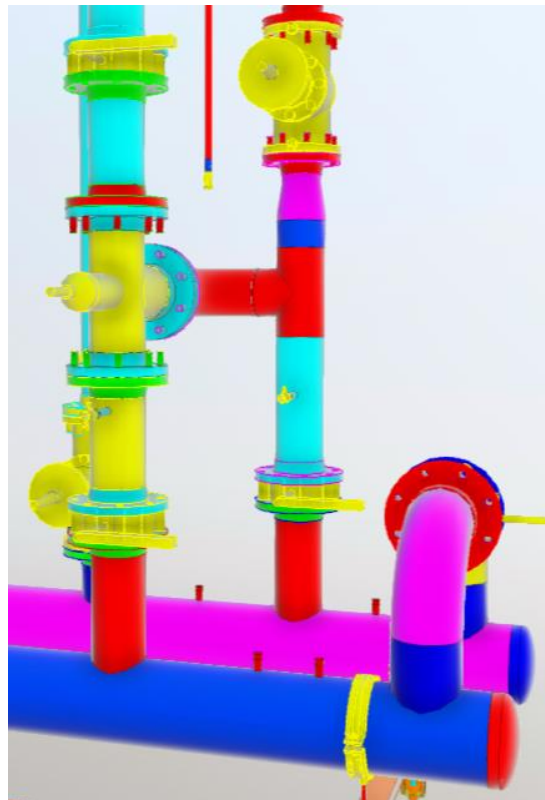
A másik hiba az osztó-gyűjtőnél került elő. Gyakori hiba, hogy a keverőszelepeknél nem számolnak a mozgató motor méretével. Maga a szeleptest ugyan elfér a tervezett helyén, de

a motor már nem. Ezt mutatja a 35. ábra.



35. ábra: 3-járatú szelep hibás elhelyezése

Az ábrán jól látható, hogy az osztón elhelyezett 3-járatú szelep motorja nem fog elférni, mert a szomszédos csomagon lévő cső ezt megakadályozza. Annak érdekében, hogy a mozgató motor elférjen, meg kellett cserélnem az osztó és a gyűjtő test elhelyezését. Így már a motor építési hossza nem akadály. A javított 3D modell a 36. ábrán látható.



36. ábra: 3-járatú szelep helyes elhelyezése

A módosított 3D modelleket a megrendelő elfogadta, így megkezdődhetett a helyszíni kivitelezés. Bár a modell elkészítése és jóváhagyása 3 hetet vett igénybe, a tervezett 6 hetes kivitelezés helyett, az építkezés mindössze 2 hét alatt megvalósult.

4.1. Nyomástartó berendezések besorolása 9/2001. (IV.5) GM és 2/2016. (I.5.) NGM rendelet szerint

Ahogy korábban említettem a rendszer technológiai rendszernek, ezen belül nyomástartó edénynek minősül, melyet Magyarországon a 9/2001. (IV.5) GM és 2/2016. (I.5.) NGM rendelet hatálya alá tartozik, mely PED direktívára hivatkozik, mely egy európai szabvány, illetve rendelet.

A tüzelőberendezést és a csőhálózatot külön kell vizsgálnunk, mely besorolásba tartozik. A besorolást a maximális megengedett nyomás (P) és a rendszer térfogatának (V) szorzata határozza meg.

Berendezések:

Berendezés:	Forróvíz kazán
Töltet:	víz
Méret, térfogat:	1.690 liter
PS= 6,0 bar,	TS= 120 °C
PS x V =	10.140
PED besorolás:	IV. Hatósági vizsgálat és létesítési engedély kötelezett

Csővezetékek:

forróvíz vezetékek

PS= 6 bar(t)

DN=150

PS x DN = 900

Töltet: 2. nem veszélyes

PED besorolás: **0.**

4.1.1. Kivitelezési előírások

A fent említettek értelmében különböző kivitelezési előírásokat szükséges betartani. A csővezetékek P235GH (EN10216-1) (WNR. 1.0345) anyagminőségű varrat nélküli acélcsövek nyomástartó berendezésekhez. A hegeszthető toldatos karimák EN 1092-1:2007 szabvány szerinti kialakításban S235JR (Wnr. 1.0115) anyagminőségből készülnek. A

csővezetékekbe a vezetékekkel azonos anyagú patentíveket terveztünk. A szűkítők sajtolt kivitelben vagy egy hosszvarrattal készüljenek, a vezetékcsővel azonos anyagból. Cikkekől hegesztéssel készült szűkítő nem építhető be. Az anyagminőséggel kapcsolatos követelmények megfelelőségét az I. és II. kategóriájú csővezetékeknél és berendezéseknél MSZ EN 10204 3.1, az egyéb rendszereknél 2.2 szerinti bizonylattel kell igazolni. A szerelvények szerkezeti és tömítőelem anyaga – a szerelvények műszaki jellemzőinek megfelelően – legyenek ellenállóak az áramló közeg fizikai és kémiai hatásával szemben. A szerelvényekben felhasznált segéd- és kenőanyagok ne tartalmazzanak az áramló közeget károsító, szennyező vagy egészségre veszélyes összetevőket.

A vezetékrendszer nyomásfokozata PN16.

A vezetékek építésénél figyelembe kell venni a vonatkozó szabványokat és előírásokat.

A szerelést a tervek szerint, megfelelő szakképzettségű szerelőnek kell végezni (minősített hegesztői bizonyítvány). Az elrendezési terveken a nem ábrázolt kisméretű vezetékek helyszíni adottságok és a tartózás figyelembevételével kell szerelni. A vezetékek tartózását a nyomvonal terveken bejelölt tartózási helyeken a csővezetékekhez bilinccsel, vagy hegesztve csatlakozó csőpapucsokkal kell biztosítani. A tartók alátámasztása, vezetett alátámasztás ill. fix kialakításúak a terveken jelöltek szerint. A technológiai vezetékeken a szerelést követően nyomáspróbát kell tartani. Nyomáspróba csak a készre szerelt (csőtartó szerelések után) vezetékszakaszokon végezhető.

