

DIPLOMADOLGOZAT

Vas Áron István
Létesítménymérnök mesterszak

Szent István Campus, Gödöllő
2023



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Szent István Campus
Létesítménymérnök Mesterszak

Egy budapesti idősothton épületében a potenciálisan felhasználható energiák feltérképezése és hasznosítása

Belső konzulens: Dr. Hermanucz Péter
Egyetemi docens

Külső konzulens: Semega Róbert
Épületgépész tervező E.V.

Készítette: Vas Áron István
TORIP9
tagozat (nappali, levelező)

Intézet/Tanszék: Műszaki Intézet,
Épületgépészeti és Energetikai Tanszék

Szent István Campus, Gödöllő
2023

MŰSZAKI INTÉZET LÉTESÍTMÉNYMÉRNÖK MESTERSZAK
Létesítményüzemeltető-energetika specializáció

DIPLOMADOLGOZAT

feladatlap

Vas Áron István (TORIP9)

részére

A diplomadolgozat címe:

Egy budapesti idősotthon épületében a potenciálisan felhasználható energiák feltérképezése és hasznosítása

Feladatkiírás:

Egy Budapest területén található idősok otthonaként szolgáló épületben az épületgépészeti berendezésekből, valamint az épületen belül keletkező hőveszteségek feltárása, ezen veszteségek potenciális hasznosíthatóságának feltérképezése hőszivattyú alkalmazásával.

Közreműködő tanszék: Épületgépészeti és Energetikai Tanszék

Külső konzulens: Semega Róbert épületgépész tervező E.V. (végzettség: DE-MFK)

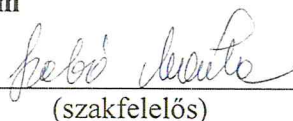
Belső konzulens: *Dr. Hermanucz Péter egyetemi docens, MATE, Műszaki Intézet*

Beadási határidő: 2022. 05 hó 03 nap

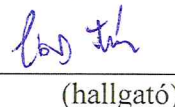
Gödöllő, 2022. 05 hó 09 nap

Jóváhagyom


(tanszékvezető)

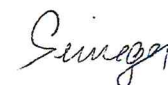

(szakfelelős)

Átvettem


(hallgató)

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

Gödöllő, 2022. 05. hó 07. nap



(külső konzulens)

A DIPLOMADOLGOZAT TARTALMI KIVONATA

Dolgozat címe: Egy budapesti idősotthon épületében a potenciálisan felhasználható energiák feltérképezése és hasznosítása

A dolgozatot készítő hallgató neve: Vas Áron István

Létesítménymérnök mesterszak, Létesítményüzemeltető – energetika specializáció
Műszaki Intézet, Épületgépészeti és Energetikai Tanszék

Belső témavezető: Dr. Hermanucz Péter, egyetemi docens, MATE, Műszaki Intézet

Külső témavezető: Semega Róbert, épületgépész tervező E.V.

A dolgozat célja, egy elavult és rossz szigetelésű fűtési rendszerrel rendelkező épületben a hőveszteségek forrásainak és mértékeinek feltárása, illetve vizsgálata, mennyiségeik meghatározása, valamint javaslattétel ezek csökkentésére, illetve alternatív hőszivattyús módszerrel történő hasznosítására. Továbbá a vizsgálatok és számítások eredményeit mind szakmailag, mind gazdaságilag értékelni és a következtetéseket ezekből levonni.

A dolgozat elején a 7. Fejezetben megvizsgáltam a feladat helyül szolgáló egyes pincerészekben a hőveszteségek mértékét, majd a 8. Fejezetben a rendelkezésre álló adatok alapján a csövek hőveszteségszámításához szükséges kiinduló adatokat. Ezt követően a 9. Fejezetben kiszámítottam a három pincerészben található csővezetékek hőveszteségeinek értékét, majd a 10. Fejezetben az adott szakaszokon és pincerészekben futó csővezetékek alapján az adott részre és szakaszra eső hőveszteséget, valamint az egyes szakágakra eső hőveszteségeket. Ezek ismeretében megvizsgáltam, hogy az eredetileg feltételezett egyensúlyi hőmérsékletek értékei hogyan viszonyulnak a veszteségek alapján számítható tényleges egyensúlyi hőmérsékletek értékeihez a 11. Fejezetben. Kiderült, hogy csak a B pincerészben volt jó a feltételezés, a maradék két részben pozitív eltérés volt tapasztalható, az egyensúlyi hőmérsékletek értéke magasabb lett az eredetileg feltételezettől. Ez után megvizsgáltam, hogy a szigetelések módosításával milyen változás érhető el a 12. Fejezetben, majd szemléltettem az eredményeket a 13. Fejezetben. Ez után a hőveszteség hasznosítására tettem javaslatot a 14. Fejezetben és ezt a javaslatot vizsgáltam szakmailag, majd a 15. Fejezetben gazdaságilag és az eredmények alapján levontam a következtetéseket a 16. és 17. Fejezetekben.

Tartalom

1. A dolgozat célja	3
2. A választott épület bemutatása	4
3. Kölcsönhatások a környezet és a zárt termodinamikai rendszerek között	6
4. A hővezetés formái	9
4.1. Sík falak hővezetése	10
4.2. Hengeres testek hővezetése	12
4.3. Hősugárzás.....	13
4.4. Konvektív hőátadás	18
4.5. Összetett hőátvitel	20
5. Hőáramok és a hőveszteségek kialakulása az épület és a környezet között.....	23
6. A környezeti hőenergia hasznosítása hőszivattyúk segítségével.....	25
6.1. Energiaellátás megújuló energiaforrásokból	25
6.2. Hulladékhőt hasznosító hőszivattyúk	26
6.3. Megújuló energiát hasznosító hőszivattyúk	26
6.3.1. Légköri levegő hőenergiájának hasznosítása	27
6.3.2. A felszíni és talajvizek hőenergiájának hasznosítása	27
6.3.3. A talaj hőenergiájának hasznosítása.....	27
6.4. Különböző típusú hőszivattyúk fűtéstechnikában való alkalmazása.....	27
6.4.1. Az elméleti körfolyamatok	27
6.4.2. A gyakorlati körfolyamat elmei	29
6.4.3. Elpárologtató.....	30
6.3.3. Sűrítő (kompresszor)	32
6.4.4. Kondenzátor	36
6.4.5. Expanziós szelep	37
6.5. Hőszivattyúk üzemeltetési módjai	38
6.5.1. Monovalens üzemmód	38
6.5.2. Monoenergikus üzemmód	39
6.5.3. Bivalens párhuzamos üzemmód.....	39
6.5.4. Bivalens, alternatív üzemmód.....	40
6.6.5. Bivalens, részben párhuzamos üzemmód.....	40
6.6. A teljesítmény-jelzőszám (COP)	41
6.7. Az energia-hatékonysági arány érték (EER)	42
6.8. A hőszivattyúk kivitelezésének formái	42

7. A hőveszteségek értékeinek vizsgálata az egyes pincerészekben	43
7.1. A pincerészekben rendelkezésre álló hasznos térfogatok értékeinek meghatározása.....	44
7.2. A pincerészek energiaáramainak meghatározása	48
8. A csövek hőveszteségszámításához a kezdeti értékek meghatározása	50
9. Hőveszteség értékeinek meghatározása	54
9.1. Hőveszteségi érték meghatározásának elmélete.....	54
9.2. Az első szakasz értékének meghatározása	55
9.3. A fűtési és HMV rendszerek hőveszteségeinek meghatározása	66
9.3.1. K1-es fűtési szakasz hőveszteségének meghatározása	66
9.3.2. A K2-es fűtési szakasz hőveszteségeinek meghatározása	69
9.3.3. A K1-es HMV és cirkulációs szakasz veszteségeinek meghatározása	71
9.3.4. A K2-es HMV és cirkulációs szakasz veszteségeinek meghatározása	74
10. Az egyes szakágakban keletkező rész és a teljes épület K1-es és K2-es szakaszain kialakuló hőveszteségek értékei.....	75
11. Az egyensúlyi hőmérsékletek valós értékei	76
12. A veszteségek értékeinek csökkentése szigetelések módosításával	77
12.1. Az eredeti szigetelés duplázása.....	77
12.2. Új, előírásoknak megfelelő szigetelés	78
13. A hőveszteségek alakulása a 2017/18-as fűtési idényben a hőmérsékletek viszonylatában	80
14. A hőveszteség hasznosítása.....	80
15. Gazdaságossági kalkuláció.....	85
16. Konklúzió	88
17. Összefoglalás	89
18. Summary.....	89
19. Források:.....	90
19.1. Internetes források:.....	91
20. Mellékletek.....	93

1. A dolgozat célja

Az általam készített dolgozat témaköre a hőveszteség és hőhasznosítás, mivel régóta foglalkoztatott, hogy egy adott paraméterekkel kialakított rendszerben a veszteségek hol és miként jelentkeznek, valamint, hogy a jelenleg, a gyakorlatban alkalmazottakon túlmenően milyen alternatív módszerrel, elméleti rendszerrel lehetne ezeket hasznosítani.

Dolgozatom célja egy hőszivattyú telepítésével és működésével kapcsolatos vizsgálat elvégzése egy időszakonként szolgáló épület nagyobb kiterjedésű, több részből álló pincszintjén. Az elméleti vizsgálat elvégzésére létrehozandó hőszivattyús rendszerrel a pincszint levegőjének hőenergiájából kívánok valamilyen, egyelőre ismeretlen mennyiségű használati melegvizet előállítani, olyan mértékben, amely nem hűti le túlságosan a pincszint levegőjét és még optimálisan és jó hatásfokkal, gazdaságosan működtethető. Mivel az épületben a belső konzulensem, dr. Hermanucz Pétertől kapott információk szerint fennáll az a probléma, hogy valamilyen oknál fogva, amelynek az eredetére még nem derül fény, a használati melegvíz nem jut el az épület hátsóbb részeiben található fogyasztók mindegyikéhez vagy nagy egyidejűség esetén előfordulhat, hogy abszolút nem is érkezik a megkívánt hőmérsékletű melegvíz.

A vizsgálatom célja, hogy felderítsem, hogy a hőszivattyús rendszer üzemeltetéshez szükséges hőenergia, amelyet a pincerészek levegőjéből kívánok elvonni, milyen formában és honnan származik, milyen mennyiségben van jelen a hőhasznosítás helyéül szolgáló adott pincerészekben. Pontosítva melyek azok a hőenergia források, amelyekből a pincében kialakult egyensúlyi hőmérséklet létrejött, ezek honnan származnak, milyen mértékűek és mekkora részben járulnak hozzá a kialakult hőmérséklethez.

Továbbá szeretném azt is megvizsgálni, hogy az épület pincszintjén futó fűtési rendszerek előremenő és visszatérő csővezetékei, valamint a használati melegvíz és cirkulációs rendszer csővezetékei a jelenlegi állapotukban miként és érdemben befolyásolják-e ezt a kialakult egyensúlyi hőmérsékletet, mivel a jelenlegi állapotukban az említett szakágak rendszeri hőveszteség forrását képezik, mivel megfelelő szigeteléssel a kivitelezés során nem lettek ellátva. Ezen túlmenően szeretném megvizsgálni, hogyha ezen csövekből származó hőveszteségeket ebből a rendszerből „elvonom”, azáltal is fennál-e még a gazdaságos és jó hatásfokú üzemeltetés lehetősége és a rendszer telepítésének értelme.

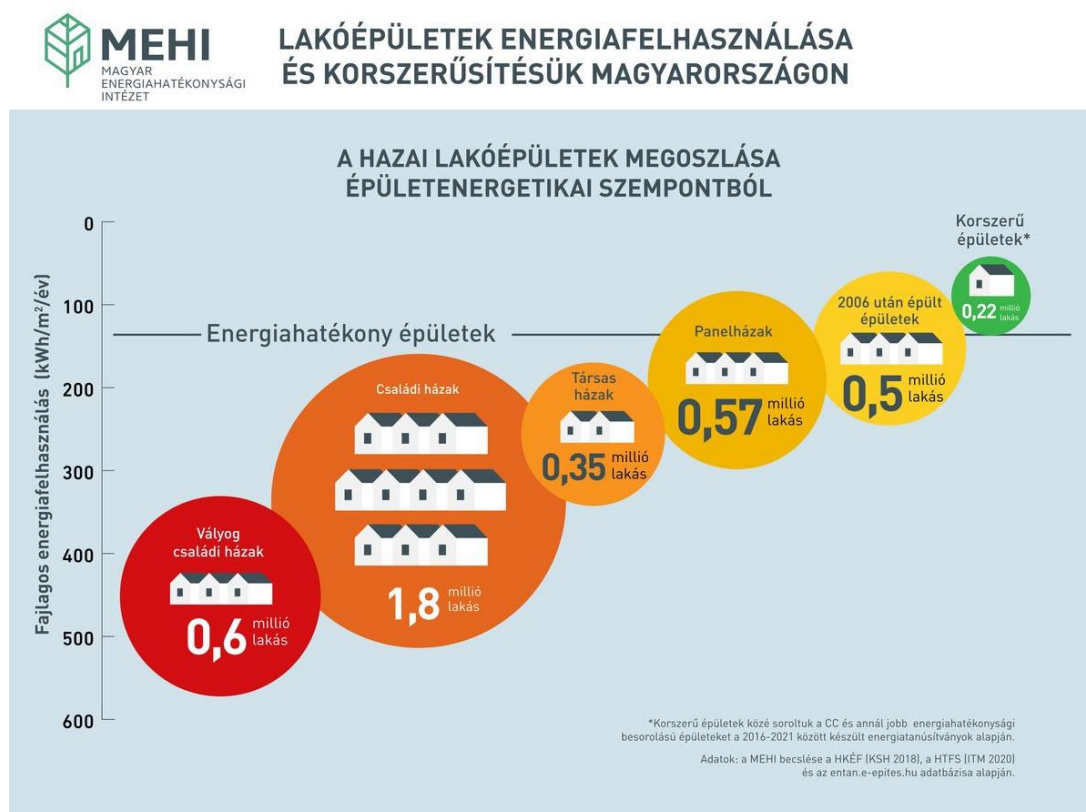
Összességében szeretném azt az esetet megvizsgálni, ha az előző bekezdésben említett csővezetékek megfelelő szigeteléssel vannak ellátva és a hőveszteségük minimalizálva lett azáltal hogyan alakul a pincében az egyensúlyi hőmérséklet, továbbá az, hogy a pincszint rendszeréből elvont, ott a veszteségek által megjelent többlet hőenergia milyen mértékű megtakarítást és hatékonyság javulást jelent az eredetileg kialakított és méretezett hőtermelést végző rendszerben.

Ezzel az ötlettel kerestem meg belső konzulensem, dr. Hermanucz Pétert, aki egy jelenleg is futó projektjének keretén belül tudott számomra egy épületet biztosítani, amelynél ezt a vizsgálatot el lehet végezni.

A dolgozatomban az elméleti háttér bemutatása és a számítások elvégzés után kiértékelem az eredményeket mind szakmai, mind gazdasági szempontból és levonom az ezekből származó

következtetéseket. Munkámmal én is szeretnék hozzájárulni egy minél összetettebb kép kialakulásához a hőveszteségekkel, azok megjelenési helyeivel és formáival kapcsolatosan, mivel fontos célnak tartom, hogy hasznosításuk, illetve minimalizálásuk minél hatékonyabban történhessen meg.

Véleményem szerint az általam választott témakörök a jelenleginél több figyelmet és hangsúlyt érdemelnek, főleg a jelenkorban fennálló gazdasági, energetikai nehézségek és környezeti, éghajlati változások miatt. A probléma országunkban is jelentős, ezt jól szemlélteti az **1.ábra**, amelyen látható, hogy a ma Magyarország területén található lakóépületek megközelítőleg 75%-a korszerűtlen és energetikailag elavult [mehi.hu]. Másrészt világszinten is úgyszintén jelenlévő probléma ez és merőben hátráltatja az energetikai fejlődést és energiahatékonyt, amely negatív spirálként tovább fokozza a fent említett problémákat.



1. ábra: A hazai lakóépületek energetikai megosztottsága [mehi.hu]

2. A választott épület bemutatása

A feladat témájaként a belső konzulensem által javasolt időszakon vizsgálatát választottam. Az épületről előzetesen nem állt rendelkezésre sok épületgépészeti vagy építészeti dokumentum és információ a tervezéssel, kivitelezéssel és üzemeltetéssel kapcsolatosan, amelyet a dolgozat írása során felhasználhattam volna, így ezek hiányában csak azokból az információkból tudtam dolgozni, amelyeket dr. Hermanucz Péter a projekt keretein belül a helyszínen és az épületen belül felderített. A jelenleg rendelkezésre álló információk alapján az időszakon 2006-ban épült nyeregtetős téglalapú épület, az akkori előírásoknak megfelelően részleges szigeteléssel ellátva és építése óta lényegi építészeti beavatkozás nem történt rajta. Az épület érdekessége, hogy egy

lejtős területen került kialakításra, ahol a terület adottságait követve egy eltolt emeletes szerkezeti kialakítás mellett döntöttek, amely azt jelenti, hogy az épületben a bejáratnál előre haladva az egyes szintek a lejtés következtében síkban el lettek tolvá, így az egyes részek épületszintjei nem egyeznek meg. Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy a bejáratnál lévő földszint az épületben előre haladva a lejtés következtében az épület középső részében már az első emelet, a földszint pedig az eltolás miatt egy szinttel lejjebb helyezkedik el, az első épületrészhez viszonyítva annak pinceszintjén. Ez az eltolt építészeti megoldás az **2.ábrán** látható.



2. ábra: Az idősothton épületének homlokzati képe [[GoogleMaps](#)]

Ennek a szerkezeti kialakításnak köszönhetően az épület nagy terjedelme ellenére a pinceszint nem terjed ki az épület teljes alapterületére, hanem csak az első és középső épületrészek alatt található meg, mivel az eltolt kivitelezésnek köszönhetően az épület harmadik részén ebben a síkban már a földszint található. Dr. Hermanucz Péter információi alapján a pinceszint a kivitelezés során vagy azt követően különböző mértékben földdel telt meg, aminek a pontos oka nem ismert. Ennek következményeképpen a pincében található, az alap kialakításból eredő kisebb helyiségek a pinceszint eltérő helyein eltérő mértékben, részlegesen vagy teljes mértékben földdel feltöltött állapotban vannak.

3. Kölcsönhatások a környezet és a zárt termodinamikai rendszerek között

Amikor valamilyen cél elérésének az érdekében mérések vagy számítások, esetlegesen vizsgálatok elvégzése mellett döntünk, fizikai értelemben a vizsgált rendszerek vagy dolgok kölcsönhatásainak vizsgálatáról beszélünk. Minden egyes időpillanatban, a vizsgálatok elvégzése előtt, alatt, és utána is ez a folytonos kölcsönhatás fennáll minden ismert dolog között. A vizsgálatok folyamán csak ezen kölcsönhatások paramétereit, módozatait és annak idejét választjuk meg, hogy meddig kívánjuk a választott kölcsönhatásokat megfigyelni. Az ilyen vizsgálatok során a megfigyelt jelenségek összességét termodinamikai rendszernek nevezzük. A termodinamikai rendszeren belül helyezkedik el az összes megfigyelt és számított paraméter, minden más, a rendszerre hatással lévő, de azon kívül álló tényező a rendszer környezete. Az, hogy ezen rendszer és környezete közötti határ hol helyezkedik el, mindig a vizsgálat függvénye és önkényes módon kerül meghatározásra [Beke János, 2000].

A vizsgálataink során eme két rendszer között a kölcsönhatás elkerülhetetlen. A két rendszer között létrejövő kölcsönhatások többfélék lehetnek, a két rendszer közötti határok függvényében lehetséges elektromos, mágneses, tömeg, mechanikus, termikus kölcsönhatás stb. A felsoroltak közül a legismertebbek közé tartozó, valamint a termodinamika tárgykörével legszorosabb kapcsolatban lévő három kölcsönhatás a következő [Beke János, 2000]:

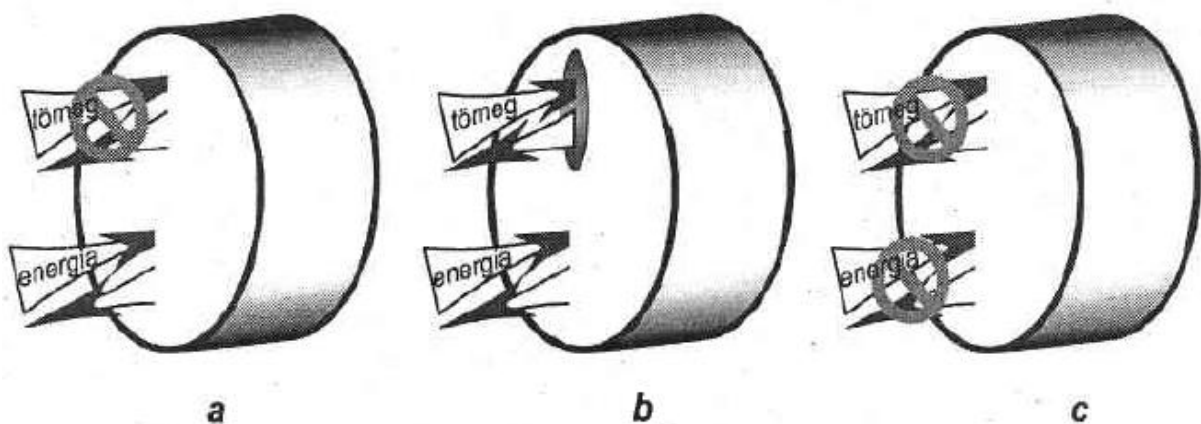
- A mechanikai kölcsönhatás, amely során a rendszer munkát végez a környezetén vagy fordítva.
- A termikus kölcsönhatás, amely során a rendszerből a környezetbe hőmennyiség áramlás következik be (vagy fordítva).
- A tömeg kölcsönhatás, amely során a két rendszer egymással anyagot cserélhet.

A két rendszert határoló és azokat elválasztó falakat csoportokba soroljuk be, amely csoportok meghatározzák a két rendszer közötti lehetséges kölcsönhatásokat és azok mértékét. Ezek alapján a következő csoportok lehetségesek [Beke János, 2000]:

- Merev, illetve deformálódó fallal határolt: amely két rendszer között minden mechanikai kölcsönhatást meggátol vagy lehetővé tesz.
- Leárnyékoló fallal határolt: amely lehetetlenné teszi a környezet által a rendszert befolyásoló erők hatását, mint pl. mágneses vagy elektromos erők.
- Nem áteresztő vagy áteresztő fallal határolt: Amely megakadályozza vagy minden anyag, vagy csak egyes anyagok áthatolását – avagy nem akadályozza meg.
- Diatermikus vagy adiatermikus fallal határolt: amely lehetővé teszi, vagy megakadályozza a két rendszer közötti termikus kölcsönhatást.

Továbbá, ha a vizsgált rendszer olyan jelleggel határolt, hogy a határoló falak csak mechanikai kölcsönhatást engednek meg a két rendszer között, tehát adiatermikus, nem áteresztő és egyben leárnyékoló falakkal határolt, ebben az esetben a falakat adiabatikus falaknak nevezzük, hasonlóan az általuk határolt rendszert és a bennük lezajló és vizsgált folyamatokat is adiabatikusnak nevezzük [Beke János, 2000].

Ezek ismeretében kijelenthetjük, hogy a termodinamikai rendszereket alapvetően két rendszertípusba sorolhatjuk: zárt, illetve nyitott rendszerekbe. Zárt rendszerekbe sorolunk minden olyan rendszert, amely során a tömeg kölcsönhatást leszámítva minden más, energia jellegű kölcsönhatás lejátszódhat. Az ilyen rendszerek deformálható, nem leárnyékoló, nem áteresztő, diatermikus falakkal rendelkezhetnek. A nyitott rendszerek abban különböznek a zárt rendszerektől, hogy az energia jellegű kölcsönhatások mellett a tömeg jellegű kölcsönhatásokat is megengedik. Létezik ezen a kettőn kívül egy harmadik rendszertípus is, amelyben a rendszer a környezettel szemben mindenfajta kölcsönhatással szemben szigetelve van. Ennek a rendszertípusnak a neve magára hagyott vagy izolált rendszer. Az ilyen rendszerekkel csak elméleti síkon foglalkozunk, mivel a tudomány jelenlegi állása szerint izolált rendszer nem létezik, egy vizsgált rendszer és a környezete között mindig fellép valamilyen fajta kölcsönhatás. Az egyes rendszertípusokat az **3.ábra** szemlélteti [Beke János, 2000].



3. ábra: Termodinamikai rendszertípusok (a – zárt, b – nyitott, c – izolált) [Beke János, 2000]

Az általam vizsgált feladat és probléma kapcsán leginkább a rendszerek közötti termikus kölcsönhatás a mérvadó. Azt szeretném megvizsgálni, hogy milyen hőmennyiség adódik át a környezetnek a fűtési rendszerből, és ezen hőmennyiség hogyan hasznosítható, valamint hogyan minimalizálható, és a lehetőségek közül – gazdaságossági szempontokat is figyelembe véve - melyik lenne a gyakorlatban kivitelezhető alternatíva. Megállapítva, hogy a vizsgált terület több rendszert foglal magában, valamint azok jellegét is figyelembe véve kijelenthető, hogy ezen rendszerek nyitott rendszernek tekinthetők. Továbbá, mivel a vizsgált két rendszer általánosságban mindig a belső, fűtési rendszerből és az azt körbevevő környezetből, vagy egy másik fűtést kiegészítő vagy létrehozandó rendszerből és a környezetből, valamint ezen két rendszer közötti termikus kölcsönhatásból áll, a folyamatot és a kölcsönhatást figyelembe véve kijelenthető, hogy a vizsgált jelenség a passzív hőtranszport jelenségével van összefüggésben, mivel a vizsgált folyamatok során az energia megnyilvánulása formája változatlan marad [Beke János, 2000].

A passzív hőtranszport, amelyet a műszaki hőtán tárgykörében a hőközlés testesít meg, azt jelenti, hogy a különböző hőmérsékletű, energiaállapotú testek egymásnak energiát adnak át hőenergia formájában hőmérséklet különbség hatására. Ennek a folyamatnak a végbemenetele a termodinamika második főtétele alapján történik, miszerint a magasabb

hőmérsékletű/energiatartalmú test a hőmérsékletének egy részét átadja az alacsonyabb hőmérsékletű/energiatartalmú testnek, amely egy molekuláris szinten lejátszódó, irreverzibilis folyamat. Ezen folyamatban gyakorlatilag az egyes testek (hőhordozók) részecskéinek mozgási energiái változnak olyan formán, hogy a melegebb, több mozgási energiával rendelkező hőhordozó részecskéi mozgási energiát adnak át a többi részecskének, és így a mozgásuk lelassul, az energiát fogadó részecskék mozgása pedig felgyorsul [Beke János, 2000].

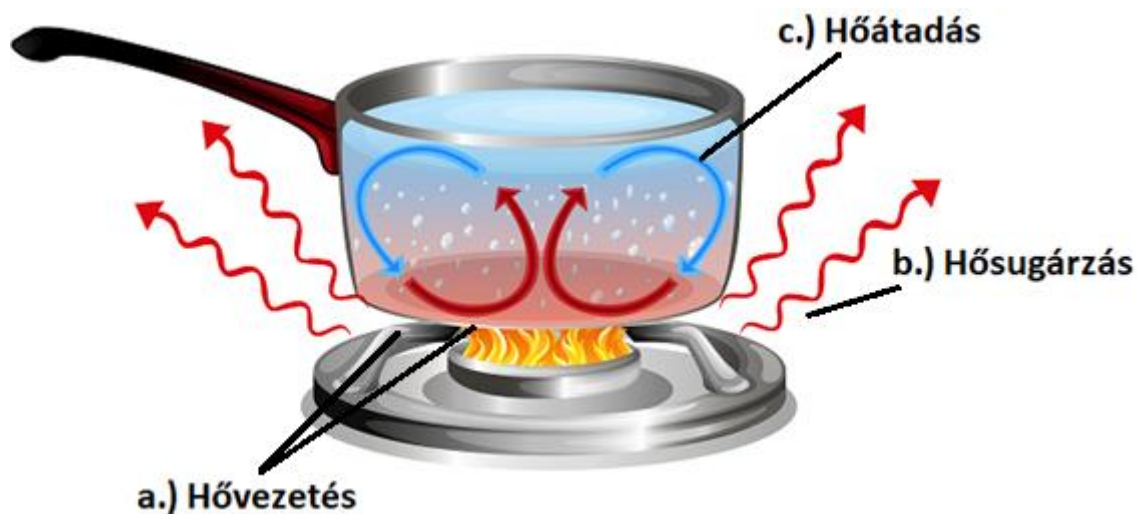
Ahhoz, hogy számításokat végezhessünk minden esetben szükséges a hőáramok meghatározása. A hőáram azt a hőmennyiséget jelenti, amelynek átvitele szükséges az egyik hőhordozóból a másikba egy egységnyi eltelt idő alatt, és amely a bevezetett, illetve elvezetett energiákból, a hőmérlegből számítható. Ugyancsak fontos szempont még az a felület, amelyen ez a hőátadás végbe megy, így fontos a hőátbocsátó felületek meghatározása is, amely megmutatja, hogy egy egységnyi idő alatt mennyi hőmennyiség adható át. A hőátbocsátó felület meghatározása a hőátbocsátás sebességéből lehetséges, amely függ a hőátmenet formájától (hővezetés, hőszugárzás vagy konvekció) [Beke János, 2000].

A hőátmenet gyakorlatilag nem más, mint egy természetes energiakiegyenlítődési folyamat, amely a két eltérő energiaszintű (hőmérsékletű) test között jön létre. Ezen természetes hőkiegyenlítődési folyamatot nevezzük hőközlésnek, amely klasszikus formában három különböző módon mehet végbe, ezek a formák a hővezetés (kondukción), hőszugárzás (radiáción) és hőszállítás (konvekción) [Beke János, 2000].

A hővezetés (kondukción) jelensége (**4.ábra „a.”** része) egy test részecskéi között fennálló szoros kapcsolaton alapszik, így leginkább a szilárd testek közötti hőközlési folyamat, de folyadékok és gázok esetében is megvalósulhat kisebb mértékben. Itt a fentiekben már említett módon azon hőhordozók, amelyek magasabb hőmérséklettel rendelkeznek, átadják a részecskéiken keresztül a hőenergiát a szomszédos kisebb energiával rendelkező részecskéeknek mindaddig, ameddig a hőmérséklet (energia) különbség ki nem egyenlítődik a két hőhordozó között. A vizsgált probléma esetében ezen jelenség fordul elő a leggyakrabban és a legszámottevőbb mértékben, mivel a hőenergia a csövekben áramló fűtési közegből indul ki, és halad kifelé a fűtetlen térbe a fűtőközeget vezető csövön, valamint szigetelésen keresztül. De ugyanez a folyamat játszódik le az épület fűtetlen pincerészének falai és az azt körülvevő föld között is [Beke János, 2000].

A hőszugárzás (radiáción) jelensége (**4.ábra „b.”** része) a hőnek sugárzás formájában történő átadását jelenti. Ezen folyamat során az anyag töltött részecskéi, a hőmozgás hatására elektromágneses sugárzást bocsátanak ki. Ilyenkor a test belső energiája alakul át elektromágneses energiává, amely sugárzás formájában adódik át a környezetnek, majd a másik testnek, ahol a folyamat fordítottan játszódik le, az elektromágneses energia egy része vagy egésze alakul át belső energiává. Tehát a hőszugárzás egy elektromágneses sugárzás. Ezen hőközlési folyamat, ha elenyésző mértékben is, de mindig jelen van minden hőközlési folyamatban, a környezet hőmérsékletétől függetlenül, így a jelenlétével mindig számolni kell, de előfordulhat olyan eset, hogy ezen hőközlési forma olyan elenyésző mennyiségű, hogy a számításától eltekintünk [Beke János, 2000].

A hőszállítás (konvekció) jelensége (**4.ábra „c.)” része**) során a hőközlési folyamat egy szilárd fal és egy fluidum között megy végbe, és az így elszállítandó hőt folyadékok vagy gázok részecskéi viszik tovább a tér egy másik részébe. A folyamat végbe mehet természetes módon, amely a szállító közeg sűrűségkülönbségén alapszik (természetes konvekció) vagy pedig mesterségesen előállított áramlással is (kényszerített konvekció). A **4.ábrán** szemléltetett konvekció jelensége természetes konvekció. A szemléltetett konvekció akkor lenne mesterséges, ha a szállító közeg áramlását valamilyen mesterséges módon befolyásolnánk, például egy ventilátor segítségével. Az általam vizsgált feladat során ez a második jelentősebb jelenlévő hőközlési folyamat, és az értéke számottevően változhat annak függvényében, hogy a környezet milyen tulajdonságokkal rendelkezik, amely csökkenti vagy növeli ennek az értékét, például az imént említett ventilátoros eset alapján, a helyiségben uralkodó légmozgás által [Beke János, 2000], [Karaffa Ferenc, 2000].



4. ábra: A hőközlés formái [www.ncheurope.com]

Az ideális és elméleti folyamatokkal szemben a valóságban a hőközlés különböző formái mind egyszerre vannak jelen, mint azt a fenti **4.ábra** is jól szemlélteti a vízforralás példáján keresztül. A leggyakrabban előforduló összetett hőközlési forma a hőátszármaztatás, melynek során az adott hőenergia a kiindulási melegebb közegből válaszfalon át kerül a hidegebb közegbe, pl. lemezes hőcserélő esetében, ahol a hő az előremenő fűtőközegtől a válaszfalon át jut el a visszatérő fűtőközegtől [Beke János, 2000].