A próbanyomás értéke:

- Forróvíz vezetékek: PS 6 bar, próbanyomás = 7,8 bar
- A nyomáspróba közege: víz
- A nyomáspróba időtartama: 24 óra, illetve a vezetékek átvizsgálásához szükséges idő.

Nyomáspróbát tartani csak a tervnek megfelelően kivitelezett és készre szerelt csővezetékeken szabad. Ha a tömörségi nyomáspróba közben a csővezetékben a próbanyomás értéke csökken, illetve azt csökkenteni kell, akkor a nyomáspróbát meg kell ismételni a tömörtelenség okának feltárása után. A nyomáspróbák időpontját és időtartamát a munkaterületen, illetve a foglalkoztatott dolgozókkal előzetesen közölni kell. A nyomáspróba megtartását a kivitelezési naplóba be kell jegyezni, de a nyomáspróbáról jegyzőkönyvet is kell készíteni.

4.1.2. Hegesztési előírások

Jelen tervben foglalt műszaki követelmények biztosítására a kivitelezőnek kell hegesztési technológiát kidolgozni. Csővezetékre vonatkozó általános hegesztési előírások: Tervben foglalt csővezetékek hegesztését védőgázos fogyóelektródás kézi hegesztéssel, ill. lánghegesztéssel kell megoldani. A varratok készítését csak az adott területre érvényes minősítéssel rendelkező hegesztő végezheti. A kiépítendő technológiai csővezetékek az MSZ 13480 szabvány szerinti besorolása, illetve a csővezeteki hegesztési varratok MSZ 13480 szabvány szerinti ellenőrzési terjedelme a táblázatban található.

19. táblázat: Varratvizsgálati előírások.

Csővezeték megnevezése	Csővezeteki osztály MSZ13480-1	Radiográfiai vizsgálat Msz13480-5	Egyéb vizsgálat
Forróvíz vezetékek 6 bar	0	-	Szemrevételezés
Melegvíz vezetékek	0	-	Szemrevételezés

A csővezeték csatlakozások összehegesztésénél a csatlakozó elemek megfelelően rögzített, kölcsönös helyzetét biztosítani kell. A csővezeték elemek csatlakozó éleit a hegesztéshez mechanikus módszerrel kell előkészíteni. A hegesztett csővezeteki kötések él előkészítésének típusa szénacél elemek esetén: egyoldali “V” varrat 50,5° nyílásszöggel. A hegesztendő elemek hegesztési éleit kb. 30 mm szélességben a hegesztés előtt az esetleges révétől, oxidrétegtől, valamint más szennyeződésektől meg kell tisztítani. Az elemek összehegesztésénél használt fűzővarratok a végleges hegesztési varrat szerves részét képezik. Ezért a fűzővarrat utáni varratrétegek felvitele előtt a fűzővarratot köszörüléssel meg kell tisztítani és állapotát szemrevételezéssel gondosan ellenőrizni kell, varratrepedés nem lehet rajta. Ha a fűzővarraton repedés van, akkor el kell távolítani és újra el kell készíteni. A csőszakaszokat, illetve a hegesztési közdarabokat a behegesztés után szemrevételezéssel történő gondos vizsgálatnak, a hegesztési varratokat pedig a rájuk vonatkozó követelmények szerint történő vizsgálatoknak kell alávetni. Hibás varratszakasz javítása: Egy-egy hibás varratszakasz legfeljebb kétszer javítható. Ha ezek után sem kielégítő a varratok minősége, a varratot ki kell vágni és legalább a profil vagy a gerincvastagság 20-szorosának megfelelő hosszúságú anyaggal kell helyettesíteni. A javított varratokat fokozottabb mértékben ellenőrizni kell.

Hegesztés környezeti feltételei: A hegesztés során a hatályos előírásokat mindenkor be kell tartani. Hegesztést, ill. fűzést lehetőleg + 5 C° feletti környezeti hőmérsékleten kell végezni.

Kivételesen $0 \div 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ között is engedélyezhető a hegesztés, azonban ez esetben a varratok környezetét kéz meleg állapotig elő kell melegíteni.

5. Összefoglalás

Azért választottam ezt a témát dolgozatomhoz, mert kicsit eltér a hagyományosnak vett épületgépészeti feladatoktól. Úgy gondolom a dolgozat is rámutat, mennyire összetett feladat és rendszer megtervezése, mennyi szabványt, előírást és rendeletet kell figyelembe venni, ahhoz, hogy egy műszakilag megfelelő, gazdaságos és hatóság által is biztonságos rendszert kapjunk. A dolgozat írása közben, a tervezés folyamata alatt arra is rájöttem, hogy a jelenlegi műszaki gyakorlatban - az épületgépészet terén legalább is -, már kevésbe van jelen a konkrét számolási feladat. A legtöbb adatot, segéd táblázatokból, gyártói segítséggel szükséges meghatározni a, mely főleg a szigorú szabályzás miatt van.

Arra is rájöttem, hogy a tervezési hibák és hiányosságok, leginkább a szoros határidők miatt fordulnak elő. Bár már kidolgozott metódusok, professzionális programok segítik a tervezők munkáját, az időhiány, a szoros határidők hibákat generálnak.

Ennek okán szerettem volna egy kis kitekintést mutatni, merre is tart a modern épületgépészet, melyben a 3D lézer szkennelés nagy segítséget nyújthat a jövőben. A 3D modellek (BIM modell) egyre gyakrabban igény a megrendelők részéről, így csökkentve a kivitelezésre fordított időt. Mivel még ez is gyerekcipőben jár a hazai építőiparban, így rámutattam arra is, jelenleg mennyi hibával készülnek ezek a 3D modellek, mely ugyan már megkönnyíti a kivitelezők munkáját, de további számos problémát is szül. A jövőben úgy gondolom elengedhetetlen 3D szkennerek használata minden szakágban. Így közösen dolgozva az építész és villamos kollégákkal, akár valósághű modellek is készülhetnek, ütközések nélkül, és töredékére csökkenhet a kivitelezésre fordított idő, nem is beszélve az anyaghasználatról.