4. A hővezetés formái

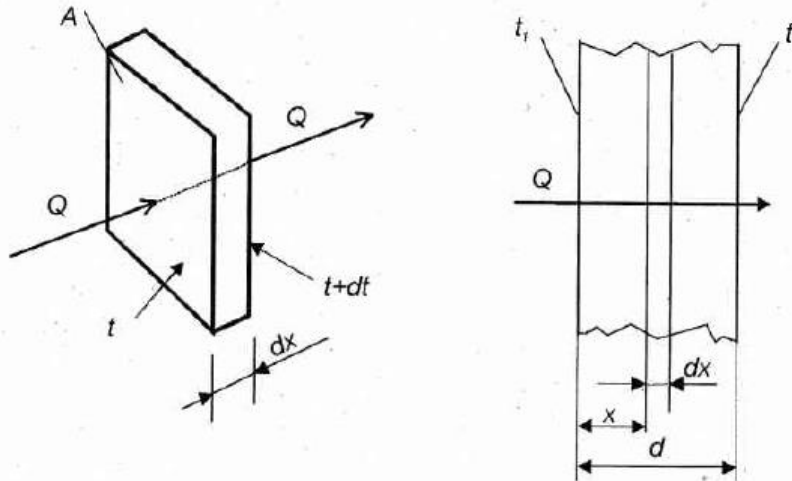
A hővezetés, valamint a különböző testek közötti hőfokkülönbség hatására meginduló hőáram nagyságának leírására Fourier (1822.) tapasztalaton alapuló (empirikus) összefüggését alkalmazzuk, amely szerint egy adott homogén test esetében a hőáram iránya a csökkenő hőmérsékletek felé mutat és arányos a terjedési irányú, hosszúság-egységenkénti hőmérséklet-változással, valamint az erre az irányra merőleges keresztmetszettel. A megfigyelés alapján egységnyi időre és felületre vonatkoztatott fajlagos hőáram (q) [Beke János, 2000]:

$$q_x = \lambda(-gradt)$$

Amelyből következik, ha adott egy „A” felület, amelyen a „ τ ” idő alatt átáramló hőmennyiséget szeretnék megkapni, azt a fent említett Fourier 1. számú empirikus egyenletének felhasználásával kaphatjuk meg a következőképpen [Beke János, 2000]:

$$Q = -\lambda * A * \tau * \text{grad}t$$

A Fourier-törvény értelmezésének szemléltetését továbbá a **5.ábra** hivatott segíteni.



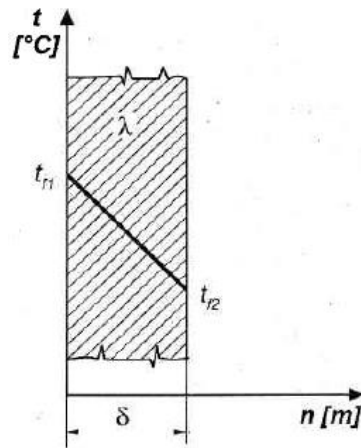
5. ábra: A Fourier-törvény értelmezése [Beke János, 2000]

A Fourier-törvény által leírt összefüggésben található lambda (λ) arányossági tényező, a testeknek a hővezető képességét kifejező skaláris mennyiség, amelynek a mértékegysége W/mK és a neve pedig hővezetési tényező. A hővezetési tényező ezek alapján tehát megadja az izotermikus felületre merőleges 1 m vastagságú, 1 m² felületén, egységnyi idő alatt 1 K hőmérséklet-különbség hatására hővezetéssel átáramló hőmennyiséget. A hővezetési tényező egy anyagi jellemző, amely minden anyagnál eltérő értéket mutat és befolyásolja a számításokat, az egyes anyagokra jellemző értékének meghatározása pedig kísérleti úton történik [Beke János, 2000].

Az általam választott témában, valamint majdan a számításokban megjelenő problémák sík falakon, valamint hengeres testeken átáramló hőmennyiséggel kapcsolatosak, így az ilyen testekre jellemző hővezetés ismeretére van szükségem. A fent megismert összefüggések és elméleti háttér segítségével tehát az ilyen testekre jellemző hővezetés megismerhető [Beke János, 2000].

4.1. Sík falak hővezetése

Ahhoz, hogy egy állandósult összefüggés képezhető legyen, szükségünk van egy modellre. Kiindulásként azt feltételezzük, hogy adott egy vizsgált egyrétegű falrész, amelynek a hosszúsága, valamint a szélessége a vastagságának viszonylatában végtelen, valamint a falhoz, illetve a faltól elvezetett hőmennyiségek időben állandóak és egyenlők. Ezt a feltételezést szemlélteti a **6.ábra** [Beke János, 2000].



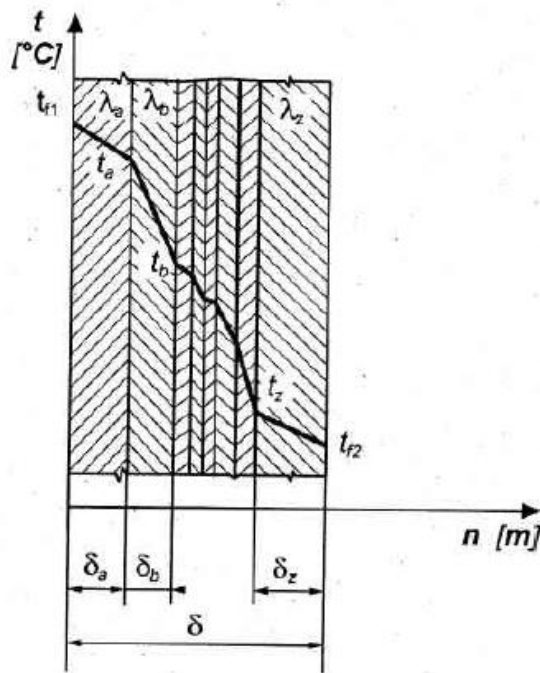
6. ábra: Egy egyrétegű síkfal hővezetési modellje [Beke János, 2000]

A **4.ábra** alapján látható, hogy a hőmérsékletváltozás (hőmérséklet-gradiens) a t_{f2} és a t_{f1} hőmérsékleti értékek különbsége lesz a falvastagság viszonylatában $\left(\frac{t_{f2}-t_{f1}}{\delta}\right)$. Ha ezen összefüggést visszahelyettesítjük az eredeti Fourier egyenletbe, akkor megkapjuk a síkfalak hővezetésének egyenletét [Beke János, 2000]:

$$Q = \lambda * \frac{t_{f2} - t_{f1}}{\delta} A * \tau$$

Amelyben: Q = az átadott hőmennyiség [kJ]; λ = a fal anyagának hővezetési tényezője [W/mK]; t = a hőmérséklet [$^{\circ}\text{C}$]; δ = a fal rétegvastagsága [m]; A = a fal felülete [m^2]; τ = az idő [h].

Ha többrétegű falakról van szó, akkor a képlet és a modell a rétegek számának függvényében módosul. Mivel összességében a falon és ezáltal az összes rétegen átáramló hőmennyiség (Q) azonos lesz, így eltérés csak az egyes rétegek között keletkezik. Mivel minden rétegnek a vastagsága és hővezetési tényezője eltérő, ezért az eredeti összefüggésben ezen összes rétegeknek az eredő hővezetési tényezőjével kell számolni a rétegek számának függvényében. A többrétegű síkfal modelljét az **7.ábra** szemlélteti [Beke János, 2000].



7. ábra: Egy többrétegű síkfal hővezetési modellje [Beke János, 2000]

Az **7.ábrán** szereplő modell, valamint a fentebb említett összefüggések alapján, többrétegű síkfalak esetén a Fourier egyenlet a következő formára módosul [Beke János, 2000]:

$$Q = \frac{t_{f2} - t_{f1}}{\sum_{i=1}^z \frac{\delta_i}{\lambda_i}} * A * \tau [kJ]$$

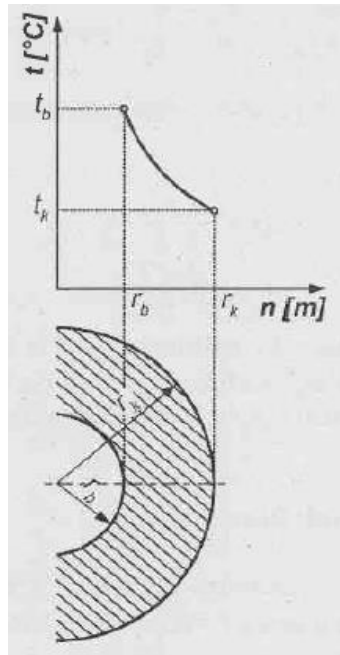
Ahol: z = a falban lévő rétegek száma; δ_i = az éppen adott z réteg vastagsága; λ_i = az éppen adott z réteg hővezetési tényezője.

A dolgozat problémájának esetében a modellezésében és számításában az egyrétegű síkfal esete fog szerepet játszani, mivel a pincerészek falazata szigetelés nélküli vasbeton.

4.2. Hengeres testek hővezetése

Alapvetően a hővezetés elméleti háttérben a hengeres testek és a többi test között nincsen érdemi eltérés olyan értelemben, hogy minden hővezetési modell Fourier 1. törvényén alapszik, annak módosításával érhető el. Ennek ismeretére a későbbiekben a pincerészekben futó csőrészek hőveszteségeinek számításánál lesz szükség.

Hengeres testek esetében, mivel a hengerek falainak külső és belső felületeinek méretei eltérőek ($r_b < r_k$), ezért a felület (A) számítása a sík helyett hengeres test felületének számítására módosul ($A = 2\pi r h$), valamint a hőmérsékletkülönbsége nem az adott réteg rétegvastagságának viszonylatában kerül meghatározásra $\left(\frac{t_{f2} - t_{f1}}{\delta}\right)$, hanem a külső és belső felületek különbségeként, amely különbség leírása egy természetes logaritmus arányán keresztül történik $\left(\ln \frac{r_k}{r_b}\right)$. Ezen változásokat összegzi és szemlélteti a **8.ábra** [Beke János, 2000].



8. ábra: Hengeres falú testek hővezetésének modellje [Beke János, 2000]

A fentiekben taglaltak, valamint a tett megállapításokra épített **8.ábrába** foglalt modell alapján a Fourier féle formula a következő formára módosul hengeres falú testek esetében [Beke János, 2000]:

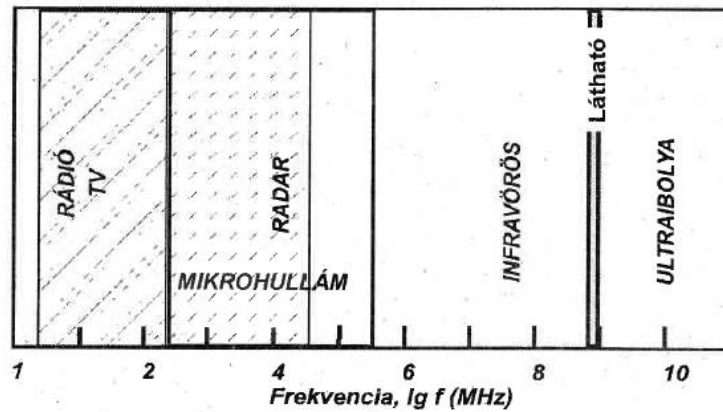
$$Q = \frac{2 * \pi * h * \lambda * \tau * (t_b - t_k)}{\ln \frac{r_k}{r_b}}$$

4.3. Hősugárzás

A hőközlés formáinál fentebb már említésre került, hogy a hősugárzás nem más, mint elektromágneses sugárzás. Ezen megállapítás a foton elemi részecske kettős természetén alapul, amely azt jelenti, hogy bizonyos körülmények között anyagként, bizonyos körülmények között pedig hullámként viselkedik.

A diplomamunka esetében ennek a jelenségnek a vizsgálatára a csövek belsejében lévő hőhordozó közegből a cső felületén megjelenő, és onnan továbbadott hőenergia mennyiségi megismerése miatt van szükség, mivel ez az egyik formája a hőenergia átadásának a csövek felületéről. A másik a konvektív hőátadás, amelyről a következő pontban írok részletesebben.

Azon esetekben, amikor hullámszerű tulajdonságokat mutat, a jelenséget elektromágneses hullámnak, az általa kibocsátott sugárzást pedig elektromágneses sugárzásnak nevezzük, így a hősugárzás nem más, mint egy fotonkibocsátáson alapuló elektromágneses sugárzás az infravörös hullámhossz-tartományban, amely 0,4 és 40 μ között történik. Az elektromágneses sugárzás spektrumai a **9.ábrán** megtekinthetők [Beke János, 2000], [Fáy Árpád, 2020].



9. ábra: Az elektromágneses spektrum [Beke János, 2000]

Mint már említésre került, minden sugárzási jelenség két irányú folyamat, amely egy energiakisugárzási (emittálás) és energiaelnyelési (abszorbeálás) folyamatból áll. Ezek alapján minden test sugárzásos hőárama az általa elnyelt és kibocsátott energiaáram különbsége lesz [Beke János, 2000].

A műszaki gyakorlatban általában szilárd testek hősugárzásával foglalkozunk, amely szilárd testek a felületeikre érkező hősugarakat nem csak elnyelni (abszorbeálni $\rightarrow A$) tudják, hanem átterjeszteni (diatermálni $\rightarrow D$) vagy adott esetben vissza is tudják őket verni (reflektálni $\rightarrow R$). Így, hogy a hőegyensúly fenn tudjon maradni, a test hőárama a felületére érkező elnyelt, átengedett és visszavert hősugarak összegeként jelentkezik, amely összegek aránya általánosságban 1. Annak függvényében, hogy ezen arány hogyan módosul, határozható meg, hogy az adott anyag milyen sugárzási képességekkel rendelkezik [Beke János, 2000].

$$\Phi = \Phi_A + \Phi_R + \Phi_D \rightarrow A = \frac{\Phi_A}{\Phi}; R = \frac{\Phi_R}{\Phi}; D = \frac{\Phi_D}{\Phi} \rightarrow A + R + D = 1$$

Annál az anyagnál amely minden beérkező sugárzást teljes mértékben elnyel, az egyensúly és az arány az eredeti „ $A + R + D = 1$ ”-ről „ $1 + 0 + 0 = 1$ ”-re módosul, tehát az A értéke 1 lesz, a többi tényező (R, D) pedig 0. Az $A = 1$ totálisan abszorbens testeket abszolút fekete testeknek nevezzük. Ezen testeknek az ellenkezői az abszolút fehér testek, amelyek a rájuk érkező sugarakat teljes mértékben visszaverik, tehát $R = 1$ lesz és $A, D = 0$. A harmadik abszolút lehetőség pedig azon testeké, amelyek a rájuk érkező sugarakat teljes mértékben átengedik, tehát $D = 1$ és $A, R = 0$, diatermikus anyagoknak nevezzük [Beke János, 2000].

Ahhoz, hogy meg tudjuk határozni, hogy egy adott test egy adott térben, hőmérsékleten és időpillanatban mennyi hőenergiát képes átadni sugárzás révén, meg kell ismerni, hogy melyik az az elméletileg lehetséges maximális érték, amely kibocsátható egy adott test által. Ehhez a legjobb alapként egy fekete test szolgál, mivel az ilyen testek az összes feléjük érkező sugárzást maximálisan elnyelik, így elméletileg ezen testek képesek a legtöbb energia átadására is. Ebből kiindulva, hogy meg tudjuk határozni az elméleti fekete test maximális sugárzási energiáját, először a sugárzásra vonatkozó törvényszerűségeket kell áttekinteni. [Beke János, 2000], [Fáy Árpád, 2020].

A legfontosabb, ezen érték meghatározásához szükséges törvényszerűség a Planck-törvény, amely kimondja, hogy a sugárzás intenzitása (I , [$\text{W}/\text{m}^2\mu$]) az abszolút hőmérséklet és a hullámhossz függvénye $\rightarrow I = f(\lambda, T)$. Az abszolút hőmérséklet a Kelvin-féle hőmérséklet skálát jelenti, amely $-273,16$ °C-ról indul, így az ismeretlen már csak a sugárzás intenzitása marad. A sugárzás intenzitása az elméleti megfogalmazás szerint a λ hullámhossz és ezen hullámhossz változása ($\lambda + d\lambda$) által határolt elemi hullámhossztartományban egy adott felületegységről adott időegység alatt kisugárzott elemi energiát jelenti. Ezen megfogalmazás a fekete testek esetében [Beke János, 2000]:

$$I_0 = \frac{dE_0}{d\lambda}$$

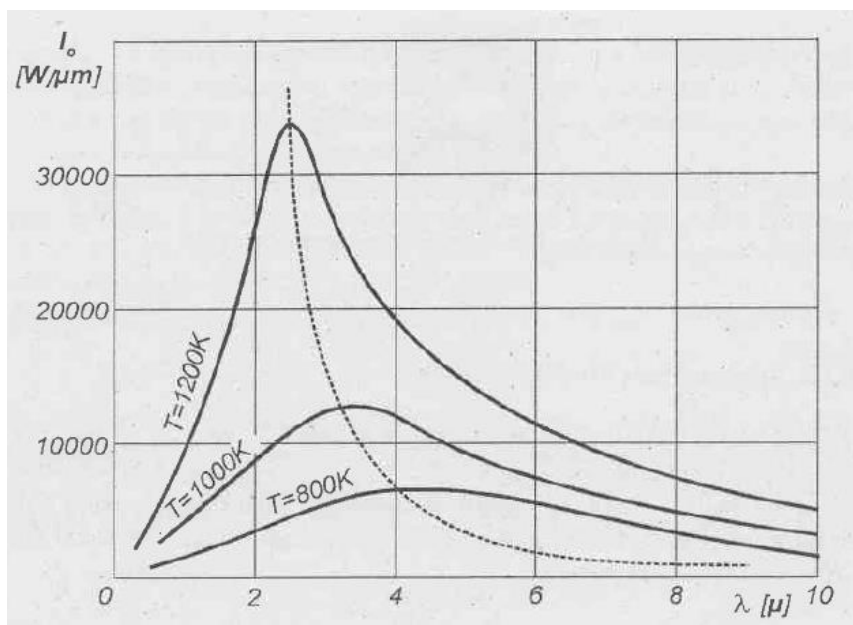
Azonban ugyanezen sugárzási függvény megoldása Planck szerint a következőképpen alakul [Beke János, 2000]:

$$I_0 = \frac{C_1}{\lambda^5 * \left(e^{\frac{C_2}{\lambda * T}} - 1 \right)}$$

Amint látható, a Planck-féle megoldásban továbbra is a sugárzás intenzitása a törvény értelmében az abszolút hőmérséklet és a hullámhossz függvénye, azonban ezen függvény ki lett bontva és pontosítva lett egyéb állandók figyelembevételével. Ezen állandók a C_1 és C_2 , a további pontosításra szolgáló állandók, amelyek további elméleti állandókból épülnek fel [Beke János, 2000]:

$$C_1 = 2\pi * w_r^2 * H, \quad C_2 = \frac{w_r * H}{B},$$

ahol: w_r = a fény sebessége vákuumban ($3 * 10^8$ [m/s]); H = Planck-féle hatáskvantum ($6,626 * 10^{-34}$ [Js]); B = Boltzmann-állandó ($1,380 * 10^{-23}$ [J/K]). A sugárzás intenzitási függvény ilyen jellegű megoldása által szemléltethetővé válik a hősugárzás intenzitása a teljes hullámhossz tartományban (**10.ábra**) [Beke János, 2000].



10. ábra: Planck-féle hőszugárzás-intenzitási görbék [Beke János, 2000]

A **10.ábra** alapján, a hőszugárzás-intenzitási görbék ismeretében meghatározható az adott hőmérsékleten a maximális intenzitáshoz tartozó hullámhossz (λ_{\max}). Ez pedig a **10.ábrán** ott helyezkedik el, ahol az intenzitás hullámhossz szerinti első differenciálhányadosa nulla, az adott hőmérséklet mellett ($\frac{dI_0}{d\lambda} = 0$). Az abszolút fekete testek esetében a maximális intenzitáshoz tartozó hullámhossz: $\lambda_0 = 2896T^{-1}$, amely alapján látható, hogy mivel a T hőmérséklet $-1.$ ik hatványon van, emiatt a kisugárzott energia maximuma a nagyobb hullámhosszok irányába tolódik el. Ezen jelenség a Wien-féle eltolódási törvény [Beke János, 2000].

Ezek alapján, egy T hőmérsékletű abszolút fekete test által a teljes hullámhossztartományban kisugárzott összes energia mennyisége egyenlő, a **10.ábrában** az adott hőmérsékletre tartozó Planck-féle eloszlási görbe tengelyén vett vetülettel, amely a következő integrált adja [Beke János, 2000]:

$$E_0 = \int_{\lambda=0}^{\infty} I_0 * d\lambda$$

Ezen integrál megoldása a Stefan-Boltzmann-törvény, amely kimondja, hogy a teljes hullámhossztartományban egy adott T hőmérsékletű fekete test által, egy 0 K hőmérsékletű térbe sugárzással kibocsátott összes energia, az abszolút hőmérséklet negyedik hatványával arányos [Beke János, 2000].

$$E_0 = K * T^4$$

Ezen törvényből megkaphatjuk, egy abszolút fekete test sugárzási állandójának értékét, amely $K_0 = 5,67 * 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$. Azonban ez az érték csak az abszolút fekete test esetében használható. Ezen érték ismerete azért feltétlenül szükséges, mert a műszaki méréseink és vizsgálataink

során minden esetben, amikor az adott testnek a sugárzással átadott hő mennyiségének értékét szeretnénk megismerni, az abszolút fekete testek sugárzásához viszonyítva tudjuk ezt megtenni [Beke János, 2000].

Így ezek alapján az eredeti Stefan-Boltzmann-törvény is másféle alakban kerül alkalmazásra [Beke János, 2000]:

$$E_0 = C_0 \left(\frac{T}{100} \right)^4, \text{ ekkor az abszolút fekete test sugárzási tényezője } C_0 = 5,67 \frac{W}{m^2 * \left(\frac{K}{100} \right)^4}.$$

Ahhoz, hogy megtudjuk, hogy egy adott testnek milyen a sugárzó képessége, meg kell vizsgálnunk a testet és annak sugárzókéességét a sugárelnyelő képességének viszonylatában. Az egyik ilyen lehetséges módszer erre a szürke test módszer. Szürke testeknek az olyan testeket nevezzük, amelyeknek az emissziós tényezője nem függ a sugárzás irányától és a hullámhosszától. Így minden valóságos test szürke testként viselkedik. Ezen megfogalmazást alapul véve felhasználható Kirchhoff II. törvénye, miszerint valamennyi test sugárzókéességének és sugárnyelő képességének aránya állandó és értékük csak a hőmérséklettől függ. Ez azt jelenti, hogy a szürke test elméletben hasonlóan viselkedik a fekete testhez, és az értékbeli különbség egyedül egy „ ϵ ” szorzó tényezőtől függ, amely tényező a feketeségi fok, amelynek az értéke a szürke test fizikai tulajdonságaitól és vegyi összetételétől függ. Így az értéke mindig kisebb lesz az abszolút fekete test sugárzási tényezőjétől, vagyis a potenciális maximális sugárzási állandótól, vagyis $\epsilon < 1$, ahol $\epsilon = 1$ az abszolút fekete test sugárzási állandója. Ezek alapján a Stefan-Boltzmann-törvény alkalmazható a szürke testekre is [Beke János, 2000], [Fáy Árpád, 2020]:

$$E = C \left(\frac{T}{100} \right)^4$$

Ezen ismeretek alapján meghatározható a szilárd testek sugárzással átadott hőmennyisége. Fentebb már megállapításra került, hogy a valóságos testek az abszolút fekete testhez képest máshogy viselkednek, több befolyásoló tényező játszik szerepet, viszont a gyakorlatban további tényezők befolyásolják a számításokat. Ilyen tényezők többek között a testek fizikai tulajdonságai, miként viselkednek a hozzájuk érkező sugárzással szemben, milyen mértékben verik azt vissza, illetve nyelik el, valamint milyen az egymással szemben elfoglalt pozíciójuk, továbbá a két test között fennálló hőmérsékletkülönbség. Ha a már megismert Stefan-Boltzmann-törvény szürke testekre felírt változatába figyelembe vesszük ezeket a változókat akkor a sugárzással átadott hőmennyiséget a következő képlettel számíthatjuk ki [Beke János, 2000]:

$$Q = C_{12} * A_f * \cos \varphi * \tau * \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right]$$

Ahol: Q = sugárzással átadott hőmennyiség [J]; A_f = a hőfogadó felület mérete [m^2]; τ = az idő [h]; T_1 = a melegebb test abszolút hőfoka [K]; T_2 = a hidegebb test abszolút hőfoka [K]; φ = a sugárzás beesési szöge a normálisához képest. Továbbá a C_{12} eredő sugárzási tényező [$W/m^2(K/100)^4$], amelynek a számítási módja függ attól, hogy a két sugárzó test hogyan

helyezkedik el a térben. Ha a sugárzó testet a másik test körül veszi egy zárt térben [Beke János, 2000]:

$$C_{12} = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{A_1}{A_2} * \left(\frac{1}{C_2} - \frac{1}{5,67}\right)}$$

Ahol: C_1 = a sugárzó test sugárzási tényezője [$W/m^2(K/100)^4$]; C_2 = a fogadó test sugárzási tényezője [$W/m^2(K/100)^4$]; A_1 = A sugárzó test felülete [m^2]; A_2 = a fogadó test felülete [m^2]. Ha a két test egymással párhuzamosan van elhelyezve, akkor a C_{12} változó számítása [Beke János, 2000]:

$$C_{12} = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} - \frac{1}{5,67}}$$

Ha pedig a két testet önkényesen helyezzük el a térben [Beke János, 2000]:

$$C_{12} = \frac{C_1 * C_2}{5,67}$$

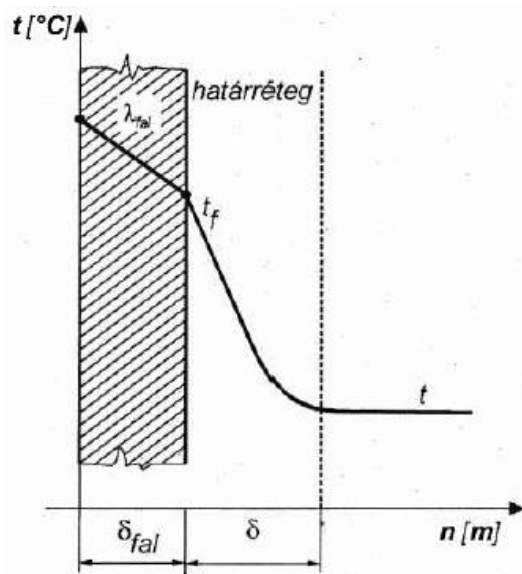
Látható, hogy minden számítási módszerben szerepel a fentiekben említett abszolút fekete test sugárzási tényezője, amelyhez viszonyítjuk a többi valóságos vizsgált testet. [Beke János, 2000].

4.4. Konvektív hőátadás

Mivel általánosságban ezen hőközlési forma leírása nagyon bonyolult annak mivolta miatt, nem létezik egy egységesen elfogadott képlet a számítására. Minden esetet külön kell megvizsgálni és esetlegesen közelítéseket alkalmazni az adott modellre, amellyel bizonyos esetekben számíthatóvá válik az adott modell. Alapvetően a folyamat lényege, hogy a hőátadás egy szilárd felület és a vele közvetlenül érintkező fluidum között jön létre. Két fajtája létezik, az egyik a kényszerített áramláson alapuló kényszerkonvekció, valamint az adott rendszer eltérő fizikai paramétereinek változásán alapuló szabadkonvekció.

A jelen probléma esetében ezen hőátadási forma mennyiségi megismerésére két helyzet miatt van szükség. Egyrészt a sugárzások hőátadás mellett ez a másik hőátadási jelenség, amely a csövek felületéről továbbadott hőmennyiség esetén megjelenik, másrészt a csövek belsejében a hőszállító közeg fluidum volta miatt a csőben áramló közeg és a cső belső fala közötti hőátadás ezzel a hőátadási formával modellezhető és számítható.

Mivel a hőáramlás a szilárd test és a vele közvetlenül kapcsolatban lévő fluidum határán alakul ki, az átadható hőmennyiséget az ezen a határon kialakuló hőmérsékleti és áramlási viszonylatok határozzák meg. A konvektív hőátadás jelenségét bemutató, közelítő modell látható a **11.ábrán** [Beke János, 2000].



11. ábra: A konvektív hőátadás modellje [Beke János, 2000]

A legelterjedtebb számítási módszer a konvektív hőátadással átadott hőmennyiség meghatározására általában a Newton-féle lehülési törvény [Beke János, 2000], [Philip Kosky és társai, 2013]:

$$q = \alpha * (t_f - t)$$

Ahol: α = a konvekciós hőátadási tényező [W/m^2K]; t_f = a szilárd fal hőmérséklete; t = a fluidum hőmérséklete.

Az alapvető problémát a konvektív hőátadás számításában a konvekciós hőátadási tényező meghatározása jelenti, mivel a fentebb említettek alapján, a modellezése és leírása nagyon bonyolult instacioner probléma, ezért ennek a meghatározására alkalmazunk különböző közelítő stacioner módszereket, mivel ennek ismeretében a számítás egyszerűbbé válik [Beke János, 2000] [Kraffa Ferenc, 2000].

Az egyik ilyen lehetséges közelítő eljárás a sebességi és hőmérsékleti határréteg közötti analógiát használja fel, miszerint a falra tapadó folyadékban a fluidum és a fal között a hőközlés hővezetéssel történik és nem pedig hőátadással [Kraffa Ferenc, 2000].

Egy másik folyamat a szilárd fal és fluidum határrétegében végbemenő folyadéksúrlódás, valamint a hőátadás közötti hasonlóságot használja fel, amely szerint, ha a hasonlóság fennáll, akkor a hőteljesítmény a fal és folyadék között fennálló csúsztatófeszültség mérésének a révén kalkulálható [Kraffa Ferenc, 2000].

A harmadik, általánosságban legelterjedtebben alkalmazott közelítési módszer a dinamikai hasonlóság elvén alapszik és dimenzióanalízist alkalmaz a modellkísérletekkel kapott eredményekkel való megfeleltetéshez. A módszer lényege, hogy kényszerkonvekció esetén a dinamikai hasonlóság akkor áll fenn, ha a két vizsgálatban szereplő test és a határaik geometriailag hasonlóak, valamint a határaik körüli sebesség és hőmérsékleteloszlás is. A határok körüli sebesség és hőmérsékleteloszlás hasonlóságának teljesülését a Reynolds-szám

és a Prandtl-szám azonossága biztosítja. Így, ha a dinamikai hasonlóság mindhárom feltétele fennáll, akkor a Nusselt-szám is azonos lesz mindkét testre és a Nusselt-szám a Reynolds-szám és Prandtl-szám függvényeként kifejezhető. Így, a geometriailag hasonló folyamatoknál a hőátadási tényező kifejezhetővé válik a Nusselt-számon keresztül [Kraffa Ferenc, 2000]:

$$Nu = \alpha * \frac{l}{\lambda}$$

Ahol: α = konvektív hőátadási tényező [W/m²K]; l = jellemző geometriai méret [m]; λ = hővezetési tényező [W/mK].

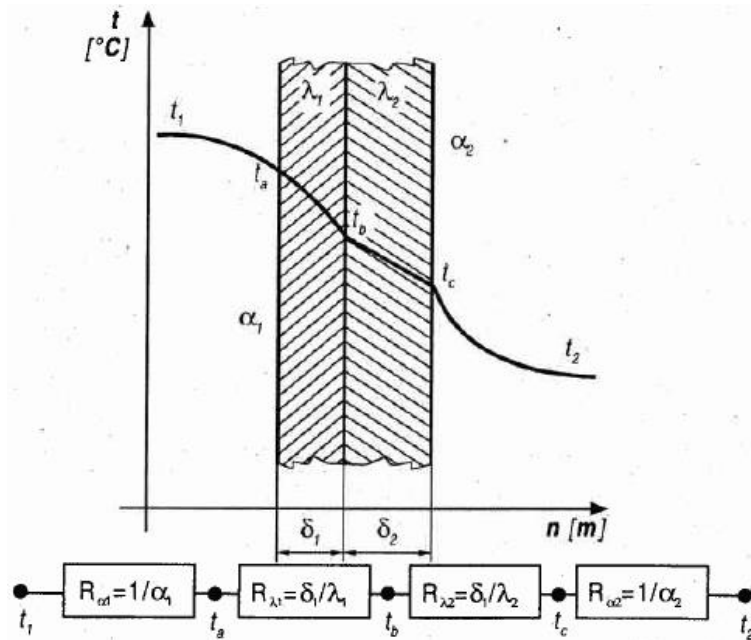
Továbbá a Reynolds- és Prandtl-számok [Kraffa Ferenc, 2000]:

$$Re = \frac{c * l}{\nu} ; Pr = \frac{\nu}{a}$$

Ahol: c = sebesség [m/s]; l = geometriai méret [m]; ν = kinematikai viszkozitás [kg/ms]; a = hőátzármaztatási tényező [W/m²K]. [Kraffa Ferenc, 2000]

4.5. Összetett hőátvitel

Az elmélettel ellentétben a valóságos esetekben az eddigiekben taglalt három hőközlési folyamat mindig együtt, egyszerre vagy a háromnak valamilyen részleges kombinációjában jelenik meg. Ezt a folyamatot, amikor részlegesen vagy teljes egészében részt vesz a három hőközlési forma a hőközvetítésben, nevezzük összetett hőátvitelnek, hőátzármaztatásnak vagy hőátbocsátásnak. Ebben az esetben, mint a valóságos folyamatok nagy részében a hőáram két fluidum között megy végbe, amelyeket valamilyen fal határol el egymástól, amely fal részt vesz a két fluidum közötti hőátadásban. Ahhoz, hogy ezt az összetett folyamatot érdemben számítani tudjunk szükségünk van egy modellre, amely jól reprezentálja és leírja ezt a folyamatot. Ehhez egy olyan modellre van szükségünk - a bekezdésben bemutatotthoz hasonlóan - amelyben két fluidum van egymástól elválasztva valamilyen határolófállal, amely részt vesz a hőátvitel folyamatában. A modellben alkalmazott fal egy többrétegű sík fal, amelynek az A (m²) felületén játszódik le a hőátadás, τ (s) idő alatt. A vizsgálat folyamán arra vagyunk kíváncsiak, hogy az eltelt idő alatt mennyi az átadott Q (J) hő mennyisége az első fluidumból a második fluidumba, ha a fal két rétegének vastagsága δ_1, δ_2 (m) és hővezetési tényezője λ_1, λ_2 (W/mK), valamint a két fluidum t_1, t_2 (°C) hőmérséklete és hőátzármaztatási tényezőinek értékei α_1, α_2 (W/m²K) ismertek. Ezen feltételezések alapján felépítjük a modellt, amely modellt a **12.ábra** szemléltet [Beke János, 2000].