Végző soron azt tapasztaltam dolgozatomban, hogy bár kidolgozott módszerek szerint dolgoznak a mérnökök mind a tervezés, mind a kivitelezés során, még mindig rengeteg fejleszteni való van, ami lelkesedéssel tölt el, hogy folytassam mérnöki pályafutásom.

Summary

In my thesis, I will perform the sizing and implementation of a 1.9 MW hot water boiler gas system and the technology. I will size the hydraulic system of the network and the gas network power supply. At the end of the work, I will describe the difficulties, design and implementation errors, with a strong emphasis on the preliminary survey, 3D modeling, and deficiencies in implementation.

Based on my practical and implementation experience, I will design the gas and heating hydraulic network of a technological hot water boiler in my thesis. Afterwards, I will outline the difficulties and challenges that arise during the implementation. During the execution, I will utilize a 3D laser scanner considered innovative in mechanical assembly and the point cloud it produces. Additionally, I will use a form of 3D modeling in my work that goes beyond the generally accepted 3D models in mechanical engineering.

NYILATKOZAT

a diplomadolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Gergely Attila
A Hallgató Neptun kódja: B4OF9A
A dolgozat címe: Technológiai forróvízkazán fűtési és gáz rendszerének tervezése és kivitelezése
A megjelenés éve: 2023
A konzulens tanszék neve: Épületgépészeti és Energetikai Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott diplomadolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, s az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottnak tudomásul veszem, hogy a Záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkor szellemi tulajdonkezelési szabályzataiban megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe.

Kelt: 2023. év 05. hó 02. nap


Hallgató aláírása

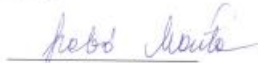
KONZULTÁCIÓS NYILATKOZAT

A Gergely Attila (név) (hallgató Neptun azonosítója: B4OF9A) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfólió¹ áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő védésre javaslom / nem javaslom².

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem³

Kelt: 2023 év augus hó 2 nap


Belső konzulens

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő alá húzandó.

³ A megfelelő alá húzandó.

Irodalomjegyzék

- [1] Dr. Lezsovits Ferenc (2016): Kazánok és tüzelőberendezések, Budapest. p13.
- [2] ASBÓTH Dénes et al. (2004): Épületgépészet a gyakorlatban. Verlag Dashöfer Szakkiadó, Budapest p307.
- [3] Dr. Penninger Antal (2012): Kalorikus Gépek, EFO kiadó, Budapest, p10.
- [4] Gerse Károly (2014): Kazánok I. Műszaki Tankönyv Kiadó, Budapest, 278. ISBN 978-963-313-100-8
- [5] Gerse Károly (2014): Kazánok II. Műszaki Tankönyv Kiadó, Budapest, ISBN 978-963-313-100-8
- [6] Gabrai László (2018): Csőhálózatok hidraulikája, Akadémia Kiadó, Budapest
- [7] Gergely Dániel Zoltán (2023): Fűtési- hűtési csőhálózatok hidraulikája, ISBN 978-615-01-6723-7
- [8] Bihari Péter (2011): Energetika I. Edutus Főiskola, Budapest, p185.
- [9] 213/2019. (VIII. 27.) Korm. rendelet 17. § (1)
- [10] 44/2016. (XI. 28.) NGM rendelet 38. § (3)
- [11] 1/2020. (I. 13.) Korm. rendelet
- [12] Az európai parlament és a tanács 2014/68/eu irányelve, 4. cikk (1) a, i.
- [13] DIN EN 1092-1, p35.
- [14] AZ EURÓPAI PARLAMENT ÉS A TANÁCS 2014/68/EU IRÁNYELVE (2014. május 15.) a nyomástartó berendezések forgalmazására vonatkozó tagállami jogszabályok harmonizációjáról, p54.
- [15] DIN EN 10217-2, p28
- [16] Claus Ihle, Rolf Bader, Manfred Golla (2014): Épülettechnikai tudástár, ISBN 978-3-441-92162-2, p313
- [17] Claus Ihle, Rolf Bader, Manfred Golla (2014): Épülettechnikai tudástár, ISBN 978-3-441-92162-2, p364
- [18] Rudolf Jauschowitz (2007): HIDRAULIKA A MELEGVÍZFŰTÉS SZÍVE, Herz Armaturen Ges.m.b.H., Wien,
- [19] Dr. Csoknyai István, Doholuczki Tibor (2013): Több, mint hidraulika, Herz Armaturen, Budapest, Wien,
- [20] <https://wattler.eu/2018/04/a-magyar-gazhalozatrol/>
- [21] Wilo: A szivattyútechnikai alapjai, 2005, p9-13.
- [22] Dr. Kullmann László (2017): Áramlástechnikai gépek, Egyetemi jegyzet, Budapest, p46.

- [23] Dr. Török Sándor (2011): Áramlástan gépek, Szent István Egyetem, Gödöllő, p59.
- [24] Barna Lajos at al. (2011): Épületgépészet 2000, Fűtéstechnika, Épületgépészet kiadó, Budapest, p623.
- [25] HERZ Armaturen GmbH: Hidraulika az épületgépészeti rendszerekben, jegyzet, p2.
- [26] MVM Hálózat (2021): 1. sz. melléklet Tervezési, kivitelezési, karbantartási segédletek, p2-16.
- [27] Bosch (2013): Heating Boiler Unimat UT-L, Technical guide, p8-30.
- [28] Bosch (2021): Csővezeték- és műszerezési terv
- [29] <https://www.e-gepesz.hu/hirek/4482-hidraulikai-interaktivitas-2>

Mellékletek

1. sz. melléklet

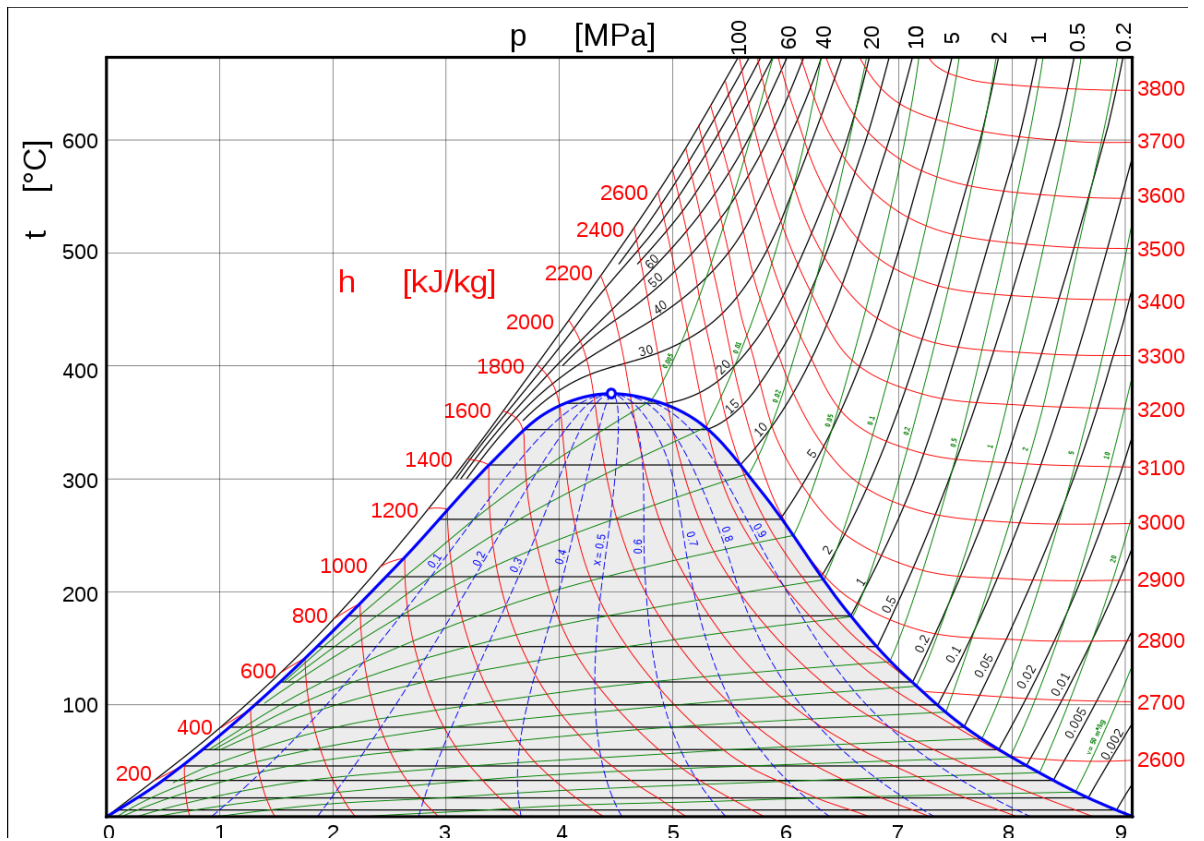
Víz sűrűsége és fajhője

°C	sűrűség kg /m ³	fajhő (c) kJ / kg*K
0	999,9	4,226
5	1000	4,195
10	997,7	4,195
15	999,1	4,187
20	998,2	4,182
25	997,1	4,178
30	998,2	4,182
35	994,1	4,175
40	992,2	4,175
45	990,2	4,176
50	988,1	4,178
55	985,7	4,179
60	983,2	4,181
65	980,6	4,184
70	977,8	4,187
75	974,9	4,190
80	971,8	4,194
85	968,7	4,198
90	965,3	4,202
95	961,9	4,206
100	958,4	4,211
110	951,0	4,224
120	943,5	4,232
130	934,8	4,250
140	926,3	4,257
150	916,9	4,270
160	907,6	4,285
170	897,3	4,396

Víz tulajdonságai

Hőmérséklet °C	Sűrűség kg/m ³	Dinamikai viszkozitás Ns/m ²	Kinematikai Viszkozitás 10 ⁶ m ² /s
0 (jég)	916,70	17,893	1,789
0 (víz)	999,84	17,893	1,789
10	999,70	13,066	1,3060
20	998,2	10,049	1,0060
40	992,21	6,535	0,6580
60	983,21	4,703	0,4781
80	971,8	3,567	0,3659
100	958,35	2,822	0,2944