12. ábra: Az összetett hőátvitel elméleti modellje [Beke János, 2000]

A **12.ábrán** található modell alapján látható, hogy az összetett hőátvitel 4 részből áll, amely részek a természetes hőegyensúly kialakításának érdekében a melegebb t_1 hőmérsékletű fluidumtól a hidegebb t_2 hőmérsékletű fluidum irányába a következőképpen alakulnak [Beke János, 2000]:

- Először az első fluidumból a δ_1 -es falrészbe áramlik a hőmennyiség, amely hőmennyiséget a következőképpen számíthatunk: $Q = \alpha_1 * A * \tau * (t_1 - t_a)$.
- A második részben a hő áramlása a δ_1 -es falszakaszból a δ_2 -es falszakasz határáig történik, amelynek a hőmennyisége: $Q = \frac{\lambda_1}{\delta_1} * A * \tau * (t_a - t_b)$.
- A harmadik részben a hő a δ_2 -es falrészben áramlik át, a hőmennyiség:
 $Q = \frac{\lambda_2}{\delta_2} * A * \tau * (t_b - t_c)$
- A negyedik részben a hő a δ_2 -es falrészről áramlik a második fluidumba:
 $Q = \alpha_2 * A * \tau * (t_c - t_2)$

Ha ezen Q hőmennyiség értékeket összegezzük, majd kifejezzük belőle a Q hőmennyiség értékét, a következő képletet kapjuk [Beke János, 2000]:

$$Q = \frac{A * \tau * (t_1 - t_2)}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

Ezen egyenlet nevezőjében lévő állandókból bevezethető egy új fogalom, a hőátvezetési tényező vagy hőátviteli tényező fogalma, amely összetett fajlagos mutató megadja, hogy egy egységnyi felületen egy adott időegység alatt mennyi hőmennyiség megy át a hidegebb közegből a melegebb közegbe 1 K fok hőmérsékletkülönbség hatására. Jelölése a kis Kappa (κ) görög betűvel történik, SI szerinti mértékegysége pedig a W/m^2K .

Így a megfogalmazás alapján egy általános esetre felírva [Beke János, 2000]:

$$\kappa = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

A hőátviteli tényező tehát gyakorlatilag megadja, a két oldal által átadott hőt, valamint a határoló falnak a hővezetésével átadott hőt, amelyben szerepet játszanak a határoló fal fizikai tulajdonságai és a fal rétegeinek száma. Ezáltal belátható, hogy a tényező értéke szorosan függ a kiválasztott felülettől és annak tulajdonságaitól, és azokkal együtt változik, emiatt önmagában nem jellemzi a hőátvitel mértékét. Ez alapján, a különböző felületfajtákra és alakzatokra más és más hőátviteli tényező felhasználása szükséges, ahol befolyásoló tényezők a választott felületek alakja és azok rétegei, amely felületekkel módosítani kell a hőátviteli tényező felírásának módját [Beke János, 2000].

Az én esetemben az egy és többretegű sík falak mellett hengeres testek, csövek is figyelembevételre kerülnek, így az ott alkalmazandó hőátviteli tényező alakját is érdemes megismerni. A csövek és hengeres falú testek esetében a felület nem egy egyenes, hanem körvonalú, így a vizsgált felület a 2π értékkel számítandó, ezáltal tehát $A = 2\pi$ és ezáltal a két felület $A_1 = 2r_1\pi$ és $A_2 = 2r_2\pi$. Ezen újabb ismert felületekkel felírható a hőátviteli tényező hengeres falú testek esetére [Beke János, 2000]:

$$\kappa = \frac{1}{\frac{A}{\alpha_1 * A_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{A}{\alpha_2 * A_2}}$$

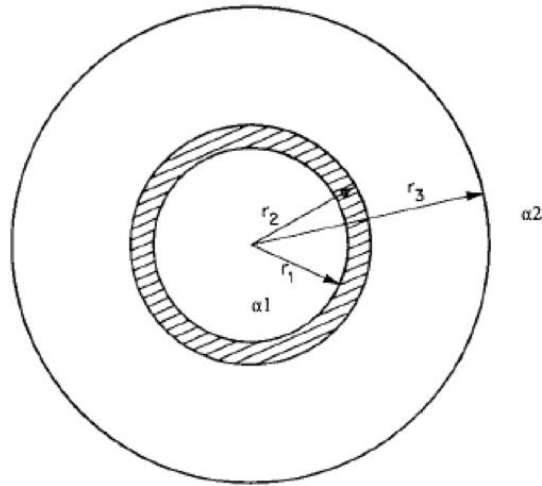
Továbbá a képletbe behelyettesítve a körvonalú felület értékeket [Beke János, 2000]:

$$\kappa = \frac{1}{\frac{A}{2r_1 * \pi * \alpha_1} + \frac{\ln \frac{r_2}{r_1}}{\lambda} + \frac{A}{2r_2 * \pi * \alpha_2}}$$

Többretegű hengeres testek esetén a hőátviteli tényező számításának módja [Kraffa Ferenc, 2000]:

$$\kappa = \frac{1}{\frac{A}{2r_1 * \pi * \alpha_1} + \sum_{i=1}^n \frac{1}{\lambda_i} * \ln \frac{r_{2,i}}{r_{1,i}} + \frac{A}{2r_2 * \pi * \alpha_2}}$$

Továbbá, mivel az épületben nem csak sima csövek találhatóak, hanem olyan csövek is, amelyek szigeteléssel vannak ellátva, így a hőnek nem csak egy rétegen, hanem több rétegen kell áthaladni a két fluidum között. Ebben az esetben a hővezetési együttható megismeréséhez szükséges modellt az együtthatóban szereplő tényezőkkel együtt a **13.ábra** szemlélteti.



13. ábra: Szigetelt hengeres test modellje [Nicholas P. Chopey, 2003]

A **13.ábrán** látható modell, valamint a rajta szereplő tényezők alapján a hővezetési együttható felírható a szigetelt hengeres testek esetére is [Nicholas P. Chopey, 2003]:

$$\kappa = \frac{1}{\frac{r_3}{r_1 * \alpha_1} + \frac{r_3 * \ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{\lambda_1} + \frac{r_3 * \ln\left(\frac{r_3}{r_2}\right)}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

Ezen bevezetett tényező felhasználásával az előbb felvezetett átadott hőmennyiségre vonatkozó összefüggés felírható a Newton-féle hőátadás egydimenziós, globális egyenletének analógiájára [Beke János, 2000]:

$$Q = \kappa * A * \tau * (t_1 - t_2)$$

Ez alapján egy komplexebb testen áthaladó hőmennyiség értéke is meghatározhatóvá válik.

5. Hőáramok és a hőveszteségek kialakulása az épület és a környezet között

Az épület maga, az anyag- és energiaforgalom szempontjából egy egységes rendszert alkot, beleértve minden szerkezetét és beleépített anyagát, az azt kiszolgáló felszerelésével, valamint a benne folytatott emberi tevékenységgel együtt. Ez azt jelenti, hogy ezen rendszer egy olyan, a tér egészéből önkényes módon kiszakított részlet, amely a külső környezet (vagyis a térrész maradéka) által rá gyakorolt hatásokra meghatározott módon reagál. Ez a folyamat amiatt lehetséges, mivel annak ellenére, hogy az épületet valós épületszerkezetek és felületek határolják el a környezettől, a tökéletes szigetelők hiányában nem tudja azt teljes egészében elszakítani a környezettől, így a kettő közötti kölcsönhatás ilyen módon elkerülhetetlen. Az épületek alapvető rendeltetése, hogy az ezen kölcsönhatásokat az épület és a környezet között a lehető legjobban korlátozzák, és megszabják, hogy milyen formában és miként mehet végbe. Ezen korlátozás egyszerre vonatkozik az épületben uralkodó állapotokat jellemző fizikai mennyiségekre, valamint az épület és környezete között cserélődő mennyiségekre is. Ezen mennyiségek két csoportra oszthatóak: extenzív és intenzív mennyiségekre. Az extenzív

mennyiségekhez tartoznak az áramlásra és cserélődésre alkalmas mennyiségek, míg az intenzív mennyiségekhez azok tartoznak, amelyeknek az egyenlőtlen térbeli eloszlása ezen folyamatokat előidézhetheti. [Gábor László, Zöld András, 1981]

Ezek alapján az extenzív mennyiségek mértékjellegű mennyiségek. Az egész rendszerre vonatkoznak, összegeezhetőek, függenek a rendszer térfogatától és egy adott pontra nem értelmezhetőek. [Gábor László, Zöld András, 1981]

Az intenzív jellemzők pedig lokális jellemzők, vagyis az épület bármely pontjában értelmezhetőek. Értékük független a rendszer térfogatától és nem összegeezhetőek, egyenlőtlen eloszlás esetén a kiegyenlítődesre törekszenek és az extenzív folyamatok áramlását okozzák. [Gábor László, Zöld András, 1981]

Ha az adott épület helyiségek csoportjából áll, akkor az egyes helyiségek valamilyen, a helyiségekre azonosan jellemző paraméter alapján (tájéolás szerinti, funkció alapján összefüggő stb.) csoportosítottak és ezen csoportok az épület részrendszereit képezik. Ezen csoportokban, részrendszerekben és az egész épületben a rendeltetési funkciónak megfelelően egy vagy több intenzív mennyiséget (pl. hőmérséklet, nedvességtartalom) egy megadott éretken, vagy értéktartományon belül kell tartani. Mivel ezen értékek vagy értéktartomány az egy év időtartományban kisebb-nagyobb mértékben eltérnek a külső környezet értékeitől, így ez áramok kialakulásához vezet. Az így kialakuló áramok a többféle intenzív mennyiség jelenléte miatt részben vagy egészben kiegyenlíthetik egymást az épület részrendszerei vagy a teljes épület vonatkozásában. Ezen folyamatot befolyásolja továbbá az emberi tevékenység az épületen vagy részrendszeren belül, amely tevékenység a kialakuló áramok nagyságát a tevékenységtől függően növeli vagy csökkenti. Az így kialakult áramok nagysága a lehatárolt térrészt, az épületet körülhatároló felületek méreteitől függ. Ebből következik, hogy az áramok nagysága az épület tömegének, geometriájának módosításával befolyásolható, így ez egy fontos szempont a teljes tervezési folyamatban. [Gábor László, Zöld András, 1981]

Fontos befolyásoló tényező továbbá, hogy az épület a térben hogyan helyezkedik el. A napsugárzás és a szél jelentős mértékben tudják befolyásolni a kialakuló energiaáramokat, így fontos az épület megfelelő tájolása, amelyet legnagyobb mértékben az uralkodó szélirány befolyásol. Fontos szempont továbbá a körrajz tagoltsága, amely tovább befolyásolja az energiaforgalmat a felület/térfogat viszony módosulása miatt, valamint a napsugárzási energia és a szél által kialakuló nyomáseloszlás megváltozása révén. További befolyásoló tényező az épület felületeinek összetétele és minősége, amely mind mennyiségi, mind minőségi értelemben is befolyásolja az energiaforgalmat, valamint az üvegarány, amely aránynak a megfelelő meghatározása energetikai, esztétikai és építészeti szempontból is fontos. [Gábor László, Zöld András, 1981]

További talán az egyik legfontosabb szempont az áramok intenzitásának változtatására és befolyásolására az épület megfelelő üzemeltetése. A megfelelő üzemeltetés ugyanis biztosítja, hogy az épületen belül az összes intenzív jellemzőt befolyásoló épületgépészeti és egyéb berendezés a rendeltetésének megfelelően működik és a funkcióját a legnagyobb mértékben és a legjobb hatásokkal tudja ellátni. Fontos azonban kiemelni, hogy az épületen belül az egyes részrendszerek mindegyikét más és más külső beható tényezők érik, amelyek különböző

mértékben befolyásolják a részrendszer reakcióját és az energiaforgalmat. Így üzemeltetés és energetikai szempontból a leghatásosabb módszer, ha egy egységes szabályozási modell vagy rendszer helyett az egyes részrendszerek szükségleteit kielégítő, azokhoz alkalmazkodó és külön szabályozható rendszert, rendszer zónákat alakítunk ki, amelyek figyelembe veszik a különböző üzemállapotok gyakoriságát is. [Gábor László, Zöld András, 1981]

Összegezve tehát, a hőveszteség nem más, mint a környezet és az épület között kialakuló energiaáram, amely egy természetes kiegyenlítődési folyamat része, de az általunk kialakítandó rendszer szempontjából egy előnytelen folyamat, amelyet a lehető legnagyobb mértékben, különböző eszközökkel és módszerekkel próbálunk megakadályozni, hogy a két rendszer közötti energiaáramlás a lehető legkisebb mértékű legyen.

6. A környezeti hőenergia hasznosítása hőszivattyúk segítségével

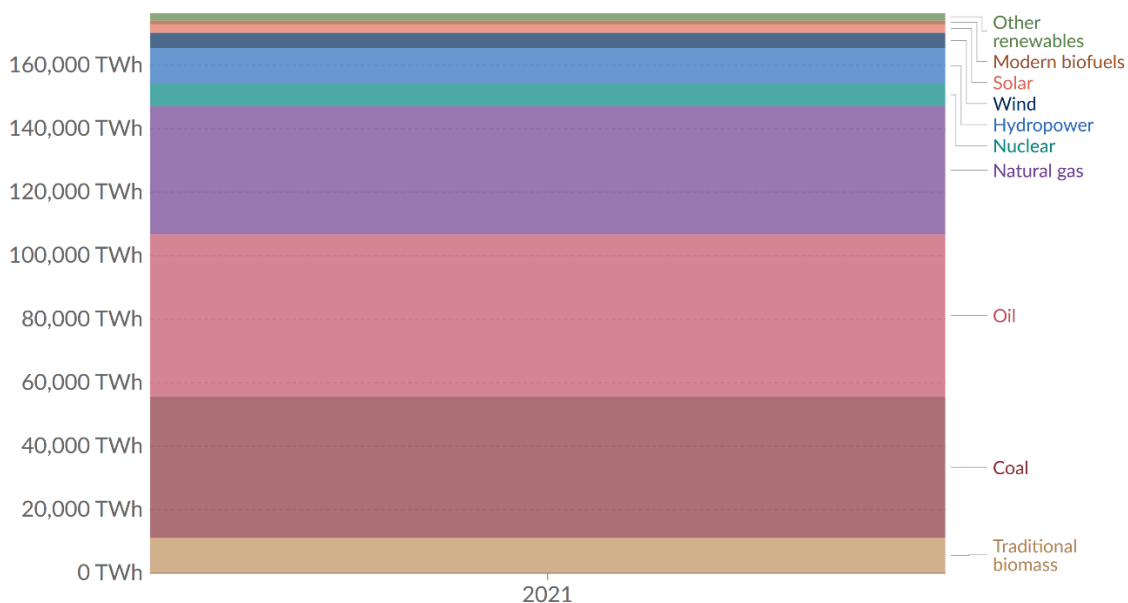
6.1. Energiaellátás megújuló energiaforrásokból

Világunk energiaellátásának jelentős része a mai napig nem megújuló, hanem úgynevezett fosszilis energiaforrásokból származik, valamint egy egyre csökkenő részű nukleáris energiaforrásból, annak ellenére, hogy az elmúlt időszakban a megújuló energiaforrások szerepe és részaránya jelentősen nőtt, mint az a **14.ábrán** található 2021-es év energiaösszesítéséből is látható.

Global primary energy consumption by source

Primary energy is calculated based on the 'substitution method' which takes account of the inefficiencies in fossil fuel production by converting non-fossil energy into the energy inputs required if they had the same conversion losses as fossil fuels.

Our World
in Data



Source: Our World in Data based on Vaclav Smil (2017) and BP Statistical Review of World Energy

OurWorldInData.org/energy • CC BY

14. ábra: 2021-es évben felhasznált energiaforrások a megtermelt energia szerint

[ourworldindata.org]

Fosszilis energiaforrásnak nevezünk minden olyan energiaforrást, amely emberi távlatban tekintve nem képes az újra termelődésre. Ilyen energiaforrásnak tekintjük az összes olyan állati

és növényi lebomlott maradványokat, amelyekből valamilyen szénhidrogén keletkezett a föld alatt kialakuló nyomás és hőmérséklet hatására hosszú évmilliók alatt. Ilyen energiaforrás többek között a szén, olaj, földgáz.

Ezzel szemben a megújuló, regeneratív energiaforrások vagy nem kimeríthető energiaforrások azon energiaforrások, amelyek az emberi mértékben nem kimeríthető mennyiségben állnak folyamatosan rendelkezésre. Ebbe a típusba tartoznak többet között: [Homonnay Györgyné, 2001]:

- A Földben lezajló radioaktív bomlásból származó hő, vagy földhő
- A tömegvonzással összefüggő ár-apály energia (a Föld és a Hold égitestek mozgásának energiája)
- A Napban lezajló termonukleáris folyamatok sugárzási energiája
- A vizek mozgási energiájának felhasználásából származó energia
- A légkörben a levegő nyomáskülönbség hatására történő áramlásából származó energia

Ezen fosszilis és megújuló energiaforrások megoszlása is megtekinthető a **12.ábrán**.

6.2. Hulladékhő hasznosító hőszivattyúk

A hőszivattyú működési elvét és módszerét tekintve a megújuló energiaforrás körébe tartozik, azon belül pedig a környezet hőenergiáját hasznosító eszközök csoportjába. Hogy az adott hőenergia honnan származik, az függ a hőszivattyú fajtájától, hiszen többfajta hőforrás is rendelkezésre áll. A hőforrások megválasztásnak folyamatában a legfontosabb feltételek [Vaillant, 2020], [Homonnay Györgyné, 2001]:

- Megfelelő mennyiségben és minőségben, valamint folyamatosan rendelkezésre állás,
- Műszaki tekintetben könnyű és olcsó kihasználhatóság,
- Valamint a lehető legmagasabb hőmérsékletszint.

Ezek alapján két fő csoportot különböztetünk meg:

- Az első csoport a hulladékhő hasznosítása, melynek során valamilyen elsődleges folyamat melléktermékeként keletkező, egyébként már nem hasznosítható hőenergiát használunk fel.
- A második pedig a természetben előforduló hőforrások, mint pl. a levegő, talajhő, felszíni és talajvizek hője.

6.3. Megújuló energiát hasznosító hőszivattyúk

Elsődleges hőforrásként szolgálhat annak egyszerű kinyerhetősége és hasznosíthatósága miatt a környezeti levegő, amely a földkéreg felsőbb részeiben elnyelt és onnan visszaáramló, visszavert vagy direkt Napsugárzásból származó hőenergiát tartalmazza.

Hőforrásként szolgálhat még az előző pontban említett földhő energia, ilyenkor a hőszivattyú a Föld mélyebb rétegeiben vagy a földfelszín közvetlen közelében található földhő energiája szolgál energiaforrással. A földkéregből nyerhető hőenergia összetétele és annak mértéke a mélyebb rétegektől felfelé haladva változik olyan formában, hogy a legmélyebb rétegeknél csak a Föld magjában lezajló radioaktív bomlásokból származó hő van jelen, amelynek a mértéke a

felsőbb rétegek felé haladva fokozatosan csökken, a földfelszínre már csak elhanyagolható mértékben jut el, míg a legfelsőbb rétegekben a Nap hősugárzásából elnyelt energia van jelen. Lefelé haladva pedig ennek a mértéke csökken és átveszi a helyét a radioaktív bomlásból származó hőenergia.

Úgyszintén hőforrásként szolgálhatnak még a felszíni vagy talajvizek, amelyek a hőenergiát a földhőhöz hasonló mértékben és módon tartalmazzák annak függvényében, hogy milyen mélyen találhatók meg a felszínen vagy a földkéregben.

A következőkben a természetes hőforrásokat mutatom be kicsit részletesebben. [Vaillant, 2020], [Homonnay Györgyné, 2001]

6.3.1. Légköri levegő hőenergiájának hasznosítása

A legnagyobb előnye, hogy korlátlan mennyiségben bárhol és bármikor rendelkezésre áll, hasznosítása viszonylag egyszerű, viszont a hasznosítható energia mennyisége nagyon alacsony ($1,4 - 2,2 \text{ W/m}^2\text{h}$, amely egy m^2 -nyi terület levegőjéből egy óra alatt elvonható hőteljesítményt jelenti) és függ a külső hőmérsékleti viszony váltakozásától. Emiatt a minimális értéke általában a fűtési igény maximumával esik egybe, így fűtésre korlátozottan alkalmas és drága a szükséges nagy hőcserélő felületek miatt, valamint a fagypont alatti deresedés is problémát okoz. Emiatt általában csak HMV előállításra alkalmazzák. [Vaillant, 2020], [Homonnay Györgyné, 2001]

6.3.2. A felszíni és talajvizek hőenergiájának hasznosítása

Ennek a fajta hőforrásnak az előnye, hogy a hőmérséklete egész évben a fagypont felett van, a leghidegebb hónapok alatt is, felszíni vizek esetében $2 - 12 \text{ }^\circ\text{C}$ környékén (leszámítva a felső $5 - 15 \text{ cm}$ vízréteg esetleges befagyását), a talajvizek esetében akár magasabb értékek is lehetnek, így a fűtési rendszerben való alkalmazása sokkal előnyösebb, a kedvező hőátadási tulajdonságok miatt is, viszont a kitermelés és elvezetés jelentős többletköltséget jelent. [Vaillant, 2020], [Homonnay Györgyné, 2001]

6.3.3. A talaj hőenergiájának hasznosítása

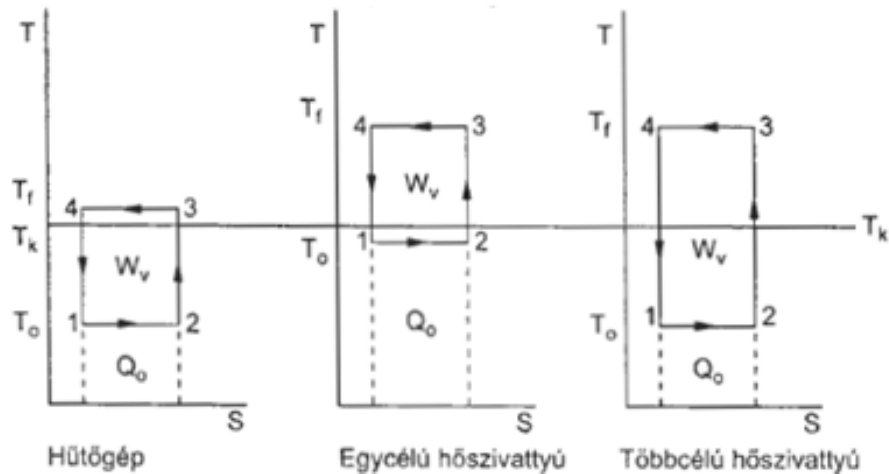
Az összes hőforrás forma közül ez a legállandóbb hőteljesítményt biztosító hőforrás az egész éves teljesítményt figyelembe véve. A rendelkezésre álló hőteljesítmény a kinyerés mélységétől és az adott évszakoktól függően változik, általánosságban a felszínhez közeli rétegekben, amelyet az évszakok változása befolyásol. $1,5 - 2 \text{ m}$ mélységben a hőmérséklet $5 - 16 \text{ }^\circ\text{C}$ között változhat, lefelé haladva a talaj hőmérséklete folyamatosan emelkedik, amely emelkedés mértéke Magyarországon megközelítőleg $\sim 0,5 \text{ }^\circ\text{C}$ 10 m -enként. [Vaillant, 2020], [Homonnay Györgyné, 2001]

6.4. Különböző típusú hőszivattyúk fűtéstechnikában való alkalmazása

6.4.1. Az elméleti körfolyamatok

Alapvetően a hőszivattyú az előző bekezdésben taglalt különböző, a környezetben rendelkezésre álló vagy hulladékhő forrásokból származó hőt, további mechanikai vagy hőenergia közbeiktatásával technikailag felhasználható melegebb hőmérsékletre hozza, termodinamikai értelemben nagyobb hőfokszintre emeli. A termodinamikai alapokat tekintve

többféle idealizált körfolyamatot különböztetünk meg. Ezeket a körfolyamatokat a **13.ábra** szemlélteti, amin balról jobbra haladva az első az ideális Carnot hűtési körfolyamat, a második és harmadik ábrarész a hőszivattyú ideális körfolyamatait mutatja be. [Homonnay Györgyné, 2001]

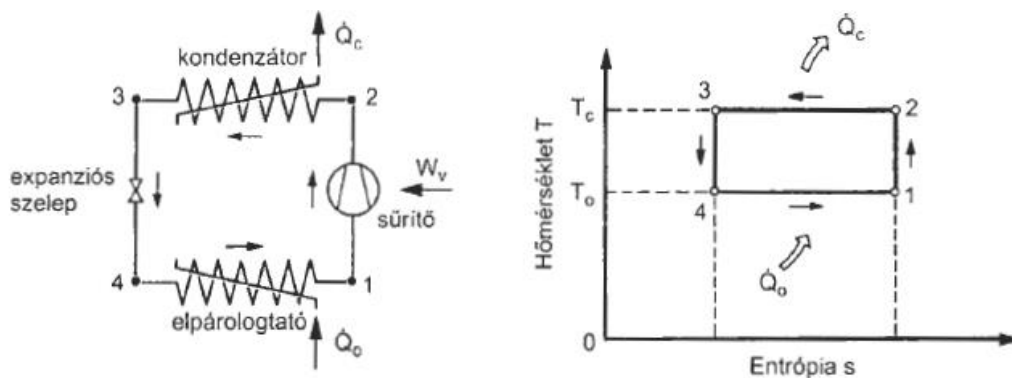


15. ábra: Idealizált körfolyamatok [Homonnay Györgyné, 2001]

Ahol továbbá: T_0 = alsó hőmérsékletű végtelen hőkapacitású tartály (alsó hőforrás); T_f = felső hőmérsékletű végtelen hőkapacitású tartály (felső hőforrás); T_k = környezeti hőmérséklet; Q_0 = hasznos hő; W_v = hasznos munka.

A **15.ábra** alapján látható, hogy a második és harmadik ábra hasonlít egymásra, a különbség kettejük között abban rejlik, hogy amíg a második ábra az egycélú hőszivattyú körfolyamatát mutatja be, addig a harmadik ábra a többcélú hőszivattyúét, amellyel egyidejűleg megoldható fűtési és hűtési működés is, így tovább hasznosítva a rendelkezésre álló környezeti hőenergiát. [Homonnay Györgyné, 2001]

A hőszivattyúk működésének elméleti alapjait tehát a Carnot féle ideális hűtési körfolyamatra lehet visszavezetni. Ebben a körfolyamatban egy zárt rendszerben egy munkaközeg áramlik, amely a körfolyamat során különböző állapotváltozásokat szenved el (folyadék és gőz halmazállapotok), amely az átalakulás során hő felvétellel, illetve leadással jár, létrehozva a körfolyamatban szereplő különböző nyomás- és hőmérsékeltviszonyokat. Az ideális körfolyamatot a **16.ábra** szemlélteti. [Homonnay Györgyné, 2001]



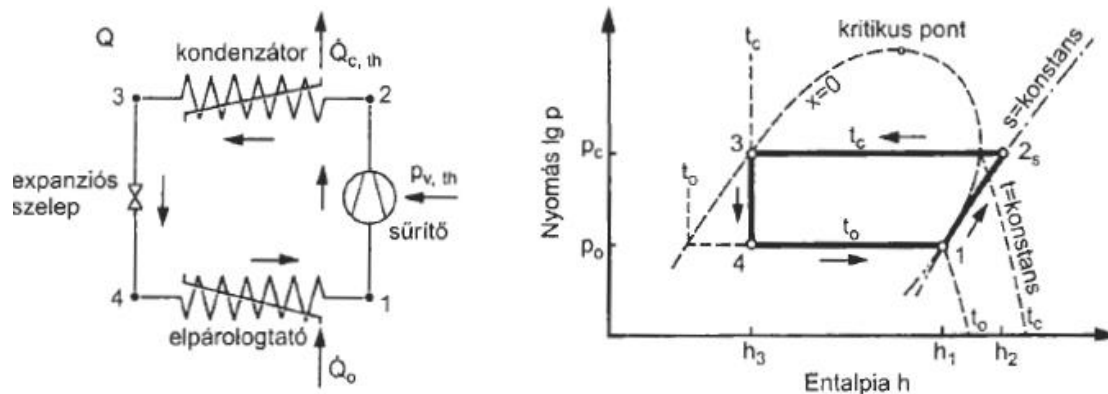
16. ábra: Az ideális Carnot hűtési körfolyamat [Homonnay Györgyné, 2001]

Ahol: T_0 = hűtési hőmérséklet; T_c hőleadási hőmérséklet; \dot{Q}_c = a kondenzátor hőteljesítménye; \dot{Q}_0 = a hűtőtéljesítmény vagy hasznos hő.

A **16.ábrán** szemléltetett ideális körfolyamat játszódik le a gyakorlatban a hűtőgépek, hűtőszekrények esetében, az ideálistól kissé eltérő formában. Az ideális körfolyamat a következő képpen zajlik le [Homonnay Györgyné, 2001], [Vaillant, 2020]:

- 1-2 izentropikus (adiabatikus) kompresszió a komprsszorban →
- 2-3 izentropikus hőelvonás a kondenzátorban állandó hőmérséklet és nyomás mellett →
- 3-4 izentropikus expanzió az expanziós szelepen át →
- 4-1 izentropikus hőfelvétel az elpárolgatóban állandó hőmérséklet és nyomás mellett.

A Carnot hűtési és a hőszivattyús körfolyamatok között a lényegi különbség az, hogy a hőszivattyú körfolyamata fordított irányba játszódik le, tehát a rendszer hőt vesz fel és pozitív munkát végez, tehát egy fordított Carnot ciklust valósít meg, amelyet hőerőgépi körfolyamatnak is nevezünk. Ezen ismeretek alapján a valóságos hőszivattyús körfolyamat a következő, **17.ábrán** tekinthető meg. [Homonnay Györgyné, 2001], [Beke János, 2000]



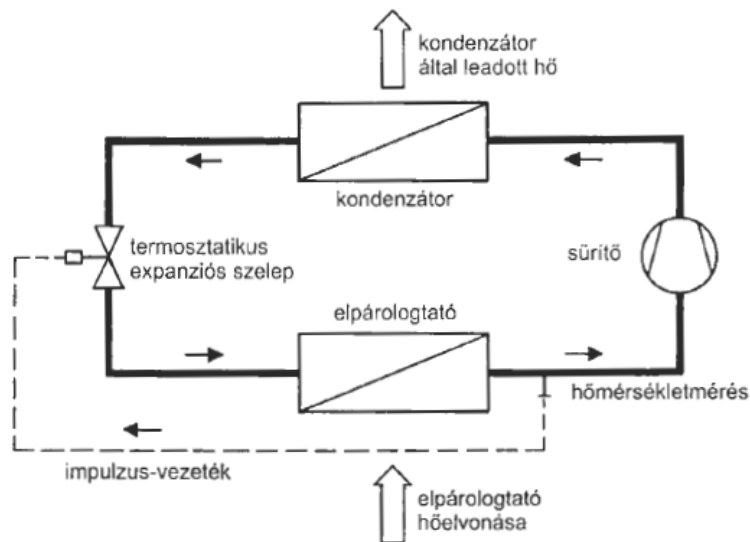
15. ábra: A valóságos hőszivattyú körfolyamata [Homonnay Györgyné, 2001]

A **17.ábra** alapján a valóságos hőszivattyú körfolyamat megvalósulásának folyamata a következő [Homonnay Györgyné, 2001]:

- 1-2s izentropikus (adiabatikus) sűrítés →
- 2s-3 izobár kondenzáció →
- 3-4 expanzió →
- 4-1 izobár és izoterm elgőzölögtetés →

6.4.2. A gyakorlati körfolyamat elmei

Ahhoz, hogy a gyakorlati körfolyamat elemeit tárgyalni tudjuk, az előzőekben megállapítottak alapján tekintsük át újra a körfolyamatot (**18.ábra**). [Homonnay Györgyné, 2001]



18. ábra: A hőszivattyú körfolyamat részeinek egyszerűsített modellje [Homonnay Györgyné, 2001]

A **18.ábrán** látható modell alapján be tudjuk azonosítani a körfolyamat egyes részelemeit és azok funkcióját, működését. A körfolyamatnak négy fontosabb eleme van:

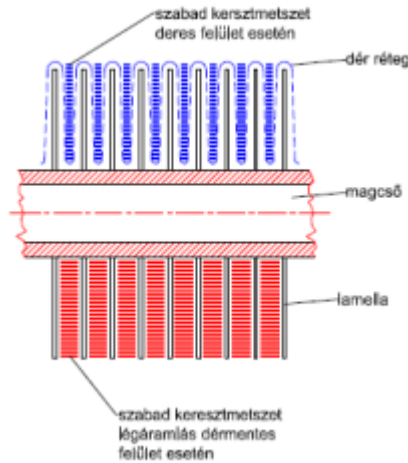
- a sűrítő (kompresszor),
- kondenzátor,
- expanziós szelep
- és az elpárolgató.