Víz fázis diagrammja



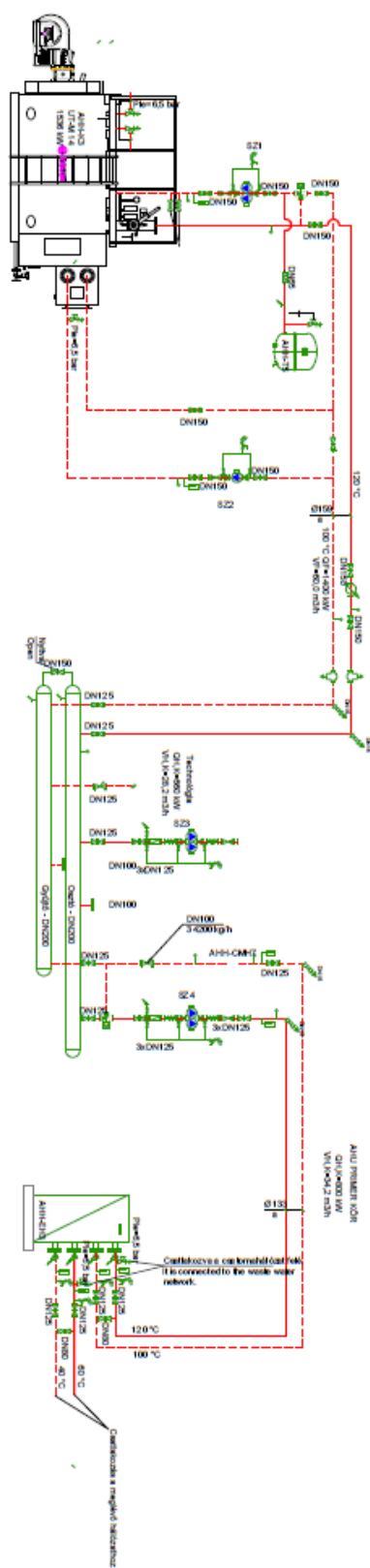
4. sz. melléklet

Acélcső csősúrlódási nyomásesés táblázat

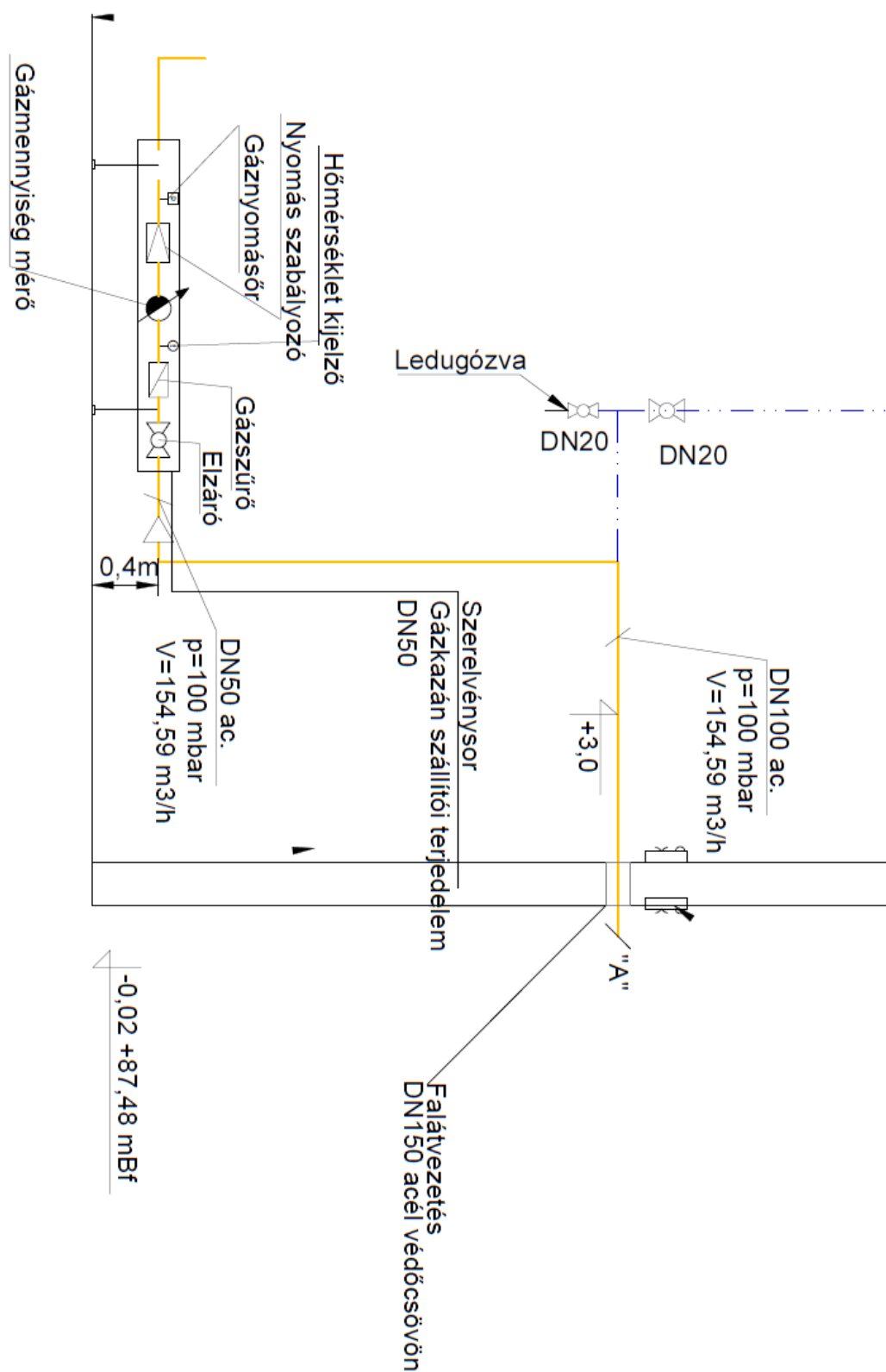
1.5 Varrat nélküli acélcső (MSZ99:1986 A 37) fajlagos csősúrlódási nyomásesés táblázat ($k=0,066 \text{ mm}$), $t = 60^\circ\text{C}$ víz közegre

S' (Pa/m)	$D \times S$	76,1x2,9	88,9x3,2	108x3,6	133x4,0	159x4,5	219x6,3	273x7,1
	$d_H =$	70,3 mm	82,5 mm	100,8 mm	125,0 mm	150,0 mm	206,5 mm	258,8 mm
25	$Q_{\Delta T=20K}$ (kW)	124,89	191,32	325,90	576,68	934,28	2 172,19	3 935,49
	$\dot{V}$ (l/h)	5 466	8 373	14 263	25 239	40 889	95 066	172 237
	w (m/s)	0,391	0,435	0,496	0,571	0,643	0,788	0,910
	Δp_{din} (Pa)	75,2	93,0	121,2	160,4	203,0	305,6	406,6
50	$Q_{\Delta T=20K}$ (kW)	180,57	276,21	469,72	829,77	1 342,50	3 114,69	5 635,42
	$\dot{V}$ (l/h)	7 903	12 088	20 557	36 315	58 755	136 314	246 634
	w (m/s)	0,566	0,628	0,716	0,822	0,924	1,131	1,302
	Δp_{din} (Pa)	157,2	193,9	251,7	332,1	419,2	628,3	833,7
60	$Q_{\Delta T=20K}$ (kW)	198,82	304,01	516,79	912,55	1 475,96	3 422,60	6 190,55
	$\dot{V}$ (l/h)	8 701	13 305	22 617	39 938	64 596	149 790	270 930
	w (m/s)	0,623	0,691	0,787	0,904	1,015	1,242	1,431
	Δp_{din} (Pa)	190,6	234,9	304,6	401,7	506,7	758,6	1 006,0
70	$Q_{\Delta T=20K}$ (kW)	215,63	329,62	560,14	988,76	1 598,82	3 705,98	6 701,39
	$\dot{V}$ (l/h)	9 437	14 426	24 514	43 273	69 972	162 192	293 286
	w (m/s)	0,675	0,750	0,853	0,980	1,100	1,345	1,549
	Δp_{din} (Pa)	224,2	276,2	357,9	471,6	594,6	889,4	1 178,9
80	$Q_{\Delta T=20K}$ (kW)	231,29	353,49	600,53	1 059,76	1 713,26	3 969,90	7 177,10
	$\dot{V}$ (l/h)	10 123	15 470	26 282	46 381	74 981	173 743	314 106
	w (m/s)	0,724	0,804	0,915	1,050	1,179	1,441	1,659
	Δp_{din} (Pa)	257,9	317,6	411,4	541,7	682,8	1 020,6	1 352,2
90	$Q_{\Delta T=20K}$ (kW)	246,02	375,92	638,49	1 126,50	1 820,82	4 217,91	7 624,09
	$\dot{V}$ (l/h)	10 767	16 452	27 944	49 301	79 688	184 597	333 668
	w (m/s)	0,771	0,855	0,973	1,116	1,253	1,531	1,762
	Δp_{din} (Pa)	291,8	359,2	465,0	612,1	771,2	1 152,1	1 525,8
100	$Q_{\Delta T=20K}$ (kW)	259,97	397,16	674,43	1 189,66	1 922,60	4 452,57	8 046,99
	$\dot{V}$ (l/h)	11 378	17 382	29 516	52 065	84 143	194 867	352 177
	w (m/s)	0,814	0,903	1,027	1,179	1,323	1,616	1,860
	Δp_{din} (Pa)	325,9	401,0	518,8	682,6	859,8	1 283,9	1 699,8
110	$Q_{\Delta T=20K}$ (kW)	273,25	417,38	708,63	1 249,76	2 019,45	4 675,83	8 449,33
	$\dot{V}$ (l/h)	11 959	18 267	31 013	54 696	88 381	204 638	369 785
	w (m/s)	0,856	0,949	1,080	1,238	1,389	1,697	1,953
	Δp_{din} (Pa)	360,0	442,8	572,8	753,4	948,6	1 415,9	1 874,1
120	$Q_{\Delta T=20K}$ (kW)	285,94	436,71	741,32	1 307,21	2 112,02	4 889,22	8 833,86
	$\dot{V}$ (l/h)	12 514	19 113	32 444	57 210	92 433	213 977	386 614
	w (m/s)	0,896	0,993	1,129	1,295	1,453	1,775	2,042
	Δp_{din} (Pa)	394,2	484,8	626,9	824,2	1 037,6	1 548,1	2 048,5

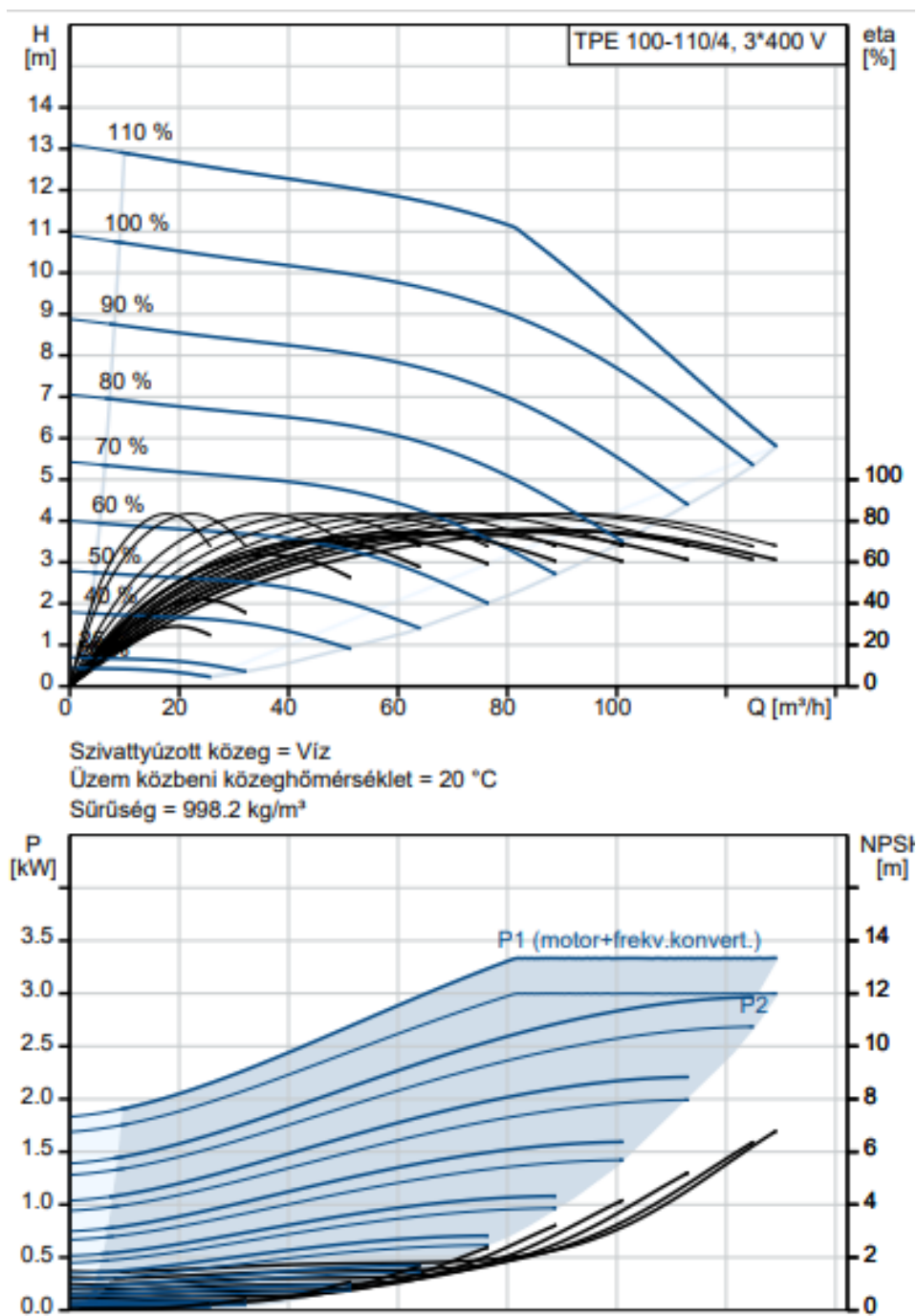
Tervezett rendszer fűtési kapcsolási rajza