A következőkben ezen elemek bemutatását végzem el. [Homonnay Györgyné, 2001]

6.4.3. Elpárolgató

Az elpárolgató egy felületi hőcserélő, a körfolyamat és a hőszivattyú azon eleme, amely lehetővé teszi, hogy a rendelkezésre álló hőforrásból hőt vonjunk el. Ezen folyamat úgy lehetséges, hogy a körfolyamat elején a hűtőközeg cseppfolyós állapotban van jelen az elpárolgatóba való beérkezése során és a forráspontja alacsonyabb, mint a hőforrás hőmérséklete, így a hőforrás hőt ad át a hűtőközegnek, miközben az halmazállapotváltáson megy keresztül és gőzzé alakul [Vásáros Zoltán, 2020].

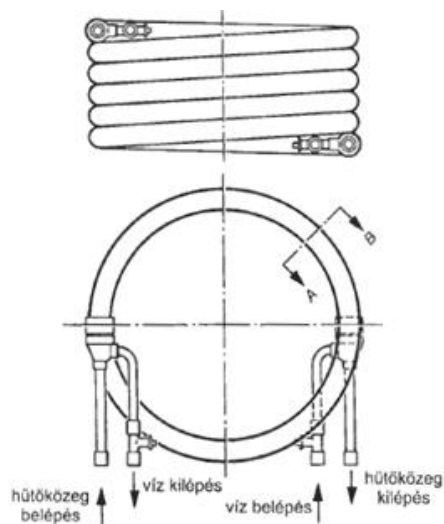
Annak függvényében, hogy milyen halmazállapotú a hőforrás, több fajta elpárolgatót különböztetünk meg, amelyeket az elpárolgás folyamata alapján száraz és elárasztott rendszerű elpárolgatók valamelyikébe sorolunk. Amennyiben levegőből kívánunk hőt elvonni, abban az esetben általában száraz rendszerű bordázott csőköteges hőcserélőt alkalmazunk (**17.ábra**), amelyek lehetnek továbbá a levegőoldal tekintetében természetes és kényszerített áramlásúak. Anyaguk annak függvényében változik, hogy milyen a magcsőben áramló hőforrás munkaközege [Vásáros Zoltán, 2020].



19. ábra: Bordázott csőköteges elpárolgató [Vásáros Zoltán, 2020]

Amennyibe, ha a hőforrás folyékony halmazállapotú, akkor nyalábcsőves, merített és lemezes elpárolgatót alkalmazhatunk [Vásáros Zoltán, 2020].

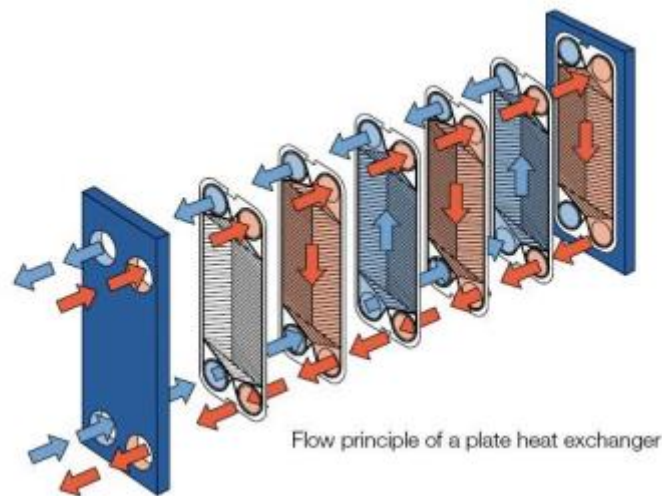
Ha a hűtendő vagy hőszivattyúzandó folyadék hőszigetelt, de nyitott tartályban található, akkor merített elpárolgatót alkalmaznak, amely egy tartályba eresztett csőspirál (**20.ábra**) vagy csőkígyó. Ezek is lehetnek elárasztott vagy száraz rendszerűek. Hátrányuk, hogy a tisztításuk nehézkes és a környező folyadék lassú áramlása miatt gyenge hőátadással rendelkeznek, így emiatt nagy a helyigényük [Vásáros Zoltán, 2020].



20. ábra: Koaxiális elpárolgató [Homonnay Györgyné, 2001]

A hűtőgépeknél és hőszivattyúknál a hőszállító folyadék hűtésére a legelterjedtebben lemezes hőcserélőket alkalmaznak. Általánosságban nemesacélból készült téglalap kialakításban fordulnak elő. A felépítését tekintve egy egyszerű szerkezet (**21.ábra**). Egy keretszerkezetben két oldalon zárólemezek találhatóak, azok között pedig a hőközvetítés és a közegek elválasztására szolgáló tömítés zárólemezek által történik, amelyeknek az egyik oldalán az elpárolgó, a másik oldalon pedig a hűtött hűtőközeg áramlik. Az elpárolgás két, egymás mellett

elhelyezkedő lemez között kialakított csatornákban történik. Bontható és nem bontható, előre legyártott össze hegesztett kivitelben kaphatóak [Vásáros Zoltán, 2020].

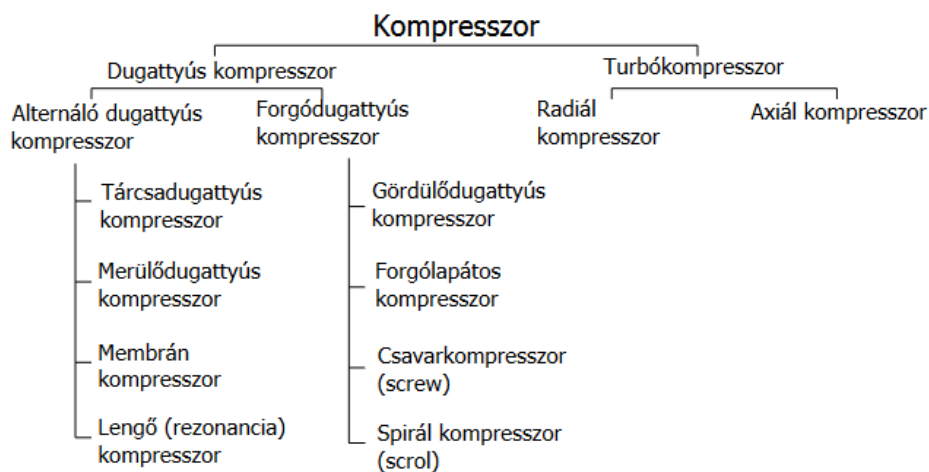


21. ábra: Lemezes hőcserélő felépítése [Vásáros Zoltán, 2020]

6.3.3. Sűrítő (kompresszor)

A kompresszor feladata a hűtőberendezésben az, hogy mechanikai energia felhasználásával az elpárologtatóból elszívott hűtőközeget cseppfolyósított állapotba hozza, majd ebben az állapotban továbbítsa azt. [Vásáros Zoltán, 2020]

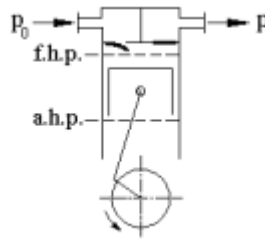
A kompresszorok csoportosítása általánosságban két szempont alapján történik. Ezek a működési elv alapján történő csoportosítás és a hajtómotor elhelyezkedése alapján történő csoportosítás. [Vásáros Zoltán, 2020]



22. ábra: Kompresszorok típusai [Vásáros Zoltán, 2020]

A működési elv alapján a kompresszorokat két fő csoportba tudjuk sorolni: dugattyús, illetve turbókompresszorokra (**22.ábra**). A dugattyús kompresszorok a térfogatkiszorítás elve alapján működnek, amely azt jelenti, hogy a kompresszor a hengerébe ideális esetben a lökettérfogatával megegyező hűtőközeget szív be a henger felső és alsó holtpontja között

váltakozva mozgó dugattyú, majd a dugattyú ezt a felső holtponthoz közelítve izentropikusan komprimálja, majd a megnövekedett nyomáson kitolja a hengerből a hűtőközeget. Ezt a körcikrösen ismétlődő folyamatot mutatja be a **23.ábra** [Vásáros Zoltán, 2020].

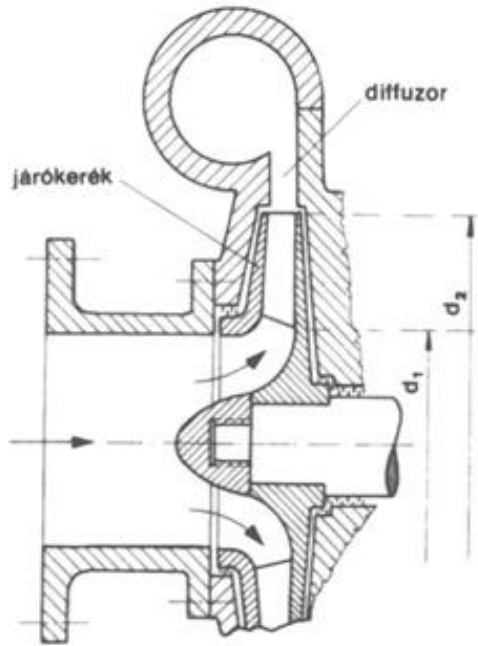


23. ábra: A dugattyús kompresszorok egyszerűsített működési elve [Vásáros Zoltán, 2020]

Ahol: p_0 = a munkahengerbe érkező hűtőközeg nyomása; p = a sűrítési folyamat végén a távozó hűtőközeg nyomása; f.h.p = a felső holtpont; a.h.p = az alsó holtpont

A turbókompresszorok a dugattyús rendszerrel szemben viszont áramlástan elvek alapján működnek. Ez azt jelenti, hogy a turbókompresszorokban a gáz nyomásnövelését a befektetett mechanikai energia nyomási energiává történő alakításával oldják meg egy lapátokkal ellátott forgórész (járókerék) segítségével olyan módon, hogy a komprimáláshoz befektetett energia a járókerék által először a közeg sebességét növeli meg, amely sebességi energia a beépített diffúzorban nyomási energiává alakul (**24.ábra**). A diffúzorra azért van szükség, mivel ezzel a módszerrel a gáz sebessége képes lenne kontrollálhatatlan sebességeket elérni, amely irányíthatatlan működéshez, meghibásodáshoz és a kompresszor tönkremeneteléhez vezetne, ezért egy diffúzort alkalmaznak, amely egyenletesen lassuló áramlás kialakulásához vezet. Az áramlás iránya szerint megkülönböztetünk axiál és radiál kompresszorokat, de ezen típusok közül a hűtéstechnikában csak a radiál kompresszorok kerülnek alkalmazásra [Vásáros Zoltán, 2020].

A turbókompresszorok szabályozása legáltalánosabb módon előperdület-szabályozással történik terelőlapátsor segítségével, a lapát belépő nyílása előtt, amely tág teljesítményhatárok közötti szabályozásra ad lehetőséget. Előfordul még a fokozatmentes fordulatszám szabályozás és by-pass szabályozás, de ezeket csak ritkán alkalmazzák [Vásáros Zoltán, 2020].



24. ábra: A turbókompresszor felépítésének metszeti képe [Vásáros Zoltán, 2020]

A dugattyús kompresszorok esetében két nagyobb alcsoport létezik. Ezek az alternáló dugattyús kompresszorok és a forgódugattyús kompresszorok [Vásáros Zoltán, 2020].

A hajtómotor elhelyezkedése alapján megkülönböztetünk nyitott, félhermetikus vagy hermetikus kompresszorokat annak függvényében, hogy a kompresszor és a meghajtómotor egymástól elkülönítve találhatóak-e [Vásáros Zoltán, 2020].

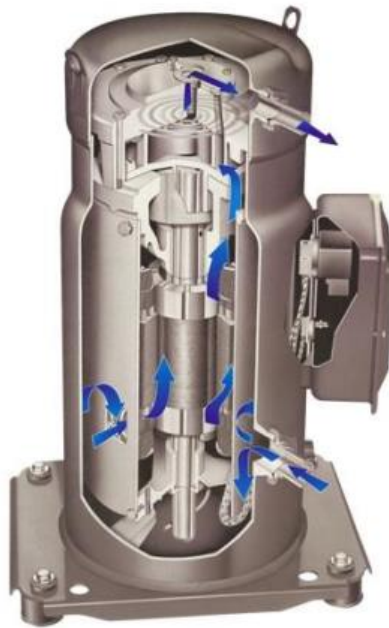
Kezdetben a hűtéstechnikában alternáló dugattyús kompresszorokat alkalmaztak, de mivel jelentős testhanggal (rezgéssel) üzemeltek, amely csillapítása nehéz feladat volt, egy pár ipari alkalmazástól eltekintve manapság a hűtéstechnikában javarészt turbókompresszorokat és forgódugattyús kompresszorokat alkalmaznak kis karbantartási és helyigényük, rezgésmentes üzemük, alacsony zajkibocsátásuk és nagy, folytonos térfogatáramok szállítására való képességük miatt [Vásáros Zoltán, 2020].

A kis és közepes hűtésteljesítményű berendezések esetén a leggyakrabban használt kompresszortípus a spirál vagy Scroll-kompresszor, mely a forgódugattyús kompresszorok csoportjába tartozik. A Scroll-kompresszor működésének lelke kettő archimédeszi spirálból (csigavonalból) áll (**25.ábra**), amelyekből az egyik álló, a másik pedig az állórészbe beletolt mozgórész, amelyet egy excenteres tengely forgat [Vásáros Zoltán, 2020].



25. ábra: A Scroll kompresszor járókerekei (az álló spirálok lent vannak ábrázolva, a mozgó spirálok fent) [Vásáros Zoltán, 2020]

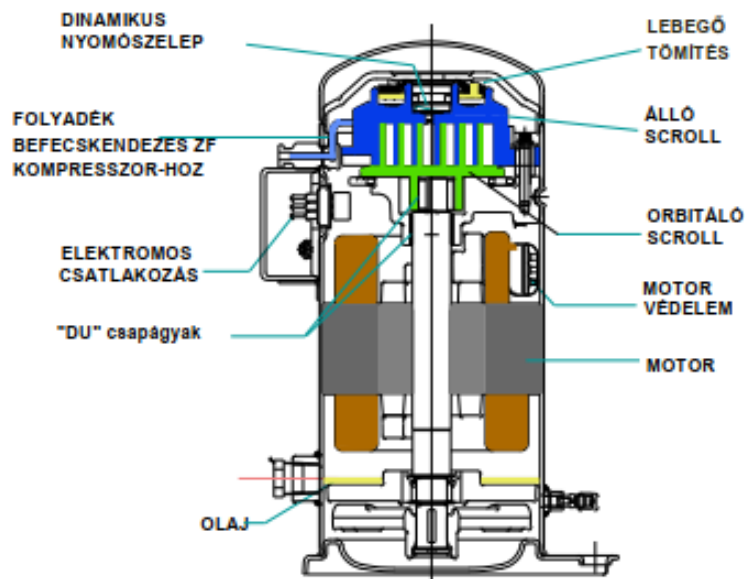
A forgó spirál orbitális mozgást végez, amely során a középpontja körül forgó spirál maga is körpályán mozog, amely folyamat hozza létre a kompressziót azáltal, hogy a két spirál radiális találkozási pontjai és élei forgás közben kívülről haladnak befelé, ezáltal az általuk közbezárt tér térfogata folyamatosan csökken. A kompressziós folyamat végén az egyik radiális tömítőél eléri a kiömlőcsatornát, amelyen távozik az összesűrített közeg (26.ábra). A kompromiálendő közeg a sűrítési folyamatra a két spirál külső részénél lép be a kompresszorba [Vásáros Zoltán, 2020].



26. ábra: A Scroll-kompresszor működése [Vásáros Zoltán, 2020]

A spirálkompresszorok nem rendelkeznek munkaszellepekkel így a visszaforgás elkerülését egy nyomócsőnkba beépített visszacsapó szelep biztosítja. A kompresszor kenését a tengely végén kialakított centrifugál szivattyú, míg a spirálok kenését a gőzáramba juttatott olaj végzi. A többi forgódugattyús kompresszorhoz hasonlóan a Scroll-kompresszoroknak is konstrukciós adottsága a nem változtatható beépített térfogatáram viszony. Előnyük viszont, hogy nem tartalmaznak alternáló elemeket, emiatt az üzemük rezgés és zajmentes, kevés alkatrészből állnak, valamint nincsenek munkaszellepek így a szerelésük és karbantartásuk könnyebb,

nincsen káros tere, folyadékütéssel szemben nem érzékeny, valamint hosszú élettartammal bír, mivel üzem közben a konstrukcióból adódóan alkatrészei kevésbé kopnak. A Scroll-kompresszorok felépítése a **27.ábrán** látható [Vásáros Zoltán, 2020].



27. ábra: A spirálkompresszor felépítése [Vásáros Zoltán, 2020]

A spirálkompresszorok szabályozására többféle módszer lehetséges. A leggyakoribb szabályozási mód csoportaggregát összeállítás és többfokozatú szabályozása (egy csoportaggregát több kompresszoregység együttes működtetésével létrehozott gépcsoport). Lehetséges még a fordulatszám szabályozás frekvenciaváltóval, valamint a hűtőtéljesítmény szabályozása az egyik spiráljárat lezárásával, de ez a két mód nem jellemző Scroll kompresszorokra [Vásáros Zoltán, 2020].

6.4.4. Kondenzátor

A kondenzátor szerepe, hogy az ide beérkező gőz halmazállapotú hűtőközeg hőjét hűtőgép esetén a környezetnek, hőszivattyú esetében pedig a fűtendő rendszernek adja át, miközben a hűtőközeg a gőz halmazállapotból a folyadék halmazállapotába lép át, mivel a hőhasznosító közeg hőmérséklete alacsonyabb, mint a hűtőközeg kondenzációs hőmérséklete. Az ide érkező túlhevített állapotban lévő hűtőközeg először a túlhevített hőjét adja le, így telítési hőmérsékletre hűl le, majd a kondenzációs hőjét leadva telített folyadékká változik. Ezt követően hűl kondenzációs hőmérséklet alá utóhűtés segítségével, de ezt a lépést nem mindig alkalmazzák, viszont a használatával a berendezés teljesítménytényezőjének javítása érhető el, csökkenthető a létesítendő fűtőtéljesítmény elérésének érdekében a kompresszorral szállítandó hűtőközegáram [Vaillant, 2020], [Vásáros Zoltán, 2020].

Annak függvényében, hogy a berendezést milyen teljesítményre méretezték a hőcsere történhet egy hőcsereelőben vagy hőcsereelőben. Hőszivattyúk esetében például a túlhevített hő elvonása külön gázhűtőben történik [Vásáros Zoltán, 2020].

A gyakorlatban hőszivattyúk esetében kétfajta hőcsereelő alkalmazása történik. Legelterjedtebben a lemezes hőcsereelőket (**21.ábra**) alkalmaznak, de előfordulnak még a

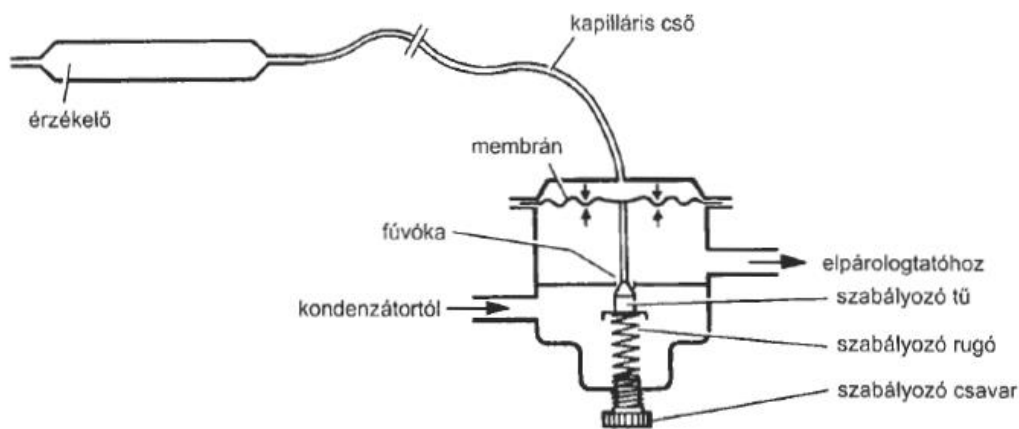
koaxiális ellenáramú hőcserélők (**28.ábra**) is, bár ritkábban alkalmazzák őket a fajlagosan magas anyagszükségletük miatt [Vásáros Zoltán, 2020].



28. ábra: Koaxiális ellenáramú hőcserélő [Vásáros Zoltán, 2020]

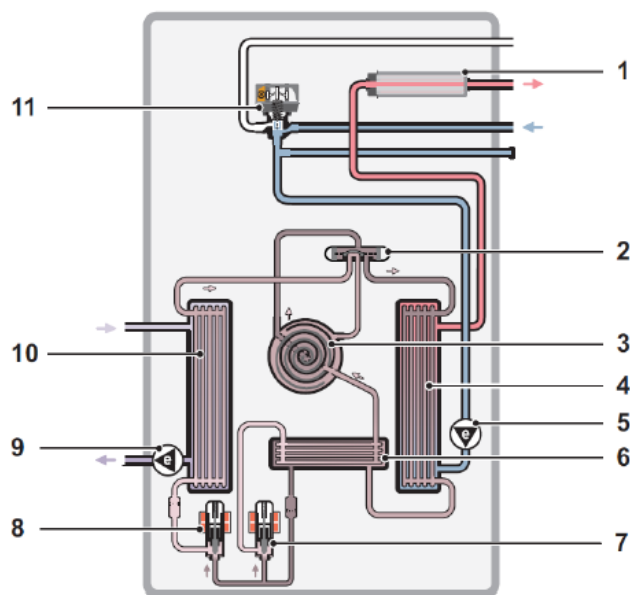
6.4.5. Expanziós szelep

Az expanziós szelep (**29.ábra**) a körfolyamat folyamatosságát biztosítja azért, hogy az újra folyékony halmazállapotú hűtőközegnek a nyomását és hőmérsékletét lecsökkenti, ezáltal ismét alacsonyabbak lehessenek, mint a hőforrás hőmérséklete, hogy attól ismét hőt tudjon felvenni, és ezáltal a párologtatót megfelelő állapotú munkaközeggel lássa el. Emellett egyben a hőszivattyú szabályozó feladatát is ellátja. [Vaillant, 2020], [Homonnay Györgyné, 2001]



29. ábra: Expanziós szabályzó szelep [Homonnay Györgyné, 2001]

A gyakorlatban használt hőszivattyúk ezen alapvető elemeken túl további elemeket tartalmaznak, amely kivitelről, működési elvtől, gyártótól, felhasználási módtól, valamint a hőforrás állapotától függően, amelyek eltérőek lehetnek. Egy lehetséges szondás, földhőkéregyhőt hasznosító, HMV előállításra is alkalmas hőszivattyú felépítését a **30.ábra** szemlélteti.



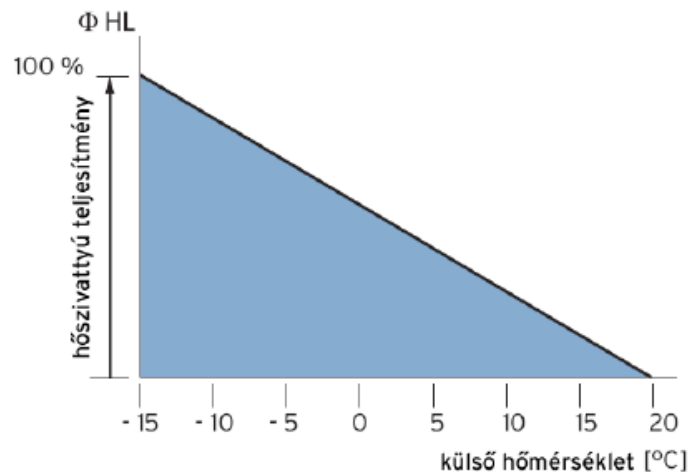
30. ábra: Egy hőszivattyú felépítése, ahol: 1 – Elektromos rásegítő fűtés; 2 – Négy-utas váltószelep; 3 – Kompresszor; 4 – Kondenzátor; 5 – Fűtési szivattyú; 6 – Kiegészítő párologtató; 7 – A kiegészítő párologtató expanziós szelepe; 8 – Expanziós szelep; 9 – Szondaköri szivattyú; 10 – Párologtató; 11 – Melegvíz váltószelep (nem minden hőszivattyúban megtalálható) [Vaillant,2020]

6.5. Hőszivattyúk üzemeltetési módjai

A hőszivattyúkat üzemeltetési módjuk alapján öt féle csoportba soroljuk annak függvényében, hogy a hőszivattyú milyen hőforrást hasznosít, milyen határok között üzemel, valamint milyen az alkalmazott hőhasznosító. Ezek alapján az öt üzemeltetési mód a monovalens, monoenergikus, bivalens párhuzamos, bivalens alternatív és bivalens részben párhuzamos. [Vaillant, 2020], [Homonnay Györgyné, 2001]

6.5.1. Monovalens üzemmód

Ebben az üzemmódban a hőszivattyú az egyetlen hőtermelő a fűtési és HMV rendszerben, kiegészítő hőtermelő berendezés nem szükséges, emiatt fontos, hogy a rendelkezésre álló hőforrás egész évben megfelelő minőségben és mennyiségben folyamatosan rendelkezésre álljon. Ezen üzemmódot a **31.ábra** szemlélteti egész éves üzemeltetés mellett. [Vaillant, 2020], [Homonnay Györgyné, 2001]



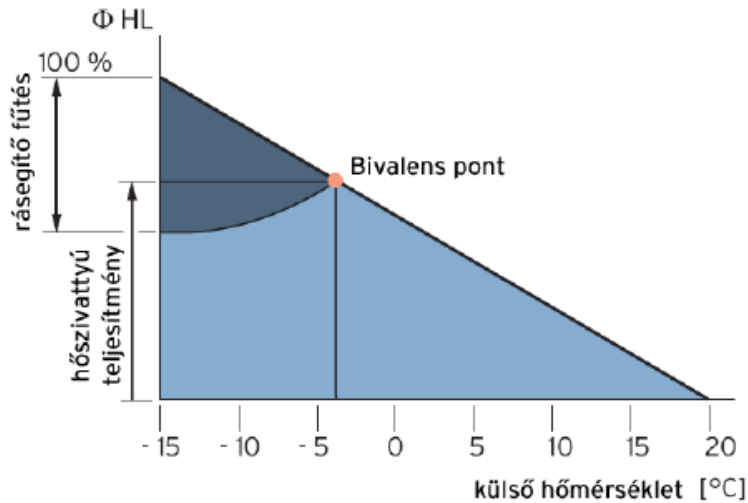
31. ábra: Monovalens hőszivattyú teljesítménye éves üzem mellett [Vaillant, 2020]

6.5.2. Monoenergikus üzemmód

Az üzemmód hasonló a bivalens üzemmódhoz, viszont ebben az esetben a hőszivattyú önmagában nem képes a fűtési szükségletek kielégítésére a rendelkezésre álló hőforrásból, emiatt kiegészítő fűtőberendezés használata szükséges, amely csak elektromos lehet. A hőellátást két, azonos energiahordozóval működő hőtermelő biztosítja, a csúcsterhelések lefedése érdekében. Ez a kiegészítő fűtés a hőszivattyú előremenő körébe van bekötve és a működését a hőszivattyú vezérlése szabályozza, ha a rendszer jól méretezett, a teljes hőigénynek csak nagyon kis részarányát teszi ki a kiegészítő fűtés, a nagy részét a hőszivattyú látja el. [Vaillant, 2020]

6.5.3. Bivalens párhuzamos üzemmód

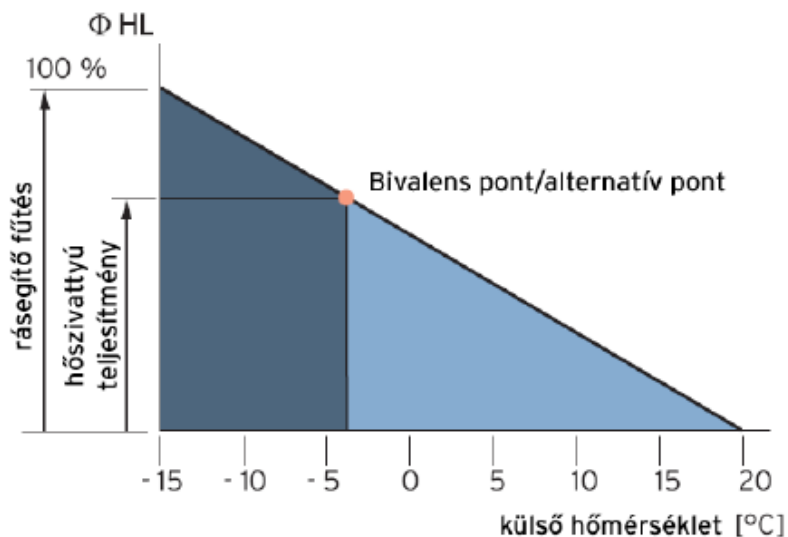
Ebben az esetben a hőszükségletet két darab hőtermelő elégíti ki, az egyik a hőszivattyú, amely mellett egy második, a hőszivattyútól eltérő energiahordozóval üzemelő hőtermelő is dolgozik. A párhuzamos üzemmód lényege, hogy azon kritikus hőmérsékleteknél, ahol a hőszivattyú már nem tudna megfelelő teljesítménnyel üzemelni, a második hőtermelő is becsatlakozik (ezt a pontot hívjuk a bivalens pontnak, **32.ábra**), így a hőszivattyú a legkritikusabb külső hőmérsékletek mellett is üzemelni tud. Ezen üzemmód működését szemlélteti a **32.ábra**. [Vaillant, 2020]



32. ábra: A párhuzamos bivalens üzemmód működése [Vaillant, 2020]

6.5.4. Bivalens, alternatív üzemmód

Hasonlóan a párhuzamos bivalens működéshez, itt is kettő darab hőtermelő dolgozik együtt, de az előző módszerhez képest itt a kiegészítő, másik energiahordozóval működő hőtermelő berendezés nem csak besegít, hanem a bivalens ponttól átveszi a teljes fűtési rendszer ellátásának feladatát (33.ábra). Az ilyen módot általában a magas előremenő hőmérséklettel működő rendszerekben alkalmazzák és hasonlóan az a feladata, hogy biztosítsa a hőszivattyú maximális kihasználtságát, amely éves szinten a teljes fűtési szükséglet 60 – 70%-át is elérheti, mivel viszont a kritikus hőmérsékletek elérésekor a hőszivattyú teljesítménye erősen csökken és nem lenne képes a magas hőmérsékletű közeget biztosítani szükséges a kiegészítő hőtermelő használata. [Vaillant, 2020]

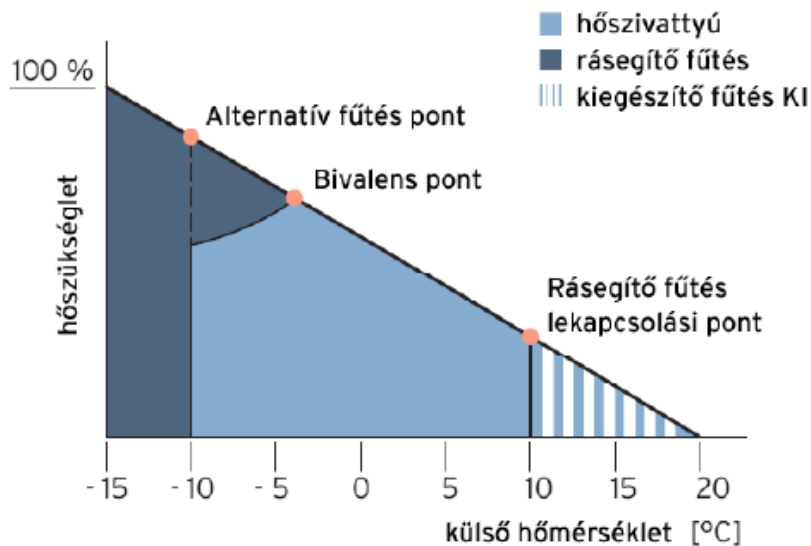


33. ábra: Alternatív bivalens üzemmód működése [Vaillant, 2020]

6.6.5. Bivalens, részben párhuzamos üzemmód

Úgyszintén az előző két bivalens módszerhez hasonlóan itt is a hőszivattyú mellett üzemel egy második eltérő energiahordozóval működő hőtermelő. Az üzemmód lényege, hogy egy

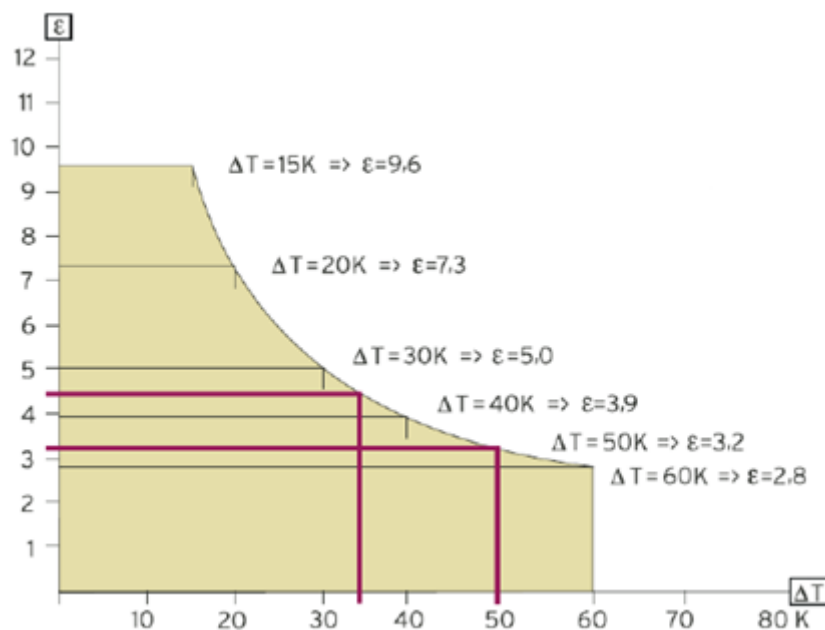
meghatározott külső hőmérsékletig a hőszivattyú önmagában fedi le a fűtési igényeket, ahogy a hőmérséklet ezen hőmérséklet alá csökken, a második hőtermelő bekapcsolódik a hőtermelésébe, és fokozatosan átveszi a teljes hőtermelési feladatot, ahogy az előremenő hőmérséklet a hőszivattyú csökkenő teljesítménye miatt egyre esik (34.ábra). A hőszivattyú egy idő után teljesen lekapcsol a hőtermelésről. [Vaillant, 2020]



34. ábra: Részben párhuzamos bivalens üzemmód [Vaillant, 2020]

6.6. A teljesítmény-jelzőszám (COP)

A teljesítmény-jelzőszám $[\epsilon]$, COP (Coefficient Of Performance) a hőszivattyúk hatásfokának megadására szolgáló jelzőszám, amely a fűtési teljesítmény és a felhasznált elektromos komprimálási teljesítmény arányát adja meg. A minél magasabb energiahatékonyság elérése érdekében a hőszivattyúk kialakítása során arra kell törekedni, hogy a választott hőforrás hőmérséklete a lehető legmagasabb, a hőhasznosító berendezése pedig a lehető legalacsonyabb legyen. Minél alacsonyabb a hőmérséklet-különbség a fűtőkör előremenő hőmérséklete és a hőforrás hőmérséklete között, annál magasabb lesz a teljesítmény-jelzőszám (35.ábra). [Vaillant, 2020]



35. ábra: A teljesítmény-jelzőszám a hőmérsékletkülönbség függvényében [Vaillant 2020]

6.7. Az energia-hatékonysági arány érték (EER)

Az EER (Energy-Efficiency-Ratio) a COP értékhez hasonló, azzal megegyező mérési feltételek mellett használjuk a hűtési teljesítmény jellemzésére. Tehát az EER, mint a hűtési teljesítmény-jelzőszám, melynek jelölése úgyszintén a COP-hoz hasonlóan [ϵ], a teljesítmény-felvétel és a leadott hűtési teljesítmény viszonyát fejezi ki hűtési üzemben. [Vaillant, 2020]

6.8. A hőszivattyúk kivitelezésének formái

A gyakorlatban a hőszivattyúk telepítésénél a kivitelezési formát nagyban befolyásolja, hogy milyen hőforrást alkalmazunk, milyen felhasználásra és mi a termelt energia, amit a hőszivattyú előállít. Ezek alapján a következő kivitelezési formák léteznek [Vaillant, 2020], [Homonnay Györgyné, 2001]:

- levegő – víz hőszivattyúk: ezen típusoknál a hőforrásként a környezeti levegő szolgál, amelyet aztán a rendszerben használt víz melegítésére használunk. A jelentős hőmérsékleti ingadozások, és az általában alacsony hőmérséklet és hatásfok miatt általában HMV rendszerekben alkalmazzák. Maximum -20 °C külső léghőmérsékletig működőképes.
- levegő – levegő hőszivattyúk: a nevéből adódóan itt a hőforrásként használt közeg úgyszintén a környezeti levegő, amivel egy másik, környezettől elválasztott tér levegőjét fűtjük/hűtjük. A levegő - víz típusnál említettek ugyanúgy igazak erre a kivitelezési formára is, bár itt - mivel nem áll elő magas hőmérsékletkülönbség, mert a belső környezeti levegő ezt nem igényli - az alkalmazhatóság és a hatásfok is jelentősen jobb.
- víz – víz hőszivattyúk: ebben az esetben mind a hőmérséklet felvevő, mind a fűtendő közeg víz. Fűtési és HMV rendszerekben ez a verzió a legelterjedtebb, mivel egész évben stabil hőforrásként használható és a legjobb hőteljesítményt nyújtja. A hőforrásként a felszínen vagy a talajban található vizek szolgálnak.

- Talajkéreg - víz hőszivattyúk: ezen rendszerek a földkéregben található, vagy a földkéreg felső részében elnyelődő hőt használják hőforrásként, amellyel fűtési vagy HMV rendszereket üzemeltetnek. Ebben az esetben egy valamilyen fagyálló, de a környezetre nem veszélyes, általában etilén glikol közeget használnak, amely a hőszivattyús rendszerben kering és hőszállító közegként szolgál. Több kivitelezési formája lehetséges:
 - Talaj kollektor: Egy nagy felületi kiterjedésű csőrendszer, amely a földben kb. 1,2 – 1,5 m-re helyezkedik el és a felső földkéregben a napsugárzás vagy a csapadék által elnyelődő hőenergiát hasznosítja.
 - Kompakt kollektor: Működési elve hasonló a talaj kollektorhoz, de itt egy nagy vízszintes kiterjedésű csőrendszer helyett több, vízszintesen egymáson elhelyezkedő „szőnyegszerű” csőrendszerből áll. Úgyszintén a felső földkéregben tárolt hőenergia hasznosítására szolgál, hasonlóan 1,2 – 1,5 m mélyen elhelyezve.
 - Talajszonda: Itt teljesítménytől függően egy vagy több, függőlegesen a földbe helyezett szonda a földkéreg alsóbb rétegeiből a geotermikus hőenergia kinyerését végzi. Ebben az esetben minél mélyebbre fúrják őket, úgy emelkedik a kinyerhető hőenergia, viszont a költségek is. Egy bizonyos mélység után az évszakok váltakozása már nem befolyásolja a kinyerhető hőteljesítményt.

7. A hőveszteségek értékeinek vizsgálata az egyes pincerészekben

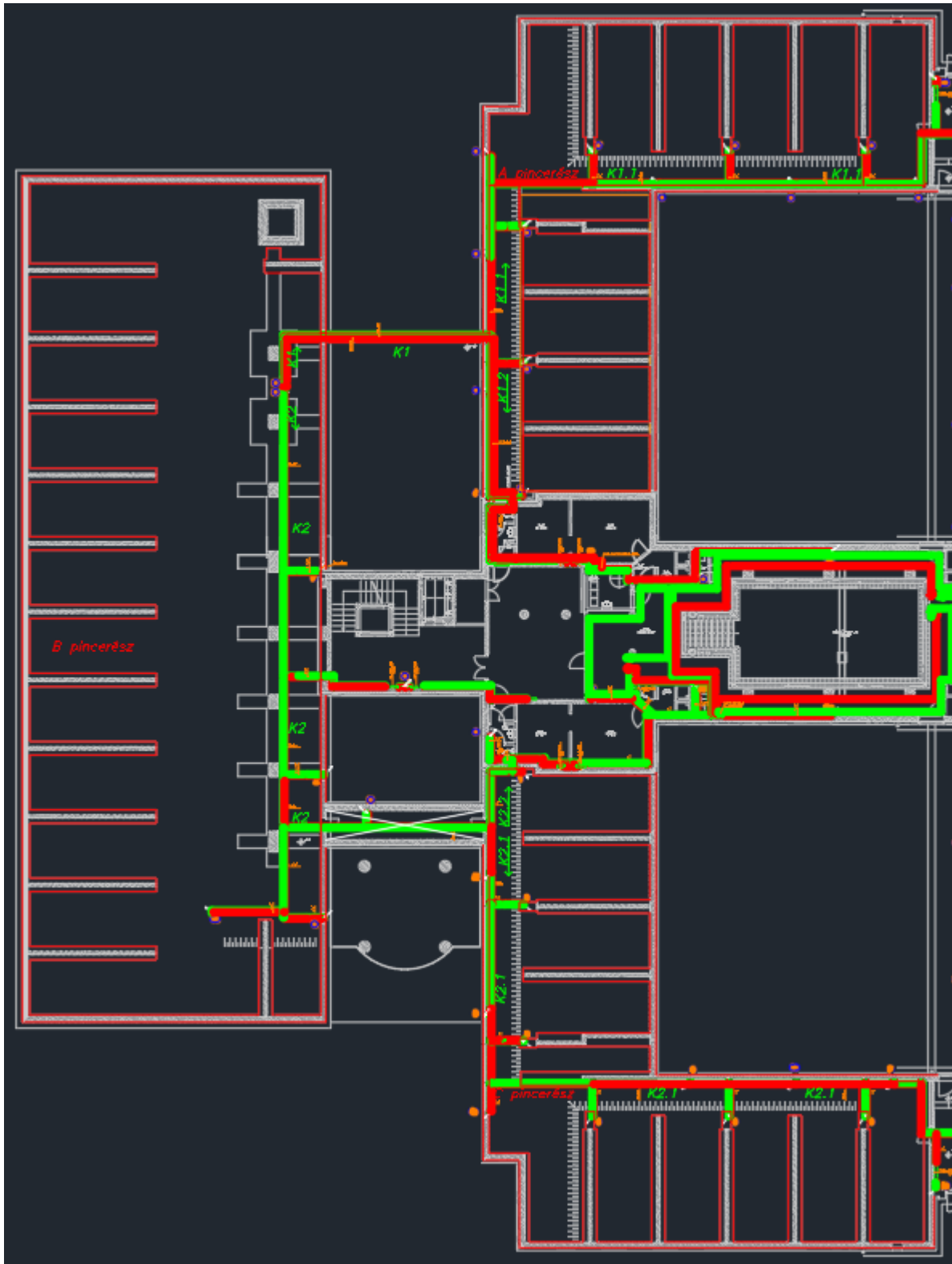
Ahhoz, hogy egy hőszivattyús rendszert tervezni és méretezni tudjak, szükséges annak az ismerete, hogy az egyes pincerészekben mekkora az a rendelkezésre álló hőenergia, amit hasznosítani lehet, milyen formában, arányban és mennyiségben vannak jelen. Mivel a részletes számítások elvégzéséhez nem áll rendelkezésre megfelelő mennyiségű adat, hogy ezek az értékek a megfelelő modell felállításával meghatározhatóak legyenek, egy másik oldalról közelítettem meg a problémát. A szükséges hőenergiamennyiségeket az egyes pincerészekben uralkodó egyensúlyi hőmérsékletek értékeiből tervezem meghatározni. Ha ismert, hogy milyen egyensúlyi hőmérséklet alakul ki az ott jelenlévő hőmozgások végett, akkor azoknak a hőmozgásoknak az energiái is számíthatóvá válnak. Az épület bemutatásánál említett földfeltöltési problémák miatt a több ponton és pincerészen történő mérés nem volt kivitelezhető, ezért a B pincerész egy pontján történt az adatgyűjtés egy öt napos periódusban. Ezeknek a hőmérséklet adatoknak a begyűjtése és átlagolása utána jött ki a B pincerészben uralkodó 11,86 °C-os egyensúlyi hőmérséklet érték, amellyel a továbbiakban a számításokat végzem. Mivel a többi pincerészben az egyensúlyi hőmérséklet értékek nem voltak mérhetőek, ezért ott is ezt az értéket feltételezem és ezzel számolok, majd utána megvizsgálom, hogy a kapott eredmények alapján mennyire felel meg elméletben az ottani értékeknek és ha az eredmények alapján eltérés mutatkozik, akkor a maradék két pincerészben (A és C) meghatározható egy iterálási folyamaton keresztül az ottani egyensúlyi hőmérsékletek értéke.

A legelső és feltételezhetően a legjelentősebb hőveszteség a pinceszinten a határolószerkezetek körbevevő föld, amelynek irányába pince felől a határolószerkezeteken keresztül meg tud

indulni egy energiaáram. Továbbá hasonló energiaáramok alakulnak ki a pincszint fűtetlen légtere és az épület felsőbb, fűtött szintjei között. A pincszinten kialakuló egyensúlyi állapotokért elsősorban ez a két paraméter felelős. A jelen esetben azonban, a fűtési és HMV rendszerek nem megfelelő szigetelése miatt ezen két rendszerből származó hőveszteségek energiái is megjelennek ebben a rendszerben, mint többlet energia, amely úgyszintén befolyásolja az egyensúlyi hőmérséklet értékét. Az, hogy ez a veszteségekből adódóan itt jelentkező többlet hőenergia, valamint a többi hőforrás milyen részarányban és hogyan járul hozzá a kialakult hőmérséklethez, továbbá hogyan befolyásolja az értéket ezen hőforrások megváltozása, pl. a csövek megfelelő szigeteléssel történő ellátása, a továbbiakban fogom vizsgálni.

7.1. A pincerészekben rendelkezésre álló hasznos térfogatok értékeinek meghatározása

Ahhoz, hogy meg tudjam határozni, hogy milyen mennyiségű energiaáram alakul ki a határolószervezetek két oldalán található közegek között, ismernem kell az egyes pincerészek hasznos térfogatát, azt a tényleges levegőmennyiséget, amely ezen hőáramok fogadó és hasznosító közegéül szolgál. Ahogyan az épület bemutatása során már kitértem rá, a pincerészek (**36.ábra**) nem eredeti teljes terjedelmükben állnak rendelkezésre, azok különböző mértékű földfeltöltéssel rendelkeznek. Szerencsére a belső konzulensem által rendelkezésemre bocsátott információk alapján egy elég pontos kép alakult ki róla, hogy melyik részben milyen formában és mértékben van jelen a probléma és a teljes hasznos térfogatra ez hogyan hat ki az adott pincerészben, továbbá megállapítottam, hogy a falak és a padlószervezet vastagsága, valamint ezek rétegtrendjei hasonlóságot mutattak mindhárom vizsgált pincerészben.



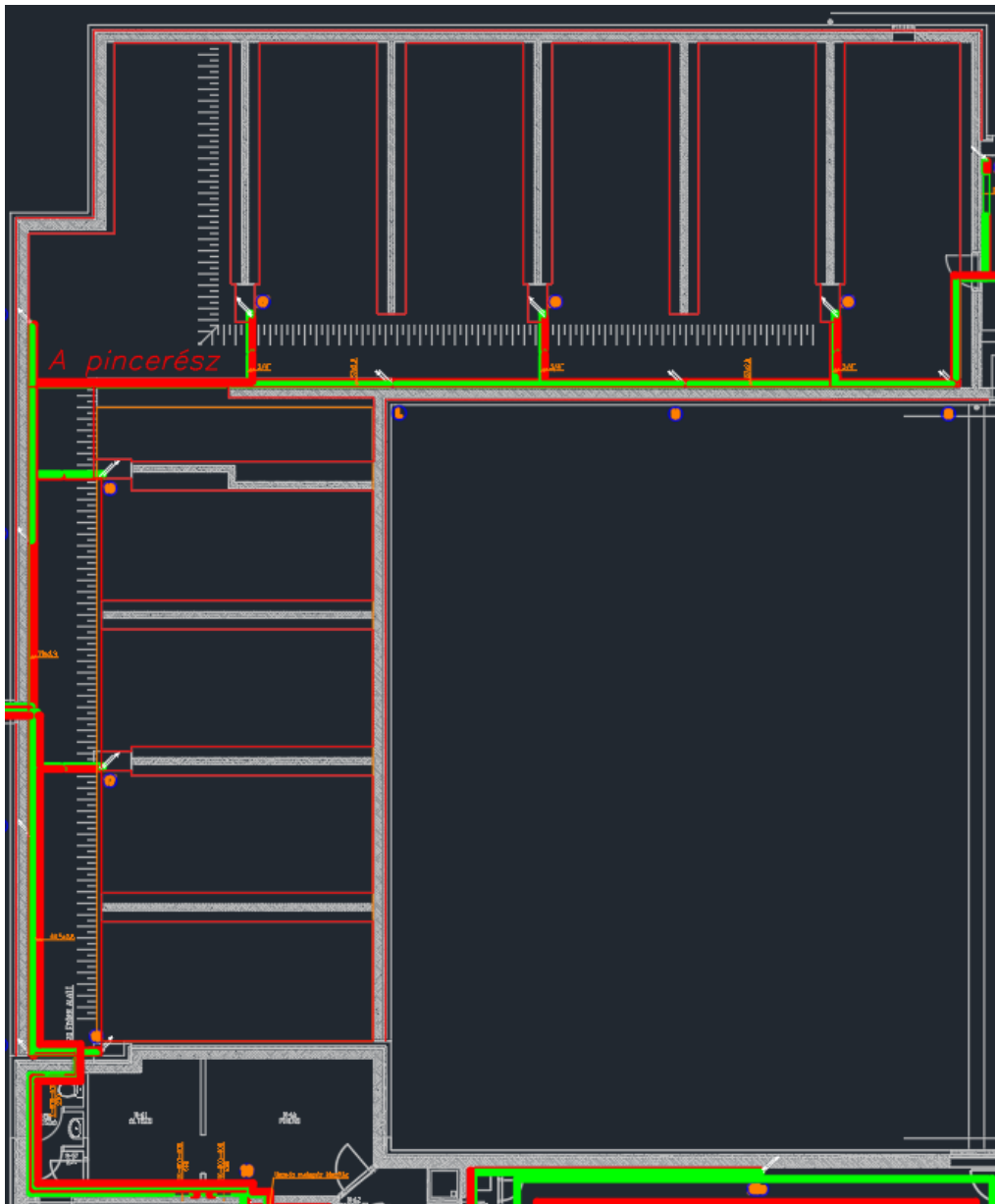
36. ábra: Az épület pinceszintjének részletrajza a három vizsgált pincerésszel

Ezen ismeretek alapján a következőkben elvégzem az egyes pincerészek hasznos térfogatainak számítását:

Az A pincerész (37.ábra), amely részletesen megtekinthető a mellékletben szereplő rajzdokumentációban, három részre volt bontható a belmagasságok alapján:

- Az első rész felülete (A_1) = 183 m²; átlagos belmagassága (h_1) = 1,5 m, valamint ezek alapján a térfogata (V_1) = 274,5 m³
- A második rész felülete (A_2) = 28 m²; átlagos belmagassága (h_2) = 3 m, valamint ezek alapján a térfogata (V_2) = 84 m³
- A harmadik rész felülete (A_3) = 100 m²; átlagos belmagassága (h_3) = 0,75 m, valamint ezek alapján a térfogata (V_3) = 75 m³

Mivel a további számításokhoz csak a hasznos térfogat érték érdekes a hasznos légmennyiség értékének ismeretéhez, így az összesített értéknél ezt tüntetem csak fel, amely az A pincerész esetében **433,5 m³**.

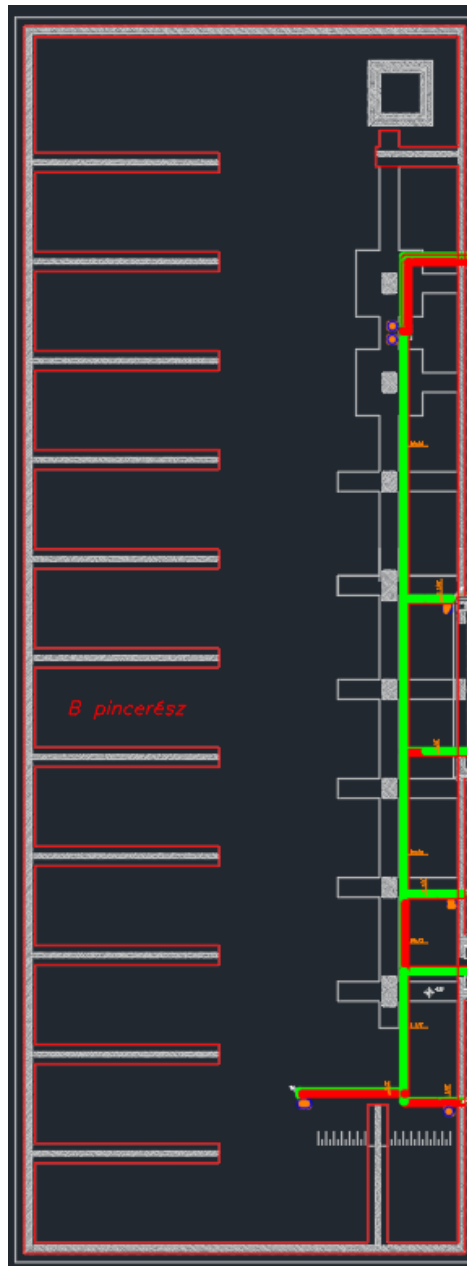


37. ábra: A pincerész

Ezek alapján a másik két pincerész térfogat értékei:

Mivel a B pincerészen (**38.ábra**), amely úgyszintén megtekinthető a mellékelt tervdokumentációban, mindenhol azonos a belmagasság, így itt csak egy rész számítása szükséges:

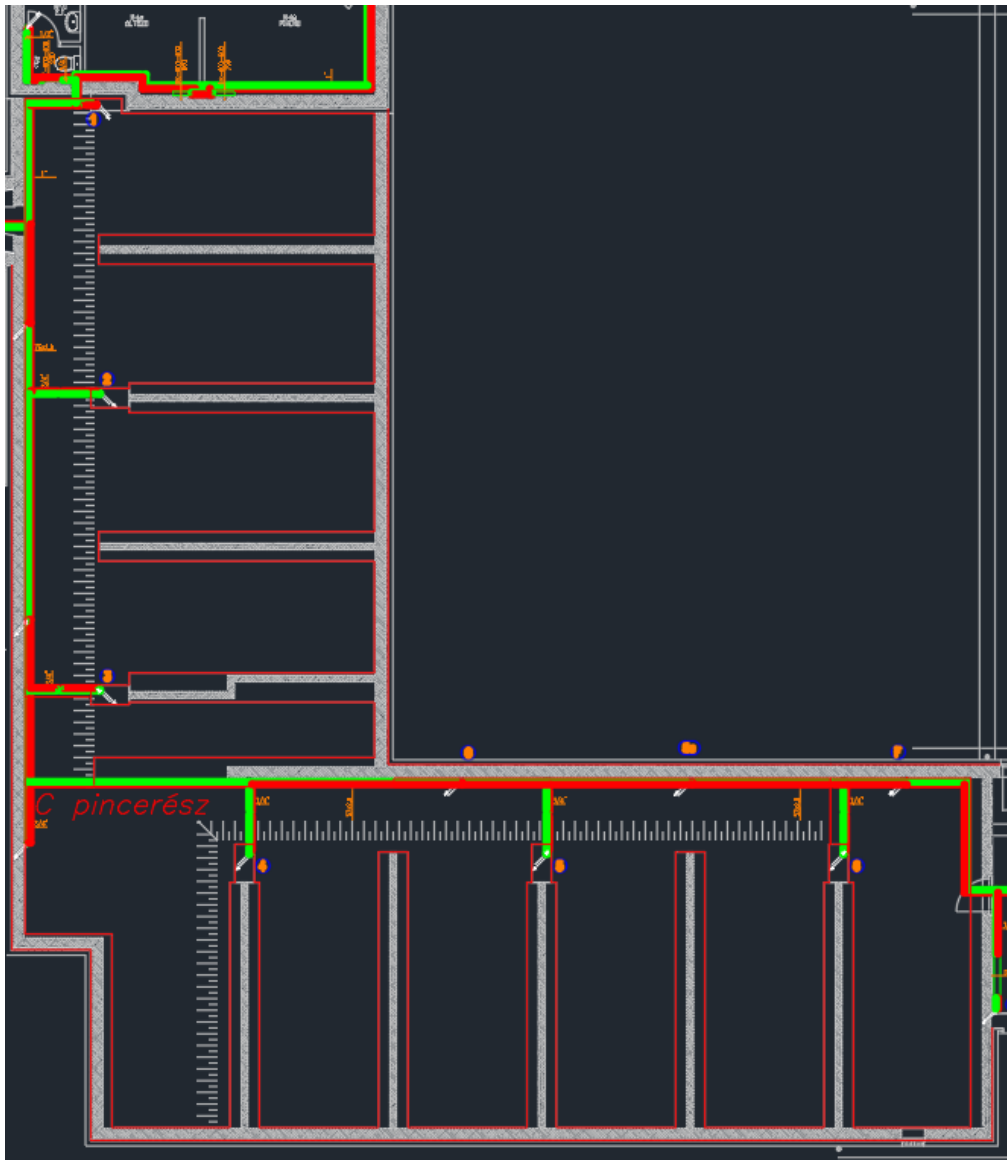
- A B pincerész felülete (A_1) = 650 m²; átlagos belmagassága (h_1) = 1,5 m, valamint ezek alapján a térfogata (V_1) = 975 m³



38. ábra: B pincerész

A C pincerész (**39.ábra**) az A pincerészhez (**37.ábra**) hasonlóan úgyszintén három részre volt bontható a belmagasságok alapján:

- Az első rész felülete (A_1) = 164 m²; átlagos belmagassága (h_1) = 1,5 m, valamint ezek alapján a térfogata (V_1) = 246 m³
- A második rész felülete (A_2) = 28 m²; átlagos belmagassága (h_2) = 3 m, valamint ezek alapján a térfogata (V_2) = 84 m³
- A harmadik rész felülete (A_3) = 115 m²; átlagos belmagassága (h_3) = 1 m, valamint ezek alapján a térfogata (V_3) = 115 m³



39. ábra: C pincerész

Mivel a további számításokhoz csak a térfogat érték érdekes a befogadható légmennyiség végett így az összesített értéknél ezt tüntetem csak fel, amely az A pincerész esetében **445 m³**.

7.2. A pincerészek energiaáramainak meghatározása

A hasznos térfogatok ismeretében meghatározhatóak azok az energiamennyiségek, amelyek az egyensúlyi hőmérséklet kialakulásáért felelősek. Ezeket az értékeket két számítás

eredményeinek összegeként tudom megkapni, ez a számítás a határolórétegeken keresztül átáramlott transzmissziós energiamennyiségek meghatározása, valamint a légmozgás által áramlott filtrációs energiamennyiségek meghatározása.

Mivel az egyensúlyi hőmérséklet a pincszint esetében ismert, már csak a környező földhőmérséklet megismerése szükséges a számítások elvégzéséhez. A földben uralkodó hőmérséklet megismerésére az OMSZ által rendelkezésre bocsátott, Pestszentlőrinc-külterület mérőállomáson -100 cm-es mélységben rögzített 2018-as adatokkal dolgozom. Ezen adatok összegyűjtése és vizsgálata, tömörítése után az alábbi táblázatot kaptam, amelyben a napi adatokat ismerve átlagoltam azokat az adott hónapokra nézve:

2018-as napi átlagos levegő és -100 cm-es hőmérséklet adatok		
Hónap	100 cm föld. átl. hőm. [°C]	Levegő átlag hőm. [°C]
Január	6,5	3
Február	5,5	0,2
Március	5,2	4,1
Április	9,9	16,5
Május	14,7	20,1
Június	17,5	20,8
Július	19,2	22,9
Augusztus	21,5	24,3
Szeptember	20,3	18,2
Október	16,8	13,9
November	13,6	7,4
December	8,3	1,3

Ezt követően a téli hónapok eredményeit átlagoltam, amelyből kijött, hogy ezen hónapok átlagos léghőmérséklete ebben az évben **1,5 °C** volt, míg az átlagos földhőmérséklet **6,77 °C**-ra jött ki. Most, hogy a külső hőmérséklet is ismert, a filtrációs és transzmissziós számítások elvégezhetőek.

A filtrációs veszteségek számításánál, tekintve, hogy zárt pincéről van szó, légcseréről, illetve légmozgásról nagyon minimálisan beszélhetünk, értékük szinte elhanyagolható, így valószínűsíthetőleg a filtrációs veszteségek értékei is hasonlóan minimálisak lesznek.

Filtrációs veszteség [W]							
Épületrész	n [l/h]	V [m3]	c [J/kgK]	ρ [kg/m3]	tb [°C]	tk [°C]	Qf [W]
A	0,1	433,5	1009	1,235	11,86	6,766667	77
B	0,1	975	1009	1,235	11,86	6,766667	172
C	0,1	445	1009	1,235	11,86	6,766667	79

A táblázatban szereplő számított adatok alapján látható, hogy valóban minimálisan befolyásolja a filtráció a pince helyiségében történő energiamozgásokat. A pincerész határolószervezetein a transzmissziós veszteségek számításának értékei:

Transzmissziós veszteség A pincerész [W]					
Padló szerkezet: vasbeton	A lehülő [m ²]	U [W/m ² K]	tb [°C]	tk [°C]	QtA [W]
	311	2,775	11,86	6,766667	-4396
Külső fal: vasbeton	A lehülő [m ²]	U [W/m ² K]	tb [°C]	tk [°C]	QtA [W]
	132,96615	2,255	11,86	6,766667	-1528
Összes					-5923

Transzmissziós veszteség B pincerész [W]					
Padló szerkezet: vasbeton	A lehülő [m ²]	U [W/m ² K]	tb [°C]	tk [°C]	QtB [W]
	650	2,775	11,86	6,766667	-9188
Külső fal: vasbeton	A lehülő [m ²]	U [W/m ² K]	tb [°C]	tk [°C]	QtA [W]
	168,5928	2,255	11,86	6,766667	-1937
Összes					-11124

Transzmissziós veszteség C pincerész [W]					
Padló szerkezet: vasbeton	A lehülő [m ²]	U [W/m ² K]	tb [°C]	tk [°C]	QtC [W]
	307	2,775	11,86	6,766667	-4340
Külső fal: vasbeton	A lehülő [m ²]	U [W/m ² K]	tb [°C]	tk [°C]	QtA [W]
	130,2193	2,255	11,86	6,766667	-1496
Összes					-5835

8. A csövek hőveszteségszámításához a kezdeti értékek meghatározása

Az egyensúlyi hőmérséklet kialakulásához szükséges energiamennyiségek ismeretében a következőkben a pinceszinten futó különböző szakágak csővezetékeiből származó hőveszteségek értékeit határozom meg, hogy azok ismeretében meg tudjam vizsgálni, hogy azok hogyan és miként befolyásolják a kialakult egyensúlyi hőmérsékletet, továbbá, hogy jelenlétük a jelenlegi formájukban érdemben tudja-e egyáltalán befolyásolni a pince aktuális klímáját.

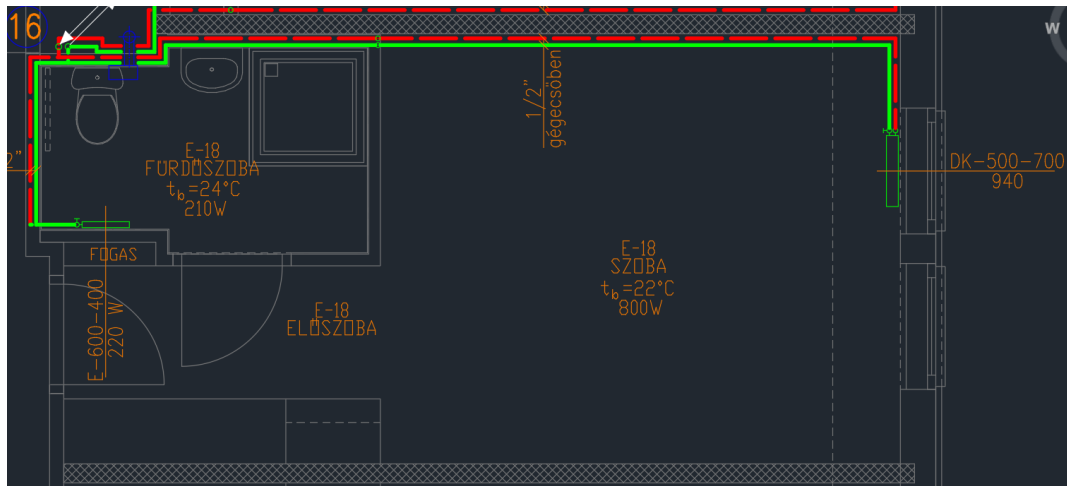
Amint a bevezetőben is említésre került, az épületről rendelkezésre álló információk, amelyek alapján el lehetne indulni és az elméleti modellt felállítani, továbbá számításokat végezni, nem állnak megfelelő mennyiségben rendelkezésre. Ezeket az információkat emiatt, ha adott a lehetőség, a helyszínen történő felmérés során kell személyesen végzett mérésekkel begyűjteni, vagy ha ez nem lehetséges, akkor azokat a rendelkezésre álló információk alapján viszonyítással és következtetéssel kell meghatározni, hogy a számítások elvégezhetőek legyenek.

Mivel az első konzultációk során dr. Hermanucz Péter beszámolója alapján kiderült, hogy a pinceszinten az ismeretlen eredetű és helyenként változó mértékű földfeltöltések következtében szűkös a hely és kiépített világítás sem áll rendelkezésre, a felmérés és mérések csak nehezen és lassan elvégezhetőek, továbbá ezen mérések a pontos eredmények elérésének érdekében

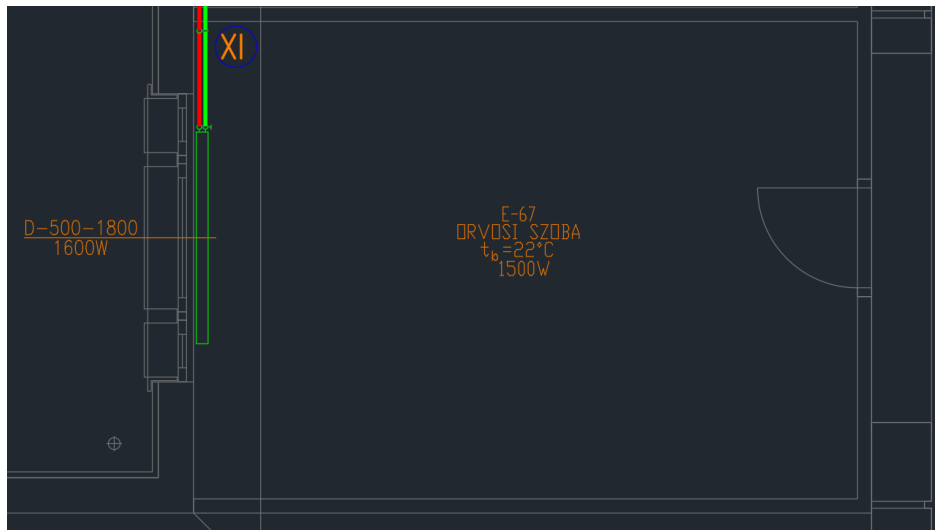
hosszabb időt vesznek igénybe. Emiatt a folyamatos haladás érdekében, valamint a kíváncsiságtól vezérelve elhatároztam, hogy a kiindulási értékek meghatározását az előző bekezdésben említett viszonyítás és következtetés módszereivel végzem el, amely a későbbiekben, a mérési adatok megismerése után jó viszonyítási alapot fog képezni, mint ellenőrzést szolgáló érték.

Kiindulásként a rendelkezésre álló fűtési és HMV rendszerek nyomvonalait ábrázoló tervdokumentációt vettem szemügyre, amely alapján kiderült, hogy a fűtési előremenő és visszatérő vezetékek, továbbá a HMV és a cirkulációs vezetékek egy főaknán keresztül érkeznek az első épületrész padlásszintjén található gépészeti helyiségből a pinceszintre és ott két, nagyjából szimmetrikus főágra bontva jutnak el az épület további részeihez. A konzultációk során kiderült továbbá, hogy az épület hő és HMV ellátásáért 3db atmoszférikus gázkazán felelős, amelyek a padlásszinten elhelyezett gépészeti helyiségben találhatóak és összesen megközelítőleg 450 kW teljesítménnyel rendelkeznek. Ezek állandó magas hőmérsékleten üzemelnek, továbbá megfigyelések alapján a fűtési idényben majdnem mindig maximális kapacitással. Ennek több oka is lehet, amely pontos információk hiányában nehezen behatárolható, de a lehetséges okok között van, hogy a rendszer nem rendelkezik külső hőmérsékletfüggő vezérléssel vagy a beszabályozása nem megfelelően lett elvégezve és ebből adódóan a rendszer ellenállása túl nagy, aminek következtében a fűtési rendszerben a hőenergia az épület hátsó részeibe már nem megfelelően jut el, amelyet a rendszer túlműködéssel próbál kompenzálni.

Mivel a tervdokumentációkon a nyomvonalakon kívül az egyes csövek anyaga és méretei, továbbá az egyes végpontokként szolgáló helyiségekben a fűtési hőszükségletek, az ezen hőszükségletek kielégítésére választott hőleadók, valamint a méretezéshez használt hőmérséklet is feltüntetésre kerültek, ezért úgy döntöttem, hogy a feladat kezdeti értékeiként az alkalmazott hőfoklépcsőt és annak ismeretében a fűtési rendszer előremenő és visszatérő hőmérsékletét próbálom meg kikövetkeztetni az eredeti méretezések alapján. Kiindulásként a rendelkezésre álló adatok alapján a tervdokumentációból választottam kettő darab helyiséget, amelyek adatai alapján a következtetéseken alapuló meghatározásokat elvégzem. Ezáltal a két eredmény egymással összevethető lesz és kiderül, hogy az alkalmazott módszer megfelelő-e, mivel a méretezés során alkalmazott hőfoklépcső, előremenő és visszatérő fűtési hőmérsékletek a méretezés folyamán állandónak tekinthetőek, ezáltal, ha a végeredmények eltérőek, akkor a számítási módszerben hiba található és a használatra nem alkalmas, más módszert kell keresni. A két választott szoba a rajzon E-18-as, valamint E-67-es jelöléssel szerepel. A terveken szereplő információk alapján látható, hogy az E-18-as szoba esetében (**40.ábra**) a helyiség fűtési hőszükséglete 800W-ra jön ki 22 °C-os méretezési hőmérséklet mellett, amely értékek az E-67-es helyiség esetében (**41.ábra**) 1500W úgyszintén 22 °C-os méretezési hőmérséklet mellett.



40. ábra: Az E-18-as szoba adatokkal



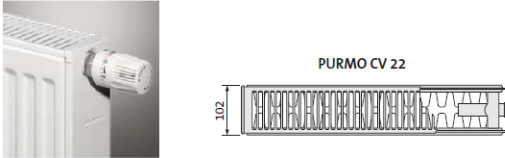
41. ábra: Az E-67-es orvosi szoba adatokkal

Következő lépésként a rajzokon feltüntetett hőleadók típusai alapján megkerestem a választott hőleadókat. A keresés eredményeként kiderült, hogy az alkalmazott hőleadók mindkét helyiség esetében, ezáltal feltételezhetően az épület többi részében is, a Purmo DK termékcsaládba tartoznak, így már csak a rendelkezésre álló katalógusokból meg kellett keressem azokat a hőleadókat, amelyek az eredeti méretezés alapján a szükséges fűtési teljesítmény leadására képesek.

A **40.ábra** alapján látható, hogy az E-18-as helyiség esetében egy 500/700-as lapradiátor szerepel 940 W névleges fűtési teljesítménnyel. Ezután már csak meg kellett keressem a katalógusban a hasonló paraméterekkel rendelkező hőleadót és a feltüntetett paraméterek alapján a méretezéshez választott hőfoklépcső megismerhetővé válik.

Az E-18-as helyiség esetén, a tervdokumentációban szereplő hőleadó paraméterek alapján a katalógusból a hőleadót visszakeresve (**42.ábra**) 1029 W-os fűtési teljesítmény adódik, 75 °C/55 °C-os előremenő és visszatérő hőmérséklet és 20 °C-os hőfoklépcső alkalmazása mellett.

Látható, hogy a választott hőleadó rendelkezik fűtési teljesítménytartalékkal, mivel a katalógusban szereplő fűtési teljesítménye magasabb, mint a helyiség fűtési hőszükséglete.

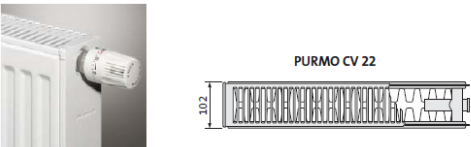


MEGRENDÉLÉS
PÉ
rövidít
típus
magas
hossz

hossz [mm]	paraméterek $t_z / t_p / t_i$	magasság [mm]		
		300	450	500
400	75/65/20°C	384	539	588
	55/45/20°C	195	272	296
500	75/65/20°C	481	674	735
	55/45/20°C	244	340	370
600	75/65/20°C	577	808	882
	55/45/20°C	293	408	444
700	75/65/20°C	673	943	1 029
	55/45/20°C	342	476	518

42. ábra: Purmo DK-500-700/940-es radiátor katalógus adatai

Ugyanezen vizsgálat eredménye az E-67-as helyiségnél (41.ábra), a helyiségben alkalmazott Purmo DK 1800/1600-as lapradiátor esetében a katalógusból visszakeresve (43.ábra) üzgszintén 20 °C-os hőfoklépcső adódott 75 °C/55 °C-os előremenő és visszatérő hőmérséklettel, 2646 W fűtési teljesítmény mellett, amely megint jelentős tartalékot jelent a helyiség 1500 W-os hőszükséglete mellé.



MEGRENDÉLÉS
PÉ
rövidít
típus
magas
hossz

hossz [mm]	paraméterek $t_z / t_p / t_i$	magasság [mm]		
		300	450	500
400	75/65/20°C	384	539	588
	55/45/20°C	195	272	296
500	75/65/20°C	481	674	735
	55/45/20°C	244	340	370
600	75/65/20°C	577	808	882
	55/45/20°C	293	408	444
700	75/65/20°C	673	943	1 029
	55/45/20°C	342	476	518
800	75/65/20°C	769	1 078	1 176
	55/45/20°C	391	544	592
900	75/65/20°C	865	1 212	1 323
	55/45/20°C	440	612	666
1000	75/65/20°C	961	1 347	1 470
	55/45/20°C	488	680	740
1100	75/65/20°C	1 057	1 482	1 617
	55/45/20°C	537	748	814
1200	75/65/20°C	1 153	1 616	1 764
	55/45/20°C	586	816	888
1400	75/65/20°C	1 345	1 886	2 058
	55/45/20°C	684	952	1037
1600	75/65/20°C	1 538	2 155	2 352
	55/45/20°C	781	1088	1185
1800	75/65/20°C	1 730	2 425	2 646
	55/45/20°C	879	1224	1333

43. ábra: Purmo DK-500-1800/1600-as radiátor katalógus adatai

Mivel mindkét kapott eredménynél megegyezik az előremenő és visszatérő hőmérséklet, valamint az alkalmazott hőfoklépcső, továbbá a kapott eredmények reálisnak tűnnek a teljesítmények tekintetében, az alkalmazott következtetések pontosnak bizonyultak.

Azonban a vizsgálatok végére jutva dr. Hermanucz Péter mérések és diagnosztika segítségével sikeresen felmérte a jelenlegi rendszerállapotokat és kiderült, hogy az előremenő és visszatérő közegek hőmérséklete $65\text{ °C}/55\text{ °C}$, 10 °C -os hőfoklépcső mellett. Ezen új adatok ismeretében is kijelenthető, hogy az általam elvégzett következtetésen alapuló számítások eredményei megállják a helyüket, azok reálisnak tekinthetők a rendelkezésre álló mennyiségű és minőségű információ tekintetében, viszont a pontosabb eredmények elérésének érdekében a továbbiakban a reális értékek felhasználása mellett döntöttem.

A későbbi vizsgálataim másik fontos részegységét a HMV rendszer csővezetékei képzik, amely csővezetékek a HMV csővezeték, valamint a cirkulációt biztosító csővezeték. Sajnos a fűtési rendszerhez hasonlóan előzetes információk ezekhez a csövekhez sem álltak rendelkezésre és mivel a tervdokumentációkon sem szerepel semmiféle adat a csövek anyagát és méreteit leszámítva, így a következtetés módszerét sem tudom alkalmazni a jelen esetben.

Azonban a fűtési rendszerhez hasonlóan dr. Hermanucz Péter a felmérések során a HMV rendszeren is végzett méréseket, így arról is rendelkezésre állnak adatok. Ezen adatok alapján a HMV hőmérsékletére 50 °C körüli érték adódott, míg a cirkulációs hőmérséklet 40 °C körüli értéket mutatott.

Fontos további információ, amely úgyszintén az elvégzett felmérés során derült ki, hogy az összes csővezetéken egységesen, megközelítőleg 9 mm -es polietilén szigetelés található, szakágtól függetlenül.

A pinceszint felmérése és a mérések elvégzése során a csőköteg nyomvonala ugyan nagyjából jól felmérhető volt, azonban ennek ellenére is sok olyan hely maradt, amelyek felmérése nehézkes vagy az elhelyezkedésből adódó hozzáférhetetlenség miatt lehetetlen volt. Emiatt a pontos csőhossz adatok mérések alapján sajnos nem állnak rendelkezésre, ezeket csak a meglévő, rendelkezésre álló tervdokumentációk alapján, az azokon szereplő nyomvonalak hosszának leméréseivel tudom megbecsülni, így ezeket fogom alkalmazni a számítások során.

9. Hőveszteség értékeinek meghatározása

9.1. Hőveszteségi érték meghatározásának elmélete

Mivel ezek után minden, a csövek tulajdonságaira vonatkozó eddig ismeretlen adat a rendelkezésemre áll, meg tudom kezdeni az egyes szakaszok veszteségeinek számítását, valamint ezek ismeretében az egyes szakaszokon eső hőmérsékletcsökkenést és a szakaszok végén a csökkent hőmérsékletek értékét is.

A számítás során a következő paramétereket veszem figyelembe:

- A csővel érintkező légtér hőmérsékletét állandónak veszem a cső környezetében, amely hőmérsékletet a helyszínen végzett mérések alapján $11,86\text{ °C}$ -ban határozok meg.

- Az egyes szakágak csővezetékeit kétrétegű csőnek tekintem a csöveken található szigetelési réteg miatt.

A hőátadásnak három formája létezik: hővezetés, hőszugárzás és hőátadás. A valóságban, így a jelen esetben is a hőközlés mindhárom formája egyszerre van jelen. Az összetett hőátvitel számítása a következő képlettel történik:

$$Q = U * A * (t_1 - t_2)$$

Ahol: Q = az átadott hőteljesítmény [W]; U = az összetett hőátviteli tényező [W/m^2K]; A = a hőátadás felülete [m^2]; t_1 = a kiinduló közeg hőmérséklete [$^{\circ}C$]; t_2 = a fogadó közeg hőmérséklete [$^{\circ}C$].

A következőkben vizsgáljuk meg az U értékének kiszámítását általános esetben és a konkrét esetben hengeres csövekre. Az eredeti képlet így néz ki síkfelületek esetében:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_e} + \sum \frac{d}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_i}} \left[\frac{W}{m^2K} \right]$$

Mivel jelen esetben a hőátadó testek nem sík objektumok, hanem hengerek, így a csövekre vonatkozó paraméterekkel egészítem ki a képletet, figyelembe véve a cső belső és külső felületének eltérő paramétereit, amellyel a következő módosított formulát kapom:

$$U = \frac{1}{\frac{r_3}{r_1 * h_i} + \frac{r_3 \ln \frac{r_2}{r_1}}{\lambda_1} + \frac{r_3 \ln \frac{r_3}{r_2}}{\lambda_2} + \frac{1}{h_o}} \left[\frac{W}{m^2K} \right]$$

Ahol: U = a hőátbocsátási tényező [W/m^2K]; r_1 = a cső belső sugara [mm]; r_2 = a cső külső sugara [mm]; r_3 = a cső és szigetelés külső sugara [mm]; λ_1 = a cső hővezetési tényezője [W/mK]; λ_2 = a szigetelés hővezetési tényezője [W/mK]; h_0 = a cső külső felületének hőátbocsátási tényezője [W/m^2K]; h_i = a hővezető közeg hőátbocsátási tényezője a csőben [W/m^2K].

9.2. Az első szakasz értékének meghatározása

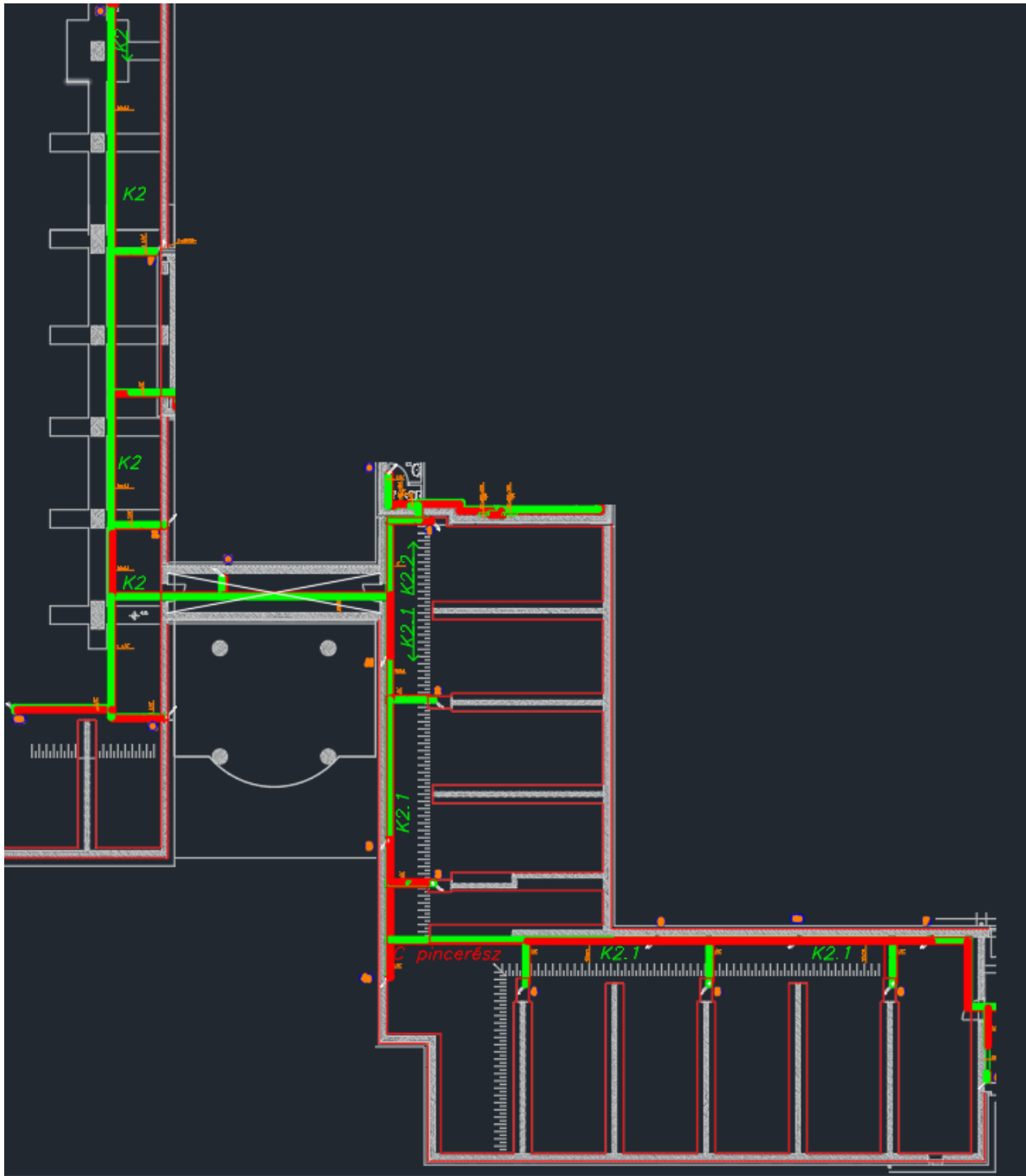
A képlet ismeretében az egyes szakágak szakaszainak hőveszteségei meghatározhatóak. Mivel az épületben a fűtési és HMV készítéshez szükséges víz előállításáért 3db atmoszférikus kazán felel, egyenként ~150 kW teljesítménnyel, így a hőveszteség vizsgálatoknál a teljes rendszert ezen ismeret alapján 3 részre osztottam fel:

- K1-es fűtési (Kör1) (**44.ábra**), amely a pincszinten keresztül az épület északi oldalát látja el fűtési melegvízzel,
- K2-es fűtési (Kör2) (**45.ábra**) kazánrész, amely a pincszinten keresztül az épület déli oldalát látja el fűtési melegvízzel,

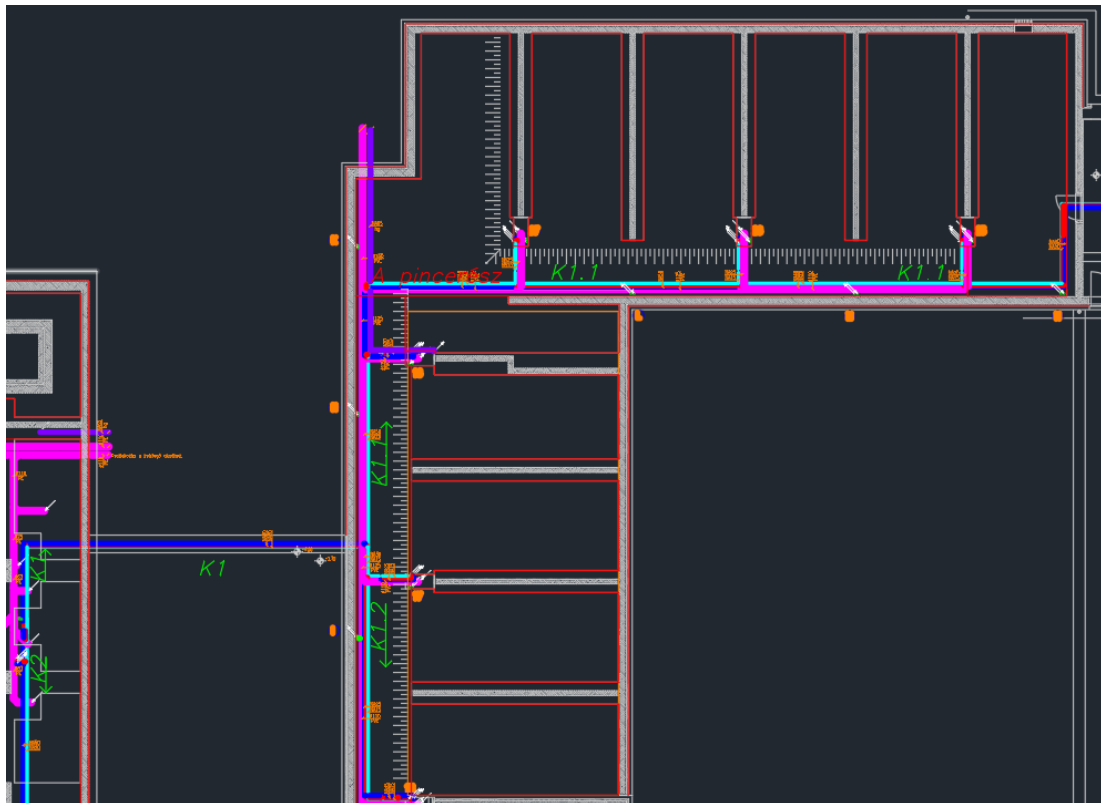
- valamint a K1/K2-es HMV (Kör1/Kör2) (46.ábra, 47.ábra) rész, amely a teljes épületen belül szolgáltatja a használati melegvizet.



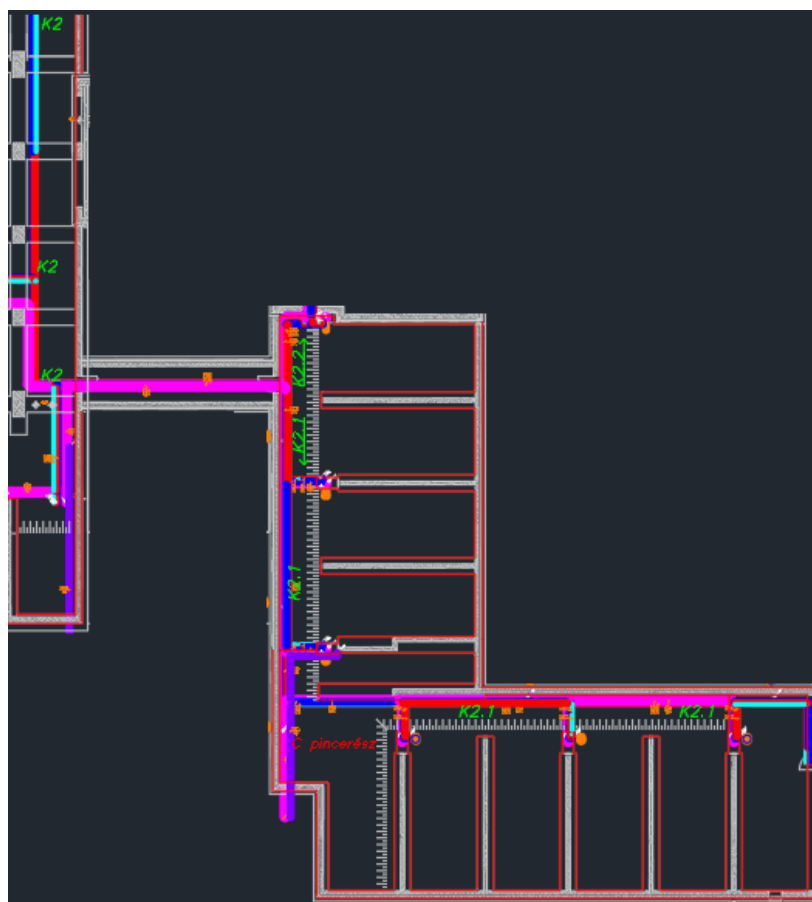
44. ábra: A K1-es fűtési kör nyomvonalá



45. ábra: A K2-es fűtési kör nyomvonalja



46. ábra: K1-es HMV kör nyomvonalja



47. ábra: K2-es HMV kör nyomvonalja

A teljes hőveszteség számítását a K1-es résszel kezdem. A kör egyes szakaszai a következők:

Fűtési cső DN80: előremenő: 15 m, visszatérő: 15 m;

Fűtési cső DN65: előremenő: 50 m, visszatérő: 50 m;

Fűtési cső DN50: előremenő: 22 m, visszatérő: 22 m;

Fűtési cső DN20: előremenő: 5 m, visszatérő: 5 m;

A hőveszteség értékének számítása a K1-es szakasz DN80-as előremenő fűtési csövének esetében:

A csőre vonatkozó adatok:

A csőben futó fluidum hőmérséklete $t_1 = 65 \text{ }^\circ\text{C}$,

A környezet hőmérséklete $t_2 = 11,86 \text{ }^\circ\text{C}$,

A cső belső sugara $r_1 = 41,25 \text{ mm}$,

A cső külső sugara $r_2 = 44,45 \text{ mm}$,

A szigetelt cső külső sugara $r_3 = 53,45 \text{ mm}$,

A cső hossza $h = 15 \text{ m}$,

Az acélcső hővezetési tényezője $\lambda_1 = 50 \text{ W/mK}$,

A polietilén szigetelés hővezetési tényezője $\lambda_2 = 0,35 \text{ W/mK}$ [M. A. Mihejev], amelynek a vastagságát továbbá egységesen 9 mm vastagságúra feltételezem a felmérések alapján.

Látható, hogy két adat kivételével az összes adat ismert:

$$U = \frac{1}{\frac{r_3}{r_1 * h_i} + \frac{r_3 \ln \frac{r_2}{r_1}}{\lambda_1} + \frac{r_3 \ln \frac{r_3}{r_2}}{\lambda_2} + \frac{1}{h_o}}$$

Ez a két adat pedig a két felület hőátbocsátási tényezője (h_0 , h_1). A cső belső felületének (a csőben áramló közegnek) a hőátbocsátási tényezője (h_i) értékének meghatározásával kezdem. A csőben áramló közeg szakágtól függetlenül minden esetben normális. Ahhoz, hogy meghatározható legyen a víz hőátbocsátási tényezője ismerünk kell az adott tulajdonságú vízhez tartozó Nusselt számot (Nu):

$$Nu = \frac{h_i * D}{\lambda_{\text{víz}}}$$

Ahol: Nu = a Nusselt szám [-]; h_i = a hővezető közeg hőátbocsátási tényezője a csőben [$\text{W/m}^2\text{K}$]; D = a cső belső átmérője [m]; $\lambda_{\text{víz}}$ = a víz hővezető képessége [W/mK].

A Nusselt szám átrendezésével megkapjuk a meghatározandó h_i hőátbocsátási tényezőt a következők szerint:

$$h_i = \frac{\lambda_{\text{víz}} * Nu}{D}$$

A Nusselt szám meghatározását a Dittus – Boelter összefüggés segítségével végzem:

$$Nu = 0,023 * Re^{0,8} * Pr^n$$

Ahol: Nu = a Nusselt szám [-]; Re = a Reynolds szám [-]; Pr = Prandtl szám [-]; n = a cső és közeg hőmérsékletei közötti összefüggési tényező. Ahol: $n = 0,4$, ha az áramló közeg fűtve van a csőben (a cső hőmérséklete magasabb, mint a benne áramló közegé), $0,3$, ha az áramló közeg hűtve van (a cső hőmérséklete alacsonyabb, mint a benne áramló közegé). Az összefüggés akkor alkalmazható, ha a Reynolds-szám értéke nagyobb mint 10000 ($Re > 10^4$), vagyis a közeg áramlása turbulens ($Re > 4000$), a Prandtl-szám értéke $0,7$ és 100 közé esik ($0,7 < Pr < 100$), valamint, ha a cső hossz és átmérő aránya nagyobb mint 50 ($l/d > 50$).

A következő feladat a Reynolds-szám és a Prandtl-szám meghatározása. A Reynolds-szám:

$$Re = \frac{\rho * u * d_h}{\mu}$$

Ahol: Re = a Reynolds-szám [-]; ρ = a víz sűrűsége [kg/m^3]; u = a víz áramlási sebessége a csőben [m/s]; d_h = hidraulikus átmérő [m]; μ = a víz dinamikus viszkozitása [kg/ms].

Végül pedig a Prandtl-szám meghatározása:

$$Pr = \frac{\mu * C_p}{\kappa}$$

Ahol: Pr = a Prandtl-szám [-]; μ = a víz abszolút dinamikus viszkozitása [kg/ms]; C_p = a víz fajhője [J/kgK]; κ = a víz hőátvezetési tényezője [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$].

Ezek után a Nusselt szám meghatározható. Így első lépésként a számításokat a fűtési víz paramétereinek meghatározásával kezdem. A víz hőmérséklete jelen esetben a fűtési előremenő csöveknél kb. $65\text{ }^\circ\text{C}$. Mivel a fűtési rendszerben uralkodó pontos nyomás nem ismert, ezért a szakirodalomban általánosságban elfogadott 2 és 3 bar közötti értékek ismeretében 2 barral számolok, mivel $1,5$ bar alatt jelentősen megnő a kavitáció kialakulásának a lehetősége. A vízre jellemző paraméterek ezen a hőfokon és nyomáson a következőképpen alakulnak:

- A víz fajhője: $C_{p65} = 4185,2$ [J/kgK],
- A víz abszolút dinamikus viszkozitása: $\mu_{65} = 0,00043$ [kg/ms],
- A víz hőátvezetési tényezője: $\kappa_{65} = 0,659$ [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$],
- A víz sűrűsége: $\rho_{65} = 980,56$ [kg/m^3].

A maradék két ismeretlen adat, a hidraulikus átmérő és a víz áramlási sebességének értéke a korlátozott mérési lehetőségek, valamint információk hiányában becsült értékeként kerülnek felvételre a nyomás értékéhez hasonlóan. Ezek alapján:

- A víz áramlási sebessége a csőben: Ezen érték meghatározásához első lépésként szükséges a fűtési rendszerben áramló közeg térfogatárama:

$$\dot{V} = 3,6 * \frac{\dot{Q}}{c * 0,001 * \Delta t}$$

- o Ahol: \dot{V} = A víz térfogatárama [m^3/h]; \dot{Q} = Fűtési telj. [kW]; c = A víz fajhője [J/KgK]; Δt = A hőmérsékletkülönbség [K]. Ezek alapján a térfogatáram:

$$\dot{V} = 3,6 * \frac{150}{4183 * 0,001 * 10} = \mathbf{12,9} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]$$

- o A térfogatáram ismeretében a víz áramlási sebessége meghatározható:

$$v = \frac{4 * \dot{Q}}{\pi * d^2} * \frac{1000}{3,6}$$

- o Ahol: v = a víz áramlási sebessége [m/s]; \dot{Q} = a víz térfogatárama [m^3/h]; d = a névleges csőátmérő [mm]. Ezek alapján:

$$v = \frac{4 * 12,9}{\pi * 89^2} * \frac{1000}{3,6} = \mathbf{0,576} \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

- o Amely áramlási sebesség értéket a továbbiakban az számítás módszer miatt állandóan feltételezek.

- A hidraulikus átmérő: $d_h = d_i = 2r_i = 82,6 \text{ [mm]} = 0,0826 \text{ [m]}$

Első lépésként a Prandtl-szám meghatározása:

$$Pr = \frac{\mu * C_p}{\kappa} = \frac{0,00043 * 4185,2}{0,659} = \mathbf{2,751} [-]$$

Az érték 0,7 és 100 közé esik, így az összefüggés az alkalmazhatóságnak megfelel.

A Prandtl-szám ismeretében a Reynolds-szám is meghatározható:

$$Re = \frac{\rho * u * d_h}{\mu} = \frac{980,56 * 0,576 * 0,0826}{0,00043} = \mathbf{107698,1} [-]$$

Mivel az érték nagyságrendekkel meghaladja a szükséges $Re > 10^4$ minimum határértéket, így ez is megfelel az alkalmazhatóság feltételének.

A Reynolds-, és Prandtl-számok ismeretében a Nusselt szám számítható:

$$Nu = 0,023 * Re^{0,8} * Pr^n = 0,023 * 107698,1^{0,8} * 2,751^{0,3} = \mathbf{330,65} [-]$$

A Nusselt szám ismeretében a víz hőátbocsátási tényezője meghatározható:

$$Nu = \frac{h_i * D}{\lambda_{\text{víz}}} \Rightarrow h_i = \frac{\lambda_{\text{víz}} * Nu}{D} = \frac{0,659 * 897,4481}{0,0825} = 2638 \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} \right]$$

A szakirodalomban meghatározott érték a víz hőátbocsátási tényezőjére, csőben történő kényszeráramlás esetében 100 – 15000 W/m²K, így az érték megfelelő. Továbbá mivel a képlet csak a l/d > 50 feltétel esetében teljesül, az adott csőátmérő estében (89 mm), minimum 4,5 m csőhossz esetében alkalmazható. A vizsgált szakasz ebben az esetben 32 m, így a feltétel teljesül.

A továbbiakban h₀ érték értékét határozom meg. A cső külső felületének hőátbocsátási tényezőjének értéke egy konvekciós (h_c) és egy radiációs (h_r) részből épül fel (h₀ = h_c + h_r).

A radiációs (h_r) rész meghatározásával. Mivel a csövek viszonylag közel helyezkednek el egymáshoz, valamint szigeteléssel rendelkeznek, ezért valószínűsíthető, hogy a sugárzással átadott hőenergia a szigetelés felszínén alacsony lesz, emiatt az értékét 1 W/m²K-re veszem fel, így h_r = 1 W/m²K.

A kondukciós (h_c) hőátbocsátási rész meghatározása már kicsit bonyolultabb, több paramétert kell figyelembe venni, de végső soron ez a környezetben jelenlévő szélhatáson alapul, vagyis, ha a cső olyan környezetben helyezkedik el, ahol légmozgás, szél is jelen lehet. Mivel viszont a jelen esetben a csőköteg egy pincében helyezkedik el, amely a környezettől ilyen módon elzárt rendszernek tekinthető, szélhatás, ha csak nem mesterséges szellőztetés mellett, általánosságban nem jelentkezik, a légmozgás nagyon minimális, nagyjából elhanyagolható. A számítása a következő összefüggéssel történik:

$$h_c = \frac{8,6 * c * G^{0,6}}{L_o^{0,4}}$$

Ahol: h_c = a kondukciós hőátbocsátási tényező [W/m²K]; c = a levegő fajhője (11,86 °C-on): 1,013 kJ/kgK; G = a levegő tömegáramlási sebessége [kg/m²s]; L₀ = az egységnyi csőhossz [m].

Mivel az egyedüli ismeretlen tényező a képletben a levegő tömegáramlási sebessége, így a következőben ezt határozom meg. A tömegáramlási sebesség számításához használt képlet a következő:

$$G = \rho * v$$

Ahol: G = a levegő tömegáramlási sebessége [kg/m²s]; ρ = a levegő sűrűsége (11,86 °C-on): 1,217 kg/m³; v = a szélesebesség [m/s].

Ezen értékek közül a számításhoz egyedül a szélesebesség nem ismert. A szélesebesség meghatározásának egyik módszere lehet a megfigyelésen, érzeten alapuló megfigyelés, amelynek az egyik jó eszköze a Beaufort skála, amely egy módszert és lehetőséget ad az átlagos szélesebességek értékeinek szóban történő kifejezésére. A skála legelső és legalacsonyabb

besorolása a „nyugodt”, amelynél a definíció szerint a kéményekből a füst egyenesen felfelé száll, valamint a fákon nem figyelhető meg a légmozgás által generált semmiféle mozgás (levél, ág stb.). Ezen skála mellé párosított légsebesség érték a <1 km/h (0,2778 m/s). Ha ezt összevetem a tapasztalati értékekkel, amely természetes szellőztetésű helyiségekre 0,2 – 1 m/s sebességet jelent, így ez az érték teljesen megfelelőnek tekinthető a számításhoz.

Mivel így az összes szükséges adat rendelkezésre áll, a konduktív hőátbocsátási tényező kiszámítható. Elsőként visszafelé haladva a levegő tömegáramlási sebességét határozom meg:

$$G = \rho * v = 1,217 * 0,2778 = \mathbf{0,34} \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^2\text{s}} \right]$$

Ezt követően a konduktív hőátbocsátási tényező meghatározható, amely érték a szakirodalomban szabad konvekciós levegő esetén 2,5 – 25 W/m²K tartományban mozog [Philip Kosky és társai, 2013]:

$$h_c = \frac{8,6 * c * G^{0,6}}{L_o^{0,4}} = \frac{8,6 * 1,013 * 0,338056^{0,6}}{1^{0,4}} = \mathbf{4,55} \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} \right]$$

Az érték alapján az alap feltételezés, miszerint az érték elhanyagolható beigazolódott, így a cső külső felületének hőátbocsátási tényezője (h_o) értéke összesen: **h_o = h_r + h_c = 1 + 4,55 = 5,55** W/m²K lesz.

Most már minden szükséges információ rendelkezésre áll, a fűtési előremenő cső hőveszteségi tényezője meghatározható:

$$U = \frac{1}{\frac{r_3}{r_1 * h_i} + \frac{r_3 \ln \frac{r_2}{r_1}}{\lambda_1} + \frac{r_3 \ln \frac{r_3}{r_2}}{\lambda_2} + \frac{1}{h_o}} =$$

$$= \frac{1}{\frac{0,0535}{0,04125 * 2638,05} + \frac{0,0535 * \ln_{0,04125}^{0,0445}}{50} + \frac{0,0535 * \ln_{0,0445}^{0,0535}}{0,35} + \frac{1}{5,55}} =$$

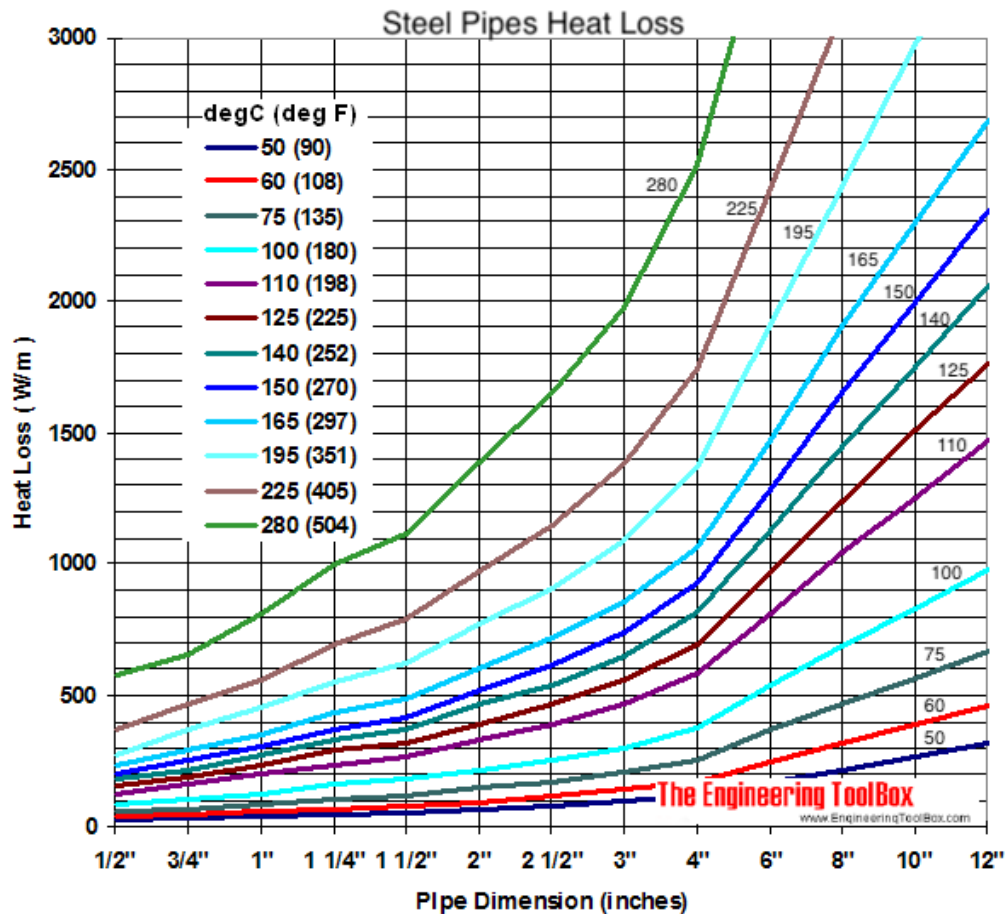
$$= \frac{1}{20,89} = \mathbf{4,79} \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} \right]$$

Az előremenő cső hőveszteségi tényezőjének ismeretében az egységnyi csövön (1 m) eső hőveszteség meghatározható:

$$Q_{ee} = U * A * (t_1 - t_2) = U * (2r_3 * \pi) * (t_1 - t_2) = 4,79 * 0,34 * 53,14 = \mathbf{85,44} \left[\frac{\text{W}}{\text{m}} \right]$$

A kapott értéket összevetve a diagramok és táblázatok adataival a szigetetlen és az adott mértékű szigeteléssel ellátott acélsövekre vonatkozóan az eredmény megfelelőnek mutatkozik, mivel a **48.ábrán** található diagramhoz tartozó **49.ábra** adatai alapján, a hasonló paraméterekkel rendelkező 3”-os külső átmérőjű (88,9 mm) szigetetlen cső, 50 °C hőmérséklet különbség hatására 100 W/m körüli veszteségértéket mutat, továbbá mivel a

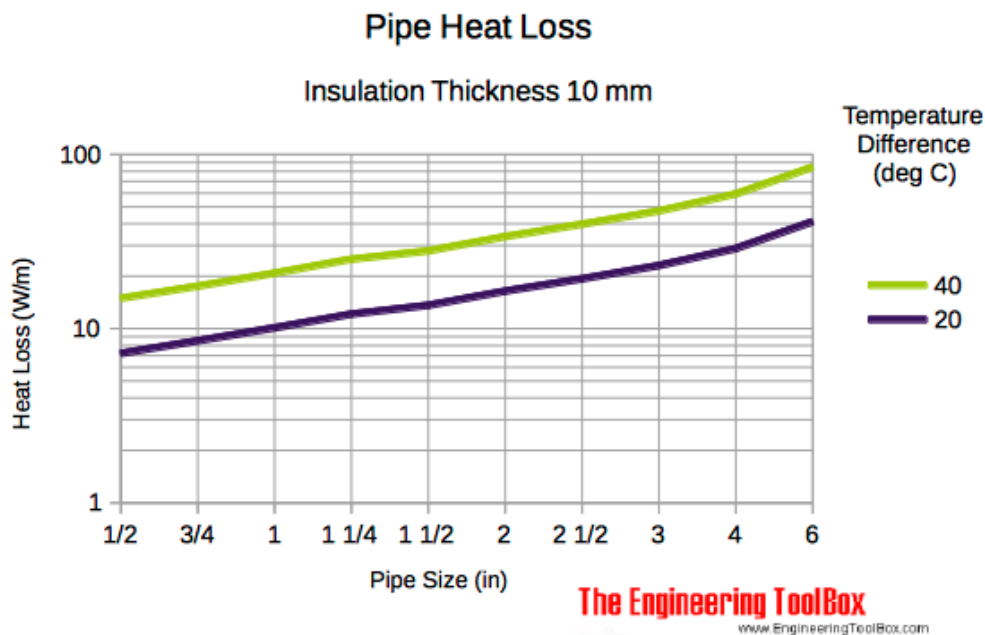
50.ábrán látható diagram alapján ugyanennek a csőnek a veszteségértéke 10 mm-es üvegszál szigeteléssel, 40 °C-os hőmérséklet különbség hatására 50 W/m körüli. Figyelembe véve, hogy a szigetelés vastagabb, de hasonló hővezetési tulajdonsággal rendelkezik ($\lambda = 0,36 \text{ W/mK}$), továbbá, hogy mindkét **49.ábrán** és **50.ábrán** szereplő eredmény 9 m/s-os légmozgást vett figyelembe, az általam számított érték reálisnak és elfogadhatónak tűnik.



48. ábra: Szigetetlen acélső hővesztesége az átmérő és közeghőmérséklet viszonyában
[\[engineeringtoolbox.com, 2003/a\]](http://engineeringtoolbox.com, 2003/a)

Nominal bore		Heat loss from Fluid inside Pipe (W/m) <small>(Btu/(h ft))</small>											
		Temperature Difference(°C) <small>(°F)</small>											
(mm)	(inch)	50	60	75	100	110	125	140	150	165	195	225	280
15	1/2	30	40	60	90	130	155	180	205	235	280	375	575
20	3/4	35	50	70	110	160	190	220	255	290	370	465	660
25	1	40	60	90	130	200	235	275	305	355	455	565	815
32	1 1/4	50	70	110	160	240	290	330	375	435	555	700	1000
40	1 1/2	55	80	120	180	270	320	375	420	485	625	790	1120
50	2	65	95	150	220	330	395	465	520	600	770	975	1390
65	2 1/2	80	120	170	260	390	465	540	615	715	910	1150	1650
80	3	100	140	210	300	470	560	650	740	860	1090	1380	1980
100	4	120	170	260	380	585	700	820	925	1065	1370	1740	2520
150	6	170	250	370	540	815	970	1130	1290	1470	1910	2430	3500
200	8	220	320	470	690	1040	1240	1440	1650	1900	2440	3100	4430
250	10	270	390	570	835	1250	1510	1750	1995	2300	2980	3780	5600
300	12	315	460	670	980	1470	1760	2060	2340	2690	3370	4430	6450

49. ábra: Szigetetlen acélső hővesztesége az átmérő és közeghőmérséklet viszonyában
[\[engineeringtoolbox.com, 2003/b\]](http://engineeringtoolbox.com, 2003/b)



50. ábra: Szigetelt acélcső hővesztesége az átmérő és közeghőmérséklet viszonyában 10 mm-es szigetelés esetében [engineeringtoolbox.com]

Most, hogy az 1 m egységnyi csőhosszon eső hőveszteség ismert, kiszámolható az ezen a pincerészen haladó összes előremenő fűtési csővezeték hővesztesége:

$$Q_{et} = Q \cdot h = 85,44 \cdot 15 = \mathbf{1013,28 [W]}$$

Miután a K1-es szakasz ezen a részén ez az előremenő fűtési hőveszteség ismert, így annak érdekében, hogy ennek a szakasznak a végén jó megközelítéssel megkaphassam a közeghőmérsékletet, valamint az elszenvedett hőmérsékelt csökkenést a teljes K1-es szakaszon, ezt az eredményt az eredetileg rendelkezésre álló 150 kW-os teljesítményből levonom.

$$Q_e^* = \dot{Q} - \frac{Q_{et}}{1000} = 150 - 1,27 = \mathbf{148,987 [kW]}$$

A korrigált fűtési teljesítmény ismeretében (Q_e^*) a korrigált közeghőmérséklet számítható:

$$\Delta t^* = 3,6 \cdot \frac{Q_e^*}{c_{p65} \cdot 0,001 \cdot \dot{V}} = 3,6 \cdot \frac{148,987}{4185,17 \cdot 0,001 \cdot 12,9} = \mathbf{9,932 [^\circ C]}$$

Mivel viszont az eredeti képlet a hőmérsékletváltozást adja meg, így a kapott érték a korrigált Δt érték lesz. Ahhoz, hogy a korrigált fűtési közeghőmérsékletet megkapjam, a korrigált Δt értékhez hozzá kell adni a feltételezett kiindulási visszatérő hőmérsékletet (t_2):

$$t_1^* = \Delta t^* + t_2 = 9,932 + 55 = \mathbf{64,932 [^\circ C]}$$

Miután ismertté vált a szakasz elején és a végén a közeg hőmérséklete, így kiszámolható a szakaszon a hőveszteség által elszenvedett hőmérsékletcsökkenés mértéke:

$$\Delta t_{csök} = t_1 - t_1^* = 65 - 64,932 = \mathbf{0,068 [^{\circ}C]}$$

A számítást elvégezve látható, hogy a K1-es szakasz első részén a hőveszteségek hatására a közezhőmérséklet a szakasz végére 0,068 °C-al csökkent.

9.3. A fűtési és HMV rendszerek hőveszteségeinek meghatározása

9.3.1. K1-es fűtési szakasz hőveszteségeinek meghatározása

A továbbiakban, miután az eredmény eléréséhez szükséges számítási folyamat ismert, így következő lépésekként kiszámolom az ezen a szakaszon található többi szakág csővezetékeinek hőveszteségeit is. Mivel viszont az ezen a szakaszon található többi csővezeték egy elágazást követően következnek, az eddig alkalmazott módszer előtt a két ágat valamilyen szinten fel kell osztani, hogy a megfelelő arányokkal a számítás tovább vihető legyen. Ezen módszerhez én a teljesítmény felosztás módszerét választottam, mivel ismert a kiinduló összes teljesítmény. A felosztás arányaként pedig az egyes részekben megtalálható felállások (strangok) számát választottam. Így a K1-es rész esetében a felosztás, valamint az arány a következőképpen alakul. A két elágazás elnevezés szerint a K1.1, valamint a K1.2-es. A rendelkezésre álló tervrajzok alapján, a K1-es szakaszon összesen megtalálható strangok száma 33 db. Ebből a K1.1-es részen 27 db, még a K1.2-es részen 6 db található. Ezen információk ismeretében a teljesítmény felosztás a K1-es rész esetében a következőképpen történik:

$$\dot{Q}_{K1.1} = Q_e^* \cdot \frac{27}{33} = 148,987 \cdot 0,8181 = \mathbf{121,9 [kW]}$$

$$\dot{Q}_{K1.2} = Q_e^* \cdot \frac{6}{33} = 148,987 \cdot 0,1818 = \mathbf{27,09 [kW]}$$

Ezen két érték ismeretében az elágazások további hőveszteségei, valamint az elágazások végén a teljes hőveszteség megállapítható, mivel a számítás menete és az összefüggések érdemben nem változnak, valamint, hogy a részszámításokhoz szükséges adatok közül is több megegyezik (pl. szélesség, folyadék áramlási sebessége a csőben, valamint a nyomása stb.) és ezek számítására, levezetésére a továbbiakban nem lesz szükség, így a számítási folyamatokat röviden összegzem a következőkben táblázatos formában, ahol csak az egyes fontos részeredményeket, valamint a végeredményt tüntetem fel.

Mivel az egyes szakaszok végén kérdéses az összes közezhőmérséklet csökkenés, ezért a további számítások folyamatán az első részben kiindultak alapján a folyamatosan csökkenő közezhőmérséklettel számolom a további részek és szakaszok veszteségeit.

A hőveszteség a K1.1 DN65-ös fűtési előremenő cső esetében:

Csőszakasz megnevezése	A csőszakasz hossza (h) [m]	A hőveszteség a teljes csőszakaszon (Q _{et}) [W]	A korrigált fűtési teljesítmény (Q _e [*]) [kW]	A korrigált közezhőmérséklet (t ₁ [*]) [°C]
------------------------	-----------------------------	--	---	--

Fűtési előremenő DN65	14	1049	120,85	63,056
-----------------------	----	------	--------	--------

Ezek alapján a további számított értékek a K1.1-es szakaszon:

Csőszakasz megnevezése	A csőszakasz hossza (h) [m]	A hővesztés a teljes csőszakaszon (Q_{et}) [W]	A korrigált fűtési teljesítmény (Q_{e^*}) [kW]	A korrigált közeghőmérséklet (t_1^*) [°C]
Fűtési előremenő DN50	22	1319	119,53	62,97
Fűtési előremenő DN20	5	169	119,36	62,96

A táblázat és a számított adatok alapján látható, hogy a K1.1-es szakasz végére a hőmérséklet értéke **62,96 °C**-ra esett vissza, amely az eredeti 65 °C-os közeghőmérséklethez képest **2,04 °C**-ot jelent.

A K1.1-es szakasz veszteségeit ismerve a következőkben a K1.2-es szakaszra vonatkozó számítást végzem el.

Csőszakasz megnevezése	A csőszakasz hossza (h) [m]	A hővesztés a teljes csőszakaszon (Q_{et}) [W]	A korrigált fűtési teljesítmény (Q_{e^*}) [kW]	A korrigált közeghőmérséklet (t_1^*) [°C]
Fűtési előremenő DN65	36	2697	24,39	63,306

Mivel ezen a szakaszon csak ez az egy csőegység található, így K1.2-es szakasz számítása egy részből áll, amelynek végén látható, hogy a szakasz végére a közeghőmérséklet **63,306 °C**-ra esett vissza, amely az eredeti 65 °C-os közeghőmérséklethez képest **1,694 °C**-ot jelent.

Ezek alapján a teljes K1-es előremenő szakaszon a két végpontot (K1.1, K1,2) figyelembe véve az egyes végpontokon esedékes hőmérsékletcsökkenés a K1.1-es pont esetében **2,04 °C**, még a K1.2-es pont esetében **1,694 °C** volt.

Az előremenő szakaszok veszteségeinek ismeretében a visszatérő szakaszok veszteségei is számíthatóak. A különbség ebben a számítási módszerben az előremenő módszerhez képest az, hogy mivel a közeg áramlási iránya az előremenőjével ellentétes, így a számítási folyamat is megfordul, és a két ág két végétől indul, és a közös, DN80-as csőnél végződik, ahol is ismeretes lesz a teljes elvesztett hőmennyiség a visszatérő szakaszon. Mivel viszont a számítás módszere, valamint a szakaszok teljesítmény szerinti felosztása teljes egészében megegyezik az

előremenő számításával, így a következőkben a részletes számítási módszer helyett táblázatos formában mutatom be az eredményeket.

A K1.2-es szakasz visszatérő részének hővesztesége és hőmérséklet csökkenése:

Csőszakasz megnevezése	A csőszakasz hossza (h) [m]	A hőveszteség a teljes csőszakaszon (Q_{vt}) [W]	A korrigált fűtési teljesítmény (Q_v^*) [kW]	A korrigált közeghőmérséklet (t_2^*) [°C]
Fűtési visszatérő DN65	36	2192	24,90	53,34

A számítás eredményeként látható, hogy a visszatérő K1.2-es szakaszon a hőmérséklet érték a DN80-as elágazásig a kiindulási 55 °C-ról **53,34 °C**-ra csökkent, amely **1,66 °C**-os csökkenés.

Hasonlóan a K1.1-es visszatérő szakaszra a számítás:

Csőszakasz megnevezése	A csőszakasz hossza (h) [m]	A hőveszteség a teljes csőszakaszon (Q_{vt}) [W]	A korrigált fűtési teljesítmény (Q_v^*) [kW]	A korrigált közeghőmérséklet (t_2^*) [°C]
Fűtési visszatérő DN20	5	143	121,76	53,13
Fűtési visszatérő DN50	22	1063	120,7	53,05
Fűtési visszatérő DN65	14	814	119,88	53

A számítások eredményeként látható, hogy a visszatérő K1.1-es szakaszon a hőmérséklet érték a DN80-as elágazásig a kiindulási 55 °C-ról **53 °C**-ra csökkent.

A K1-es visszatérő rész résszakaszainak ismeretében kiszámítható az utolsó, DN80-as visszatérő cső kazánig tartó teljesítmény és hőmérsékletvesztése is. Mivel a számítás eddigi folyamataként kettő darab visszatérő hőmérsékletet kaptam a két mellékágra vonatkozóan, így a főszakaszra vonatkozó kiindulási közeghőmérsékletnek a számításhoz a nagyobb fajsúlyú, így a K1.1-es szakasz elágazási hőmérsékletét választottam. Ezek alapján a fő szakasz, valamint a teljes hőmérsékletvesztés:

Csőszakasz megnevezése	A csőszakasz hossza (h) [m]	A hőveszteség a teljes csőszakaszon (Q_{vt}) [W]	A korrigált fűtési teljesítmény (Q_v^*) [kW]	A korrigált közeghőmérséklet (t_2^*) [°C]
Fűtési visszatérő DN65	15	785	149,22	51,3

A teljes K1-es visszatérő számítás végére látható, hogy a két, végpontként 55 °C-os kiindulási visszatérő hőmérséklet a kazánházba visszatérve **51,3 °C**-os, amely az eredeti hőmérséklethez képest egy jelentős **3,7 °C**-os csökkenést jelent.

9.3.2. A K2-es fűtési szakasz hőveszteségeinek meghatározása

A K1-es mintára a következőkben a K2-es szakaszra végzem el a számításokat. A K1-es számításhoz hasonlóan, az elágazást követő számításokhoz a teljesítményarányos módszert választottam a strangok viszonyában. Ez a K2-es részen a következőképpen alakul. Az összes szakaszon megtalálható strang 30 db. Ebből a K2.1-esre 25 db, míg a K2.2-esre 5 db jut. Ezen felosztás ismeretében a DN80-as főszakaszt követő teljesítményarányok a következőképpen alakulnak:

$$Q_{\text{pont K2.1}} = Q_e * \frac{25}{30} = 146,92 * 0,8333 = \mathbf{121,78 \text{ [kW]}}$$

$$Q_{\text{pont K2.2}} = Q_e * \frac{5}{30} = 146,92 * 0,1667 = \mathbf{24,36 \text{ [kW]}}$$

A teljesítményarányok ismeretében a teljes K2-es szakasz számítható. Ezek alapján a K2-es fő fűtési előremenő szakasz a DN80-as cső végéig:

Csőszakasz megnevezése	A csőszakasz hossza (h) [m]	A hőveszteség a teljes csőszakaszon (Q_{et}) [W]	A korrigált fűtési teljesítmény (Q_{e^*}) [kW]	A korrigált közeghőmérséklet (t_1^*) [°C]
Fűtési előremenő DN32	36	3076	146,92	64,8

Mivel a K2-es szakaszban az elágazást megelőzően több méretű cső is elhelyezkedik, így a DN80-as cső után ezen részek veszteségeit számolom ki:

Csőszakasz megnevezése	A csőszakasz hossza (h) [m]	A hőveszteség a teljes csőszakaszon (Q_{et}) [W]	A korrigált fűtési teljesítmény (Q_{e^*}) [kW]	A korrigált közeghőmérséklet (t_1^*) [°C]
Fűtési előremenő DN32	12	561	146,36	64,76
Fűtési előremenő DN20	3	105	146,26	64,75
Fűtési előremenő DN15	4	122	146,14	64,74

Ezt követően a K2.1-es szakaszon számított értékek:

Csőszakasz megnevezése	A csőszakasz hossza (h) [m]	A hőveszteség a teljes csőszakaszon (Q_{et}) [W]	A korrigált fűtési teljesítmény (Q_e^*) [kW]	A korrigált közeghőmérséklet (t_1^*) [°C]
Fűtési előremenő DN65	20	1493	120,29	63,02
Fűtési előremenő DN50	22	1318	118,97	62,93
Fűtési előremenő DN20	11	371	118,6	62,91

A számított táblázatos értékek alapján látható, hogy a K2.1-es szakasz végére a hőmérséklet értéke **62,91 °C**-ra csökkent a kiindulási 65 °C-ról, amely egy **2,09 °C**-os csökkenést eredményezett.

A K2.2-es szakaszra elvégzett számítások eredményei:

Csőszakasz megnevezése	A csőszakasz hossza (h) [m]	A hőveszteség a teljes csőszakaszon (Q_{et}) [W]	A korrigált fűtési teljesítmény (Q_e^*) [kW]	A korrigált közeghőmérséklet (t_1^*) [°C]
Fűtési előremenő DN25	19	1419	22,94	63,47
Fűtési előremenő DN20	9	307	22,63	63,45
Fűtési előremenő DN15	6	178	22,45	63,44

A táblázat alapján látható, hogy a K2.2-es szakasz végére a hőmérséklet értéke **63,44 °C**-ra csökken a kezdeti 65 °C-ról, amely így egy igen jelentős **1,56 °C**-os csökkenés.

Ezek alapján a teljes K2-es előremenő szakaszon a két végpontot (K2.1, K2.2) figyelembe véve az összes hőmérsékletcsökkenés az egyes végpontokon **2,09 °C**, illetve **1,56 °C**.

A következő lépés a K1-es mintára a K2-es szakasz visszatérő rendszerén jelentkező hőveszteség kiszámítása. Mivel a lépés teljes egészében megegyezik a K1-es számítási módszerrel, így hasonlóan itt is csak a táblázatos rész-, illetve, végeredményeket tüntetem fel.

Ezek alapján a K2.2-es szakaszon a visszatérő csővezetékekere vonatkozó számítások:

Csőszakasz megnevezése	A csőszakasz hossza (h) [m]	A hőveszteség a teljes csőszakaszon (Q_{vt}) [W]	A korrigált fűtési teljesítmény (Q_v^*) [kW]	A korrigált közeghőmérséklet (t_2^*) [°C]
Fűtési visszatérő DN15	6	149	24,21	53,39
Fűtési visszatérő DN20	9	247	23,96	53,37
Fűtési visszatérő DN25	19	1113	22,85	53,29

Hasonlóan a K2.1-es visszatérő szakaszra:

Csőszakasz megnevezése	A csőszakasz hossza (h) [m]	A hőveszteség a teljes csőszakaszon (Q_{vt}) [W]	A korrigált fűtési teljesítmény (Q_v^*) [kW]	A korrigált közeghőmérséklet (t_2^*) [°C]
Fűtési visszatérő DN20	11	313	121,47	53,11
Fűtési visszatérő DN50	22	1062	120,41	53,04
Fűtési visszatérő DN65	20	1163	119,24	52,96

Ezek alapján a közös K2-es visszatérő szakaszon kialakuló veszteségek:

Csőszakasz megnevezése	A csőszakasz hossza (h) [m]	A hőveszteség a teljes csőszakaszon (Q_{vt}) [W]	A korrigált fűtési teljesítmény (Q_v^*) [kW]	A korrigált közeghőmérséklet (t_2^*) [°C]
Fűtési visszatérő DN15	4	95	149,91	52,88
Fűtési visszatérő DN20	3	82	149,83	52,88
Fűtési visszatérő DN32	12	435	149,39	52,85
Fűtési visszatérő DN80	36	2373	147,02	52,66

A teljes K2-es visszatérő számítás végére látható, hogy a két, végpontként 55 °C-os kiindulási visszatérő hőmérséklet a kazánházba visszatérve **52,66 °C**-os, amely az eredeti hőmérséklethez képest egy **2,34 °C**-os csökkenést jelent.

9.3.3. A K1-es HMV és cirkulációs szakasz veszteségeinek meghatározása

Miután a teljes fűtési rendszer veszteségei ismeretesek, így a következő lépésben a K1/K2-es HMV rendszer veszteségeit vizsgálom meg, ezen rendszer számítása megegyezik a fűtési rendszeren elvégzett számításokkal, ahol az előremenő ágaként a HMV vezetékeket,

visszatérőként pedig a cirkulációs vezetékeket vettem. Az előző módszerekhez képest kissé változik a számítás menete, mivel a pincébe belépve a HMV csővezeték egyből két részre ágazik el. Így hasonlóan a fűtési rendszerhez a teljesítmény strangonkénti felosztása mellett döntöttem. Amely így a K1-es és K2-es rész esetében is egy-egy fő, valamint kettő-kettő mellékágat eredményez. Első lépésként ezen arány kiszámítása: Az épületben összesen 59 db strang található, ebből 33 db a K1-es részen, 26 db pedig a K2-es részen, így ezen arányok ismeretében a felosztott teljesítmény:

$$\dot{Q} \text{ K1} = 150 * \frac{33}{59} = 150 * 0,5593 = \mathbf{83,898 \text{ [kW]}}$$

$$\dot{Q} \text{ K2} = 150 * \frac{26}{59} = 150 * 0,4407 = \mathbf{66,102 \text{ [kW]}}$$

Ezek alapján a K1-es HMV szakaszon ébredő veszteségek:

Csőszakasz megnevezése	A csőszakasz hossza (h) [m]	A hővesztés a teljes csőszakaszon (Q_{hmvt}) [W]	A korrigált fűtési teljesítmény (Q_{hmvv}^*) [kW]	A korrigált közeghőmérséklet (t_1^*) [°C]
HMV NA50	16	708	83,19	49,92

A K1.1-es HMV szakaszon ébredő veszteségek ezek alapján:

Csőszakasz megnevezése	A csőszakasz hossza (h) [m]	A hővesztés a teljes csőszakaszon (Q_{hmvt}) [W]	A korrigált fűtési teljesítmény (Q_{hmvv}^*) [kW]	A korrigált közeghőmérséklet (t_1^*) [°C]
HMV NA50	22	971	67,67	48,07
HMV NA40	14	496	67,18	48,01
HMV NA25	5	137	67,04	47,991
HMV NA20	2	48	67	47,99

A táblázat alapján látható, hogy a kiindulási 50 °C érték a K1.1-es HMV szakasz végére **47,99** °C-ra csökkent, amely egy **2,01** °C-os csökkenés.

A K1.2-es HMV szakasz veszteségei:

Csőszakasz megnevezése	A csőszakasz hossza (h) [m]	A hővesztés a teljes csőszakaszon (Q_{hmvt}) [W]	A korrigált fűtési teljesítmény (Q_{hmvv}^*) [kW]	A korrigált közeghőmérséklet (t_1^*) [°C]
HMV NA32	2	68	15,19	48,19
HMV NA25	11	303	14,9	48,16
HMV NA15	3	62	14,82	48,15

A táblázat számított értékei alapján látható, hogy a kiindulási 50 °C érték a K1.2-es HMV szakasz végére **48,15 °C**-ra csökkent, amely egy **1,85 °C**-os csökkenés, valamint a K1.1-es HMV szakasz végére a hőmérséklet értéke **47,99 °C**-ra csökkent, amely **2,01 °C**-os csökkenést jelent.

A K1.2-es cirkuláció számított veszteség értékei:

Csőszakasz megnevezése	A csőszakasz hossza (h) [m]	A hőveszteség a teljes csőszakaszon (Q_{ct}) [W]	A korrigált fűtési teljesítmény (Q_c^*) [kW]	A korrigált közeghőmérséklet (t_2^*) [°C]
Cirkuláció NA15	12	192	15,07	38,2

A táblázatban látható számított értékek alapján a kiindulási 40 °C érték a K1.2-es cirkulációs szakasz végére **38,2 °C**-ra csökkent, amely **1,8 °C**-os csökkenés az eredeti értékhez képest.

A K1.1-es cirkulációs vezeték számított veszteségértékei:

Csőszakasz megnevezése	A csőszakasz hossza (h) [m]	A hőveszteség a teljes csőszakaszon (Q_{ct}) [W]	A korrigált fűtési teljesítmény (Q_c^*) [kW]	A korrigált közeghőmérséklet (t_2^*) [°C]
Cirkuláció NA20	27	502	68,14	38,12
Cirkuláció NA15	6	91	68,05	38,11

A táblázatból kapott számított értékek alapján látható, hogy a kiindulási 40 °C érték a K1.1-es cirkulációs szakasz végére **38,11 °C**-ra csökkent, amely **1,89 °C**-os csökkenés az eredeti értékhez képest.

Ez alapján a fő cirkulációs K1-es vezeték hővesztesége:

Csőszakasz megnevezése	A csőszakasz hossza (h) [m]	A hőveszteség a teljes csőszakaszon (Q_{ct}) [W]	A korrigált fűtési teljesítmény (Q_c^*) [kW]	A korrigált közeghőmérséklet (t_2^*) [°C]
Cirkuláció NA20	15	206	83,69	36,3

Az eddigi számított adatok és részadatok alapján látható, hogy a teljes K1-es cirkulációs szakaszon a kiindulási 40 °C-ról **36,3 °C**-ra csökkent a hőmérséklet, amely egy jelentős **3,7 °C**-os csökkenést jelent.

9.3.4. A K2-es HMV és cirkulációs szakasz veszteségeinek meghatározása

A K1-es szakasz mintájára a K2-es szakasz HMV és cirkulációs számítása kezdve a kiindulási HMV szakasszal:

Csőszakasz megnevezése	A csőszakasz hossza (h) [m]	A hővesztés a teljes csőszakaszon (Q_{hmv}) [W]	A korrigált fűtési teljesítmény (Q_{hmv}^*) [kW]	A korrigált közeghőmérséklet (t_1^*) [°C]
HMV NA50	36	1592	64,51	49,76

A táblázatban szereplő eredményekből látható, hogy a kiindulási 50 °C érték a K2.1-es HMV szakasz végére **49,76 °C**-ra csökkent, amely egy **0,24 °C**-os csökkenést jelent.

Ezt követően a K2.1-es HMV szakasz:

Csőszakasz megnevezése	A csőszakasz hossza (h) [m]	A hővesztés a teljes csőszakaszon (Q_{hmv}) [W]	A korrigált fűtési teljesítmény (Q_{hmv}^*) [kW]	A korrigált közeghőmérséklet (t_1^*) [°C]
HMV NA50	28	1231	62,33	47,43
HMV NA40	15	413	61,92	47,38
HMV NA25	6	162	61,76	47,36
HMV NA15	2	41	61,72	47,36

A táblázat alapján látható, hogy a kiindulási 50 °C érték a K2.1-es HMV szakasz végére **47,36 °C**-ra csökkent, amely egy **2,64 °C**-os csökkenést jelent.

A K2.2-es HMV szakasz veszteségei:

Csőszakasz megnevezése	A csőszakasz hossza (h) [m]	A hővesztés a teljes csőszakaszon (Q_{hmv}) [W]	A korrigált fűtési teljesítmény (Q_{hmv}^*) [kW]	A korrigált közeghőmérséklet (t_1^*) [°C]
HMV NA25	5	143	15,11	48,2

A számított értékek alapján látható, hogy a kiindulási 50 °C érték a K1.2-es HMV szakasz végére **48,2 °C**-ra csökkent, amely egy **1,8 °C**-os csökkenés, valamint a K1.1-es szakasz hőmérséklete **2,65 °C**-al csökkent.

A K2-es szakasz cirkulációs veszteségei kezdve a K2.2-es szakasszal:

Csőszakasz megnevezése	A csőszakasz hossza (h) [m]	A hővesztés a teljes csőszakaszon (Q_c) [W]	A korrigált fűtési teljesítmény (Q_c^*) [kW]	A korrigált közeghőmérséklet (t_2^*) [°C]
Cirkuláció NA15	5	81	2,46	39,71

A számított értékek alapján látható, hogy a K2.2-es cirkulációs szakaszon a hőmérséklet **39,71 °C**-ra csökkent, amely **1,29 °C**-os csökkenés.

Ezt követően a K2.1-es cirkulációs szakasz veszteségei:

Csőszakasz megnevezése	A csőszakasz hossza (h) [m]	A hőveszteség a teljes csőszakaszon (Q_{ct}) [W]	A korrigált fűtési teljesítmény (Q_c^*) [kW]	A korrigált közeghőmérséklet (t_2^*) [°C]
Cirkuláció NA20	42	780	62,78	37,49
Cirkuláció NA15	8	118	62,66	37,47

A táblázat eredményei alapján látható, hogy a hőmérséklet a K2.1-es cirkuláció szakaszon **37,47 °C**-ra csökkent, ez az eredetihez képest egy **2,53 °C**-os csökkenés.

Ezek alapján a teljes K2-es cirkulációs szakaszon a hőveszteség értékei:

Csőszakasz megnevezése	A csőszakasz hossza (h) [m]	A hőveszteség a teljes csőszakaszon (Q_{ct}) [W]	A korrigált fűtési teljesítmény (Q_c^*) [kW]	A korrigált közeghőmérséklet (t_2^*) [°C]
Cirkuláció NA20	25	464	63,1	37,12
Cirkuláció NA15	10	145	62,95	37,1

Az összes számított adat alapján a K2-s cirkulációs szakaszra vonatkozóan látható, hogy a kiindulási 40 °C-ról **37,1 °C**-ra csökkent a hőmérséklet, amely **2,9 °C**-os csökkenést jelent.

10. Az egyes szakágakban keletkező rész és a teljes épület K1-es és K2-es szakaszain kialakuló hőveszteségek értékei

Mivel az összes pincében hőveszteséget generáló szakág által elszennvedett hőveszteség adatai ismertek, így a végleges teljes hőveszteségértékek az egyes csőrészszakaszok veszteségeit összeadva megadhatóak, amelyek így a következők lettek:

Az összes hőveszteség a teljes K1-es kazán fűtési szakaszon: $Q_{fk1} = 11,24 \text{ kW}$

Az összes hőveszteség a teljes K2-es kazán fűtési szakaszon: $Q_{fk2} = 15,97 \text{ kW}$

Az összes hőveszteség a teljes K1-es HMV szakaszon: $Q_{hmvk1} = 3,78 \text{ kW}$

Az összes hőveszteség a teljes K2-es HMV szakaszon: $Q_{hmvk2} = 5,17 \text{ kW}$

Ezek alapján a teljes veszteség a K1-es kazán szakaszon: $Q_{fk1} + Q_{hmvk1} = \underline{\underline{15,02 \text{ kW}}}$

Ezek alapján a teljes veszteség a K2-es kazán szakaszon: $Q_{fk2} + Q_{hmvk2} = \underline{\underline{21,14 \text{ kW}}}$

11. Az egyensúlyi hőmérsékletek valós értékei

Ezen adatok ismeretében most már megállapítható, hogy a jelenlegi hőmérséklet mellett milyen tényleges hőmérséklet értékek alakulnak ki, valóban az eredetileg mért és feltételezett érték az egyensúlyi hőmérséklet-e, és ha nem, akkor mennyi az egyes pincerészekben az új érték. Ehhez először összesítettem az adott pincerészekben található szakágak veszteségeit, ez a következőképp alakult:

Fűtési és HMV szakágak veszteségei az adott pincerészben			
Pincerész	Fűtés [W]	HMV [W]	Összesen [W]
A	9442	2864	12306
B	8642	2649	11291
C	9127	3429	12556

Ezt követően a kapott összesített értékeket összevettem a transzmissziós és filtrációs értékekkel:

Pincerész	Külső hőveszteség $Q_t - Q_f$ [W]	Egyensúlyi hőm [°C]	Fűtés + HMV nyereségek [W]	Különbség [W]
A	6000	11,86	12306	6308
B	11296	11,86	11291	-4
C	5914	11,86	12556	6643

A táblázat számított értékei alapján látható, hogy az eredetileg feltételezett 11,86 °C-os egyensúlyi hőmérséklet érték csak az ennek az értéknek a mérési helyéül szolgáló B pincerészben alakult ki, minimális eltéréssel. Mivel azonban ez az eltérés nagyon minimális, mindösszesen -4 W, így ez az eltérés érdemben nem befolyásolja az egyensúlyi hőmérséklet értékét. Az A és C pincerészekben az egyensúlyi hőmérsékletek valódi értékei a feltételezettől jelentősen eltérnek, még hozzá pozitív értelemben, amely azt jelenti, hogy attól az értéktől nagyobb értékek adódnak ezekben a részekben.

A jelenlegi ismert értékek és paraméterek alapján az egyensúlyi értékek meghatározása ezekben a pincerészekben lehetséges, de nagyon hosszú és bonyolult iterációs folyamat eredménye, amely folyamatot, annak bonyolultsága miatt nem szemléltetünk, csak az abból származó eredményeket, amelyek a következők lettek:

- Az A épületrész esetében az egyensúlyi hőmérséklet: **~17 °C**,
- A C épületrész esetében az egyensúlyi hőmérséklet: **~17,44 °C**.

Az iterálási folyamatok végén láthatóak az új és az adott pincerészek paramétereikhez illő hőmérsékletek értékei, amelyek az A pincerész esetében 17 °C, míg a C pincerész esetében 17,44 °C.

12. A veszteségek értékeinek csökkentése szigetelések módosításával

Mivel a kapott veszteségértékek a jelenlegi szigetelés minősége és vastagsága miatt igen jelentősek, a következőkben azt vizsgálom, miként és milyen mértékben hat ki a veszteségekre, ha a szigetelések vastagságát és minőségét változtatom. Két esetet vizsgálok meg. Mi történik, ha a jelenlegi szigetelést duplázom meg, valamint, ha egy új, korszerű, az előírásoknak megfelelő minőségű és vastagságú szigetelést alkalmazok. Majd megvizsgálom a számítási eredmények alapján, ezek hogyan viszonyulnak egymáshoz, valamint az eredeti kiindulási állapothoz.

12.1. Az eredeti szigetelés duplázása

Mivel a számítás és vizsgálat menete megegyezik az eredeti szigetelésknél megismertekkel, annyi különbséggel, hogy a mostani esetben nem 9 mm, hanem 18 mm-es lesz a szigetelés vastagsága, a számítás teljes levezetésétől eltekintek és csak a végeredményeket szemléltetem:

Fűtési és HMV szakágak veszteségei az adott pincerészben (dupla szigetelés)			
Pincerész	Fűtés [W]	HMV [W]	Összesen [W]
A	9798	3175	12973
B	8887	2832	11719
C	9655	3815	13470

Dupla szigetelés okozta átl. hőveszt. csökkenés az eredetihez képest [%]
105,49

Látható, hogy a veszteség értékek nem csökkentek, hanem minimálisan, ~5,49 %-al emelkedtek a sima szigetelés értékeihez képest. Ez a kimenetel elsőre furcsának tűnhet, viszont igazolja azon jelenséget, amely az ilyen, nagyobb átmérőjű csövek szigetelésénél megtörténhet. A szigetelés vastagságának növelésével ugyan valamilyen szinten csökken a hőveszteség, amelyet a mellékletben található számítások mutatnak be, miszerint a sima szigeteléssel ellátott csövekhez képest a dupla szigetelésű csövek U értéke csökken, viszont a szigetelés méretének növelésével a csövek felülete is megnő, amely felület nagyobb helyet biztosít a hőveszteségek számára, így a csövek felületének méretváltozásából eredő hőveszteség növekedésének mértéke nagyobb, mint a szigetelés által a hővezetés veszteség csökkentésének a mértéke. Ez beigazolja azt a tényt, hogy bizonyos csőméretek felett a szigetelés vastagsága helyett sokkal fontosabb szerepet játszik a szigetelések anyagminőségének és hővezetési tulajdonságainak megfelelő megválasztása. Hasonlóan az első módszerhez az új egyensúlyi hőmérséklet értékeinek meghatározása sok iterálási folyamat eredménye, amelyek szerint:

- Az A épületrész esetében az egyensúlyi hőmérséklet: **~17,86 °C**,
- A B épületrész esetében az egyensúlyi hőmérséklet: **~12,05 °C**,
- A C épületrész esetében az egyensúlyi hőmérséklet: **~18,46 °C**.

12.2. Új, előírásoknak megfelelő szigetelés

Az EnEV 2014-es szabványban foglaltaknak megfelelően [enev-online.com], a szükséges hőszigetelés paraméterek csővezetékek esetében a következőképpen alakulnak:

- A felhasznált szigetelőanyag hővezetési tényezőjének értéke legalább $0,035 \text{ W/m}^2\text{K}$ kell, hogy legyen,
- 22 mm-es belső csőátmérőig a csöveket egységesen 20 mm szigeteléssel kell ellátni,
- 22 mm – 35 mm-es belső csőátmérő között a csöveket egységesen 30 mm szigeteléssel kell ellátni,
- 35 mm – 100 mm-es belső csőátmérő között a csöveket egységesen a cső belső átmérőjének értékével megegyező méretű szigeteléssel kell ellátni,
- 100 mm-es belső csőátmérő fölött a csöveket egységesen 100 mm-es szigeteléssel kell ellátni.

A szabvány alapján a méretezésben ezeket a kritériumokat vettem figyelembe, valamint a szigetelés hővezetési tényezőjét a szabvány értékére, $0,035 \text{ W/m}^2\text{K}$ -re vettem fel. Ezek alapján a számított értékek az újra szigetelt pincerészekre:

Fűtési és HMV szakágak veszteségei az adott pincerészben (előírt szigetelés)			
Pincerész	Fűtés [W]	HMV [W]	Összesen [W]
A	2181	861	3042
B	1866	697	2562
C	2114	1030	3144
Előírt szigetelés okozta átl. hőveszt. csökkenés az eredetihez képest [%]			
75,85			
Előírt szigetelés okozta átl.hőveszt. csökkenés a dupla szigeteléshez képest [%]			
77,11			

A számított értékek alapján a táblázatokból látható, hogy az eredetihez képest több majdnem 76 %, míg a dupla szigeteléshez képest több mint 77 % megtakarítás társul.

Az eredmények alapján szerettem volna több forrásból megbizonyosodni arról, hogy a számítási módszerem és eredményeim a valóságos értékeknek megfelelőek, így a bevezetőben bemutatott táblázaton és diagrammon túl, lefuttattam egy hővesztés számítást a Trocellen szigetelésgyártó cég által készített programon [insulation.trocellen.com], amelynek az eredményei a **51.ábrán** láthatóak.

Trocellen Hőszigetelési Méretező Program

Hővesztesség számítás

2023.05.04.

Számítás típusa: Hővesztesség, U érték, felületi hőmérséklet	
A szigetelendő cső adatai:	
Belső átmérő:	79.2 mm
Külső átmérő:	88.9 mm
Falvastagság:	4.85 mm
Hővezetési tényező:	50. W/mK
Közeg adatok	
Közeg:	folyadék
Hőmérséklet:	65 °C
Hőátadási tényező:	2643.439 W/m ² K
Külső levegő adatai	
Hőmérséklet:	13 °C
Elhelyezése:	belső térben
Helyzete:	függőleges
Emissziós érték:	0.05
Hőátadási tényező:	3.756 W/m ² K
Szigetelés adatai	
Trocellen termék:	Trocellen Isocompact CL1/ALU-NET csőháj
Vastagság:	41.25 mm
Hővezetési tényező:	0.0398 W/mK
Számítási eredmények	
Hőátbocsátási tényező (hosszra):	0.3204 W/mK
Belső falhőmérséklet:	65.0 °C
Külső felületi hőmérséklet:	21.2 °C
Fajlagos hővesztesség:	16.66 W/m
Energiamegtakarítás:	83 %
A javasolt szigetelés Trocellen d88,9 50 mm Isocompact CL1/ALU-NET csőháj.	

51. ábra: Trocellen hőszigetelés méretező program eredményei [insulation.trocellen.com]

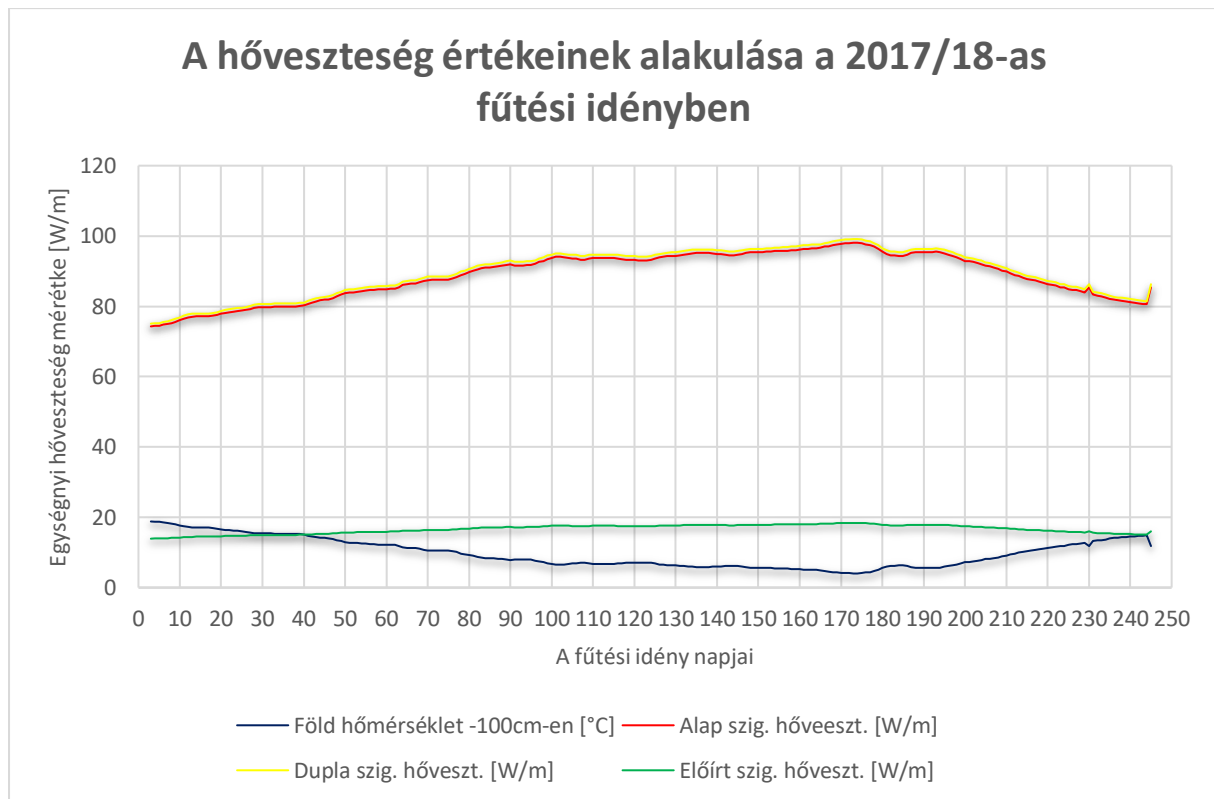
Az **51.ábrán** szereplő számítás végeredményeként a fajlagos hővesztesség értékére 16,66 W/m jött ki, amely a DN80-as cső esetében, az EnEV csőszigetelési előírásokat alkalmazva, a saját számítási módszeremmel 15,997 W/m lett. A két számítási metódus eredményei nagyon hasonlóak, véleményem szerint a különbség valószínűleg az eltérő anyagminőségek következtében megjelenő eltérő hővezetési tényezők értékei miatt alakul ki, mivel a méretező programban a választott csőszigetelő termék hővezetési tényezőjének értéke 0,0398 W/m²K, ameddig én az előírás értékével (0,035 W/m²K) számoltam. Tehát látható, hogy a két eredmény azonosnak tekinthető, amely azt jelenti, hogy az általam alkalmazott számítási módszer megfelelőnek tekinthető.

Ebben az esetben is elvégeztem az iterációs módszert, hogy kiderüljön ebben az esetben milyen új egyensúlyi hőmérséklet értékek társulnak az egyes épületrészekhez:

- Az A épületrész esetében az egyensúlyi hőmérséklet: **~9,32 °C**,
- A B épületrész esetében az egyensúlyi hőmérséklet: **~7,86 °C**,
- A C épületrész esetében az egyensúlyi hőmérséklet: **~9,44 °C**.

Látható tehát a megfelelő minőségben és méretben megválasztott szigetelés fontossága, mivel ez jelentősen képes csökkenteni a hővesztéseket, így elsődlegesen ennek a módszernek az alkalmazása javasolt minden esetben.

13. A hőveszteségek alakulása a 2017/18-as fűtési idényben a hőmérsékletek viszonylatában



14. A hőveszteség hasznosítása

Az eredeti elgondolás szerint a pince levegőjében a hőveszteségek által megjelenő veszteséghő hőszivattyú segítségével a pince levegőjéből kivonva, a fűtési rendszerbe visszavezetve kerülne hasznosításra, hőcserélő segítségével a betápvíz hőmérsékletének növelésére, amelynek ezáltal elméletben csökkentenie kellene a fűtési rendszer hőszállító közegének felfűtéséhez szükséges energiamennyiséget. Ez az ötlet viszont elvetésre került, mivel a kazánház, ahol a hőtermelést végző kazánok elhelyezkednek, messze található a kinyerés helyétől, emiatt oda csak hosszabb úton tudna eljutni a kinyert hőenergia, amely maga is veszteségeken esne át mire hasznosulni tudna. Emiatt jutottam arra az álláspontra, hogy a fűtési rendszer helyett a HMV (Használati Melegvíz) rendszer egy részét váltanám ki ezzel a megoldással, mivel ez egyrészt a legjobb hatásfokkal képes hasznosítani a kinyert hőenergiát, másrészt részben hozzájárulhatna annak az épületben fennálló problémának a megoldásához, hogy a HMV kör légvégen lévő fogyasztókhoz már csak kevesebb és alacsonyabb hőmérsékletű HMV jut el. Továbbá részben tehermentesítené a hőtermelő egységeket, mivel az épület ezen részeibe már nem ezeknek kell a HMV-t megtermelni.

Először meghatározom, hogy mennyi energia szükséges az épület hátsó részében található fogyasztók HMV-vel történő ellátáshoz. Ehhez először a HMV fogyasztás mértékét mérem fel a fogyasztási helyeken. Tekintve, hogy az épület rendeltetése szerint idősotthon, ahol a lakók életvitelszerűen, hosszútávon tartózkodnak feltételezem, hogy a HMV felhasználás jellegét

tekintve a lakóépületekhez hasonló, így érvényes rá a szabványban a HMV fogyasztásra fejadag módszerrel meghatározott érték, amely lakóépületek esetén 50 liter/nap.

A szabványban meghatározott érték ismeretében kiszámolom a napi HMV igényt az épület hátsó részében található lakószobákra a rendelkezésre álló alaprajzok alapján feltételezve, hogy egy szobában csak egy ember lakik.

Ezen ismeretek alapján az ide vonatkozó alaprajzokat megvizsgálva megállapítottam, hogy az épület felső részén 40 db szoba található, amely az épület tükröszimmetrikus kialakítását tekintve összesen 80 db lakószobát jelent. Mivel azonban a rendszer két részre lesz bontva, így egy rendszerre csak 40 db fogyasztó esik. Így a szükséges HMV igény:

Napi melegvízigények				
Vt (l/nap)	V (l/nap)	Tartalék (%)	n (fő)	V (l/nap/fő)
2500	2000	25	40	50

A számítás eredményeként látható, hogy a rendszerekre eső napi HMV igény 2000 liter. Mivel egyrészt az 1000 l-es kapacitás feletti HMV puffertartályok méretei 500 l-es ugrással következnek egymás után, valamint szerettem volna egy biztonsági tartalékkal is élni a megfelelő ellátás érdekében, egy 2500 l-es tartály mellett döntöttem, amely jelentős, 25%-os tartalékot jelent az eredeti 2000 l-es tartályhoz képest.

A szükséges vízmennyiség ismeretében kiszámoltam a tartály térfogatának megfelelő vízmennyiség fűtéséhez szükséges energiamennyiséget teli tartályt feltételezve, mivel ahhoz minden szükséges paraméter ismert. A víz fajhője (c), a bemeneti értéken (10 °C) 1,16 W/KgK. Az energiamennyiség meghatározásához a fajhőben eredetileg szereplő energiamennyiségre utaló KJ mértékegység helyett a W mértékegységet alkalmazom. Ismert továbbá a víz sűrűsége a bemeneti hőmérsékleten (ρ), 1 kg/l, a bemeneti hőmérséklet (t_b), 10 °C, az előállított HMV hőmérséklete (t_m), 45 °C, valamint az előző számításból a napi melegvízigény (V_t) 2500 l. Az információk alapján a hőmennyiség a következő képlet módosításával számítható:

$$Q = c * m * \Delta T [W]$$

Amely képletben a fent említett sűrűség energiamennyiségre utaló mértékegységének módosításán kívül, az m tömeg mennyiséget felbontottam a számításához szükséges komponenseire, sűrűsége és térfogatra, ahol a térfogatban a m³ mértékegység helyett, a liter m³ konverziót alkalmazva, literben adtam meg a vízmennyiséget (a tartály térfogatát). Ezen és a fentebb említett módosításokkal élve a képlet a következőképpen módosul:

$$Q = c * \rho * V * \Delta T [W]$$

A melegítéshez szükséges energiamennyiség:

A napi melegvízmennyiség előállításához szükséges energiamennyiség						
c (W/kgK)	ρ (kg/l)	t _b (°C)	t _m (°C)	V (l)	Q _{HMV} (W)	Q _{HMV} (W/óra)
1,16	1	10	45	2500	101500	4230

A számítás végeredményeként látható, hogy összesen 101500 W energiamennyiség szükséges a 10 °C-os víz 45 °C-ra történő melegítéséhez, amely érték egy órányi viszonylatban 4230 W-ra jön ki. Annak függvényében, hogy mennyi idő alatt kívánjuk ezt a HMV mennyiséget előállítani, változik a szükséges hőmennyiség értéke. 24 óra esetén 4230 W lesz, de 8 órával számolva ez az érték már egy jelentősebb 12690 W-ra adódik. A megválasztott idő függ egyrészt a rendelkezésre állás szükségességétől, továbbá attól, hogy milyen a választott hőszivattyú fűtési teljesítménye, valamint, hogy folyamatos üzemben vagy szakaszos módon kívánjuk-e vele a HMV mennyiséget előállítani. A mostani méretezés elvégzéséhez az általam választandó szivattyú ezt a vízmennyiséget folyamatosan állítaná elő, így a 4230 W-os értékkel fogok számolni, ami alapján a hőszivattyút úgy választom meg, hogy a fűtési teljesítménye ezt az értéket egy folyamatos üzem mellett tartósan biztosítani tudja.

A HMV készítéséhez szükséges energiamennyiség ismeretében kiszámolhatóak az egyes pincerészekben az új egyensúlyi hőmérsékletek az energiahasznosítás után. Az új értékek megismeréséhez az előző részekben számított energiamennyiség többletből kivonásra kerül a HMV előállításához szükséges energiamennyiség:

Hőhasznosítás után fennmaradó energiamennyiség		
Pincerész	Veszteség összesen [W]	Hasznosítás utáni mennyiség [W]
A	12306	8077
C	12556	8327

A számítás eredményeként látható, hogy az A épületrészben 8077 W, míg a C épületrészben 8327 W energiamennyiség maradt meg a hőhasznosítás után. Így ezek az értékek lesznek az eredetileg számított hőveszteség új kiindulási értékei, amelyekkel megállapíthatóvá válnak a pincerészek új egyensúlyi hőmérsékletei:

Pincerész	Külső hőveszteség $Q_t - Q_f$ [W]	Egyensúlyi hőm [°C]	Fűtés + HMV nyereségek [W]	Különbség [W]
A	6000	11,86	8077	2078
C	5914	11,86	8327	2414

A számítás eredményeként látható, hogy a hőhasznosítás után az A pincerészben 2078 W, míg a C pincerészben 2414 W lesz az új egyensúlyi energiamennyiség, amely azt jelenti, hogy a hőhasznosítás után mindkét pincerészben fennmaradt egy minimális többletenergia, amely a pince hőmérsékletét továbbra is minimálisan, de folyamatos mértékben emeli. Természetesen meg kell jegyezni, hogy ez a jelenlegi állapotok miatt alakult így, viszont jól mutatja, hogy ilyen módon a megjelent többlet energia felhasználása működőképes elgondolás.

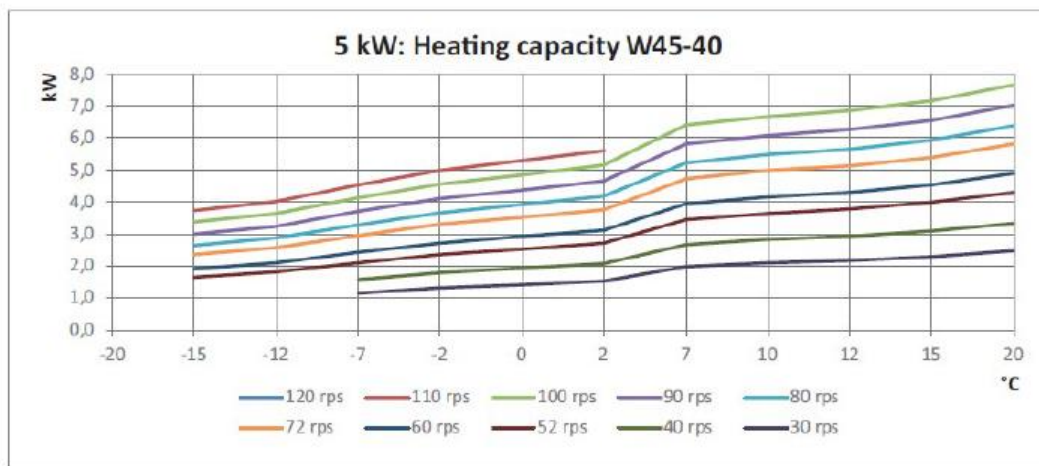
Az értékek és elvégzett számítások alapján az új kialakuló egyensúlyi hőmérsékletek a pincerészekben iterálási folyamatokkal meghatározhatóak, amely folyamatok eredményeként:

- Az A épületrészben az új egyensúlyi hőmérséklet: **~13,65 °C**,
- Míg a C épületrészben az új egyensúlyi hőmérséklet: **~13,97 °C** lett.

Ezek alapján látható, hogy mindkét pincerészben megfelelő a veszteségekből adódó hőmennyiség ahhoz, hogy az épület hátsó részeiben lévő lakószobák HMV igényeit kielégítse anélkül, hogy az ott lévő léghőmérsékletet jelentősen csökkentené.

A csövek hővesztéségeivel kiegészített hőhasznosítás esetében az azt végző berendezésként egy 5 kW-os fűtési teljesítményű Vaillant aroTHERM VWL 55/5 AS típusú víz-levegő hőszivattyút választottam. Ez a hőszivattyú a **52.ábra** alapján is látható módon képes 12 °C-os környezeti léghőmérséklet mellett előállítani a szükséges hőmennyiséget a folyamatos üzemen vett 4230 W/h-ás energiaszükséglettel számolva maximum 40 %-os terhelés mellett.

		120 rps	110 rps	100 rps	90 rps	80 rps	40% red 72 rps	50% red 60 rps	60% red 52 rps	40 rps	30 rps
°C	-20										
	-15		3,75	3,38	3,00	2,65	2,36	1,93	1,65		
	-12		4,02	3,64	3,25	2,87	2,56	2,09	1,80		
	-7		4,55	4,14	3,71	3,30	2,95	2,42	2,09	1,59	1,15
	-2		4,99	4,56	4,11	3,67	3,30	2,73	2,36	1,80	1,31
	0		5,30	4,85	4,38	3,91	3,52	2,92	2,54	1,94	1,42
	2		5,62	5,15	4,66	4,17	3,77	3,12	2,72	2,08	1,53
	7			6,41	5,82	5,22	4,73	3,95	3,45	2,67	1,97
	10			6,67	6,09	5,49	4,98	4,17	3,65	2,83	2,09
	12			6,87	6,28	5,66	5,14	4,31	3,79	2,94	2,18
15			7,16	6,55	5,93	5,41	4,55	3,99	3,10	2,30	
20			7,67	7,04	6,39	5,82	4,90	4,31	3,35	2,48	



52. ábra: Vaillant 5 kW-os víz-levegő hőszivattyú teljesítménytáblázata [Vaillant, 2021]

A választott hőszivattyúk telepítése a legoptimálisabb működés érdekében az A és C pinceréseken úgy történik, hogy a kettő darab elpárologtató kültéri egység a 90°-os folyosókon kerül elhelyezésre, olyan formában, hogy a kiáramló levegő a pinceszint bejárati része felé áramoljon. A kültéri egységektől az előremenő és visszatérő csövezetékek elvezetésre kerülnek a két pincerész bejáratául szolgáló első helyiségbe, ahol elhelyezésre kerülnek a hőszivattyúk beltéri egységei, valamint a 2500 literes puffertartályok. Így a HMV előállítása sokkal közelebb kerül a fogyasztókhoz, amely növeli a rendelkezésre állás sebességét és ezáltal a komfortot. A

rendszer kialakítását szemléltet a **37.ábra** az A, míg a **39.ábra** a C épületrész esetében, amelyek a **4. számú mellékletben** szereplő tervlap részletei, azon részletesebben megtekinthetők.

Ezen eredmények ismeretében szeretném továbbá megvizsgálni, hogy ez az egész rendszer és a hőszivattyú hasonló állapotú működését hogyan befolyásolja, az miként alakul, hogyha a jelenlegi állapot mellett az új, teljesen újra szigetelt rendszerek veszteségeiből származó többletenergiát veszem figyelembe.

Az előző ponthoz hasonlóan az egyensúlyi érték meghatározásához először a kialakuló energiaegyensúlyt vizsgálom meg:

Hőhasznosítás után fennmaradó energiamennyiség		
Épületrész	Többletenergia összesen [W]	Hasznosítás utáni mennyiség [W]
A	3042	-2957
C	3144	-2770

A számítás eredményeként látható, hogy mindkét pincerészben változó mértékben, de negatív előjeles eredmény született, amely azt jelenti, hogy a többlet hőenergia nem elég, további energia szükséges a HMV előállításához, amely az egyensúlyi hőmérséklet értékeinek csökkenéséhez vezet az egyes pincerészekben. Az egyensúlyi értékek megállapítása ezek alapján:

Pincerész	Külső hőveszteség $Q_t - Q_f$ [W]	Egyensúlyi hőm [°C]	Fűtés + HMV veszteségek [W]	Különbség [W]
A	-6000	11,86	-2957	-8957
C	-5914	11,86	-2770	-8684

A számítások elvégzése után látható, hogy mindkét pincerészben jelentős mértékű csökkenés következett be a hőegyensúlyban és ezáltal az egyensúlyi hőmérséklet