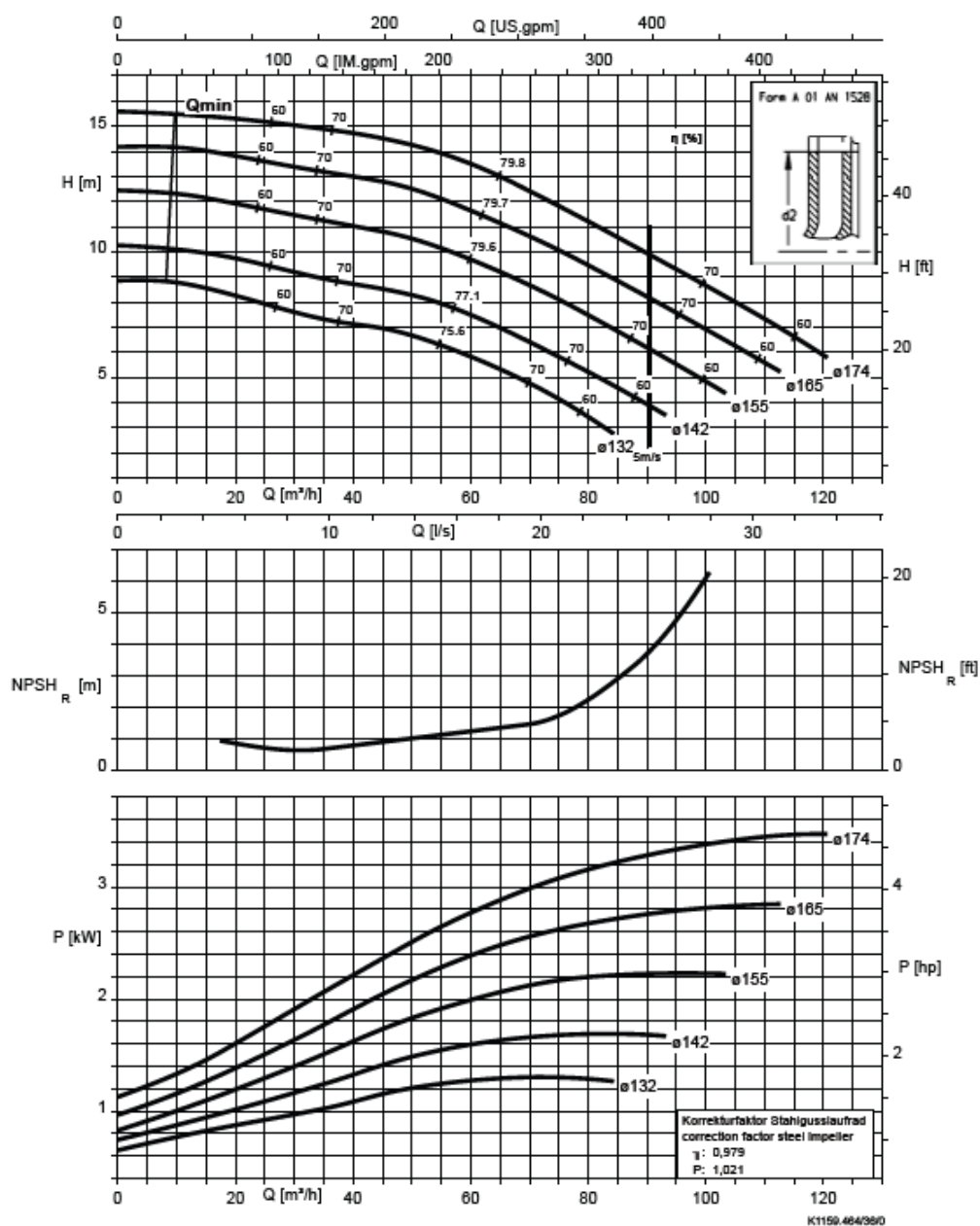
Tervezett rendszer gáz függőleges csőterve



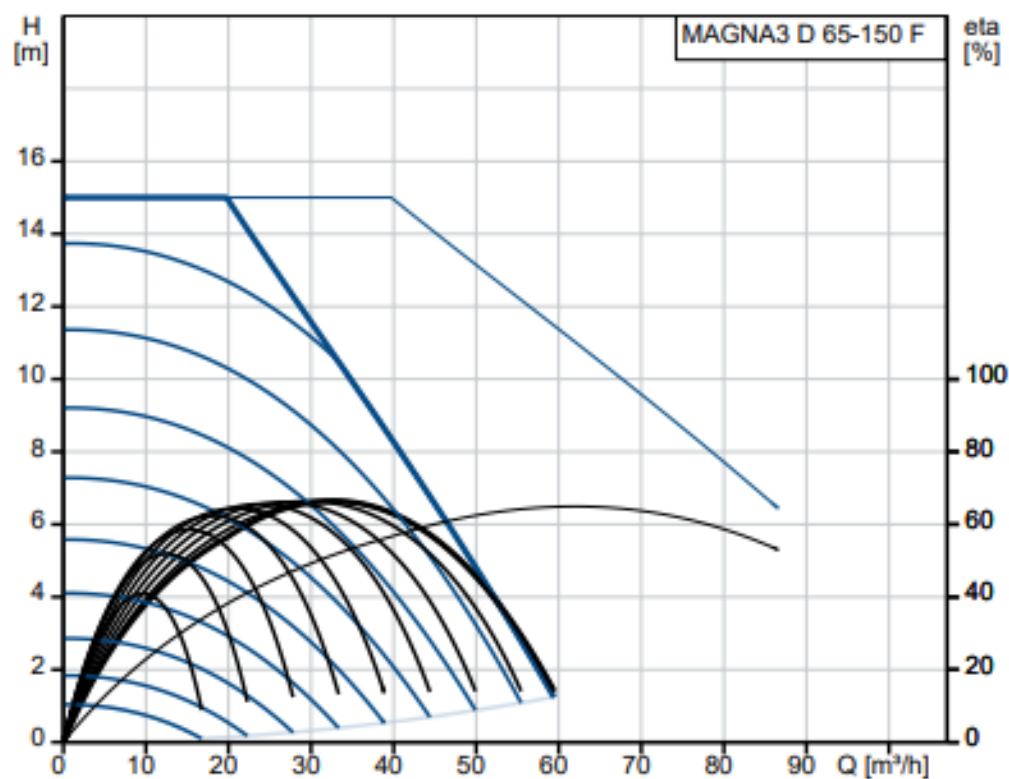
SZ1 szivattyú jelleggörbéje



SZ2 szivattyú jelleggörbéje

Etaline 080-080-160, $n = 1750$ rpm

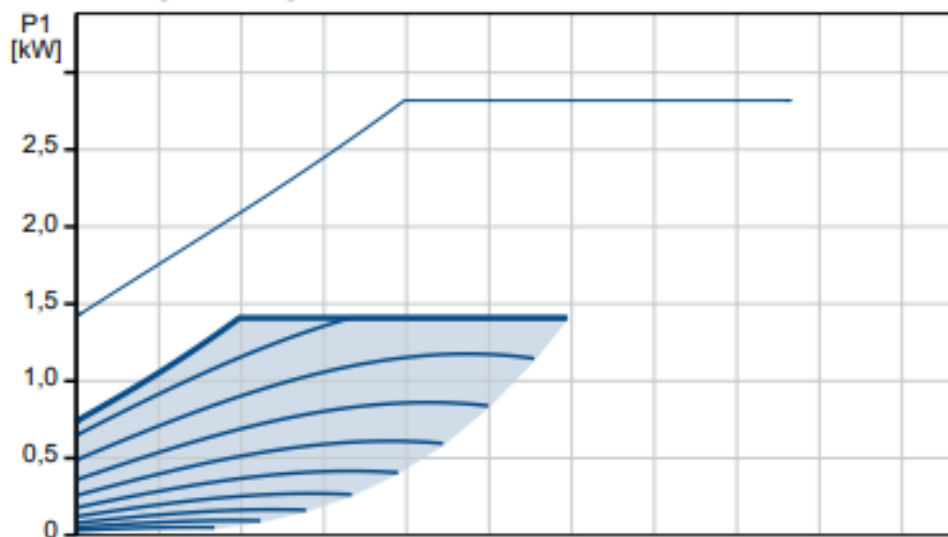
SZ3-SZ4 szivattyú jelleggörbéje



Szivattyúzott közeg = Víz

Üzem közbeni közeghőmérséklet = 60 °C

Sűrűség = 983.2 kg/m³



„Y” szűrő átfolyási kapacitása

14. táblázat: „Y” szűrők tájékoztató jellegű átfolyás kapacitása

Kivitel	Menetes		Karimás	
Szűrőfinomság	0,35÷0,5	0,6÷0,75	0,5÷0,75	1,0÷1,5
DN	k_{vs} (m ³ /h, 1bar)			
15	2,7	3,6	4,8	7,2
20	5,7	7,8	8,2	9,5
25	8,7	13,2	12,8	14,5
32	16,0	22,5	20,2	21,2
40	25,0	31,5	30,2	38,6
50	42,5	49,1	52,3	60,5
65		82,8	88,5	105,0
80		141,0	132,5	138,0
100			185,2	211,0
125			290,0	306,0
150			360,0	375,0
200				580,0
250				890,0
300				1365,0
350				2350,0
400				3540,0

96

15. táblázat: Visszacsapó-szelepek tájékoztató jellegű átfolyás kapacitásai

Kialakítás	Menetes	Karimás	Karima közé építhető
DN	k_{vs} (m ³ /h, 1bar)		
15	3,5÷6,0		3,2
20	5,5÷10,0		5,1
25	12,0÷20,5		8,5
32	16,5÷35,0		17,0÷21,5
40	19,0÷45,0	65÷80	20,0÷28,0
50	28,5÷105	80÷130	35,0÷48,5
65		120÷300	55,0÷75,0
80		220÷480	75,0÷115,0
100		320÷720	140,0÷165,0
125		450÷955	280÷330
150		650÷1650	365÷465
200		1020÷2350	750÷1050
250		1750÷2550	1052÷1450
300		2450÷2870	1265÷1780

98

Gumikompenzátor ellenállás tényezői

16. táblázat: Csőkompenzátorok alaki ellenállás tényezői

Kompenzátor típus		Alakiellenállás tényező					
Redős (gumi) kompenzátor		d_H (mm)	50	100	200	300	400 500
		ζ	1,7	1,6	1,6	1,8	2,1 2,3

Több redő esetén $\zeta=0,3$ redőnként

„U”- alakú kompenzátor		a/d_H	0,0	2,0	5,0	10,0
		ζ	0,33	0,21	0,21	0,21

Pillangószelep és golyóscsapok k_{vs} értékei

17. táblázat: Alkalmazott elzáró-szerelvények tájékoztató k_{vs} -értékei

Golyóscsapok		Pillangószelepek
Kivétel	k_{vs} ($m^3/h, 1bar$)	
DN		
15	12÷18	
20	30÷35	
25	45÷60	
32	85÷110	
40	145÷175	
50	250÷280	80÷95
65		195÷210
80		415÷450
100		635÷680
125		1250÷1400
150		2020÷2200
200		4120÷4200
250		5950÷6150
300		9350÷9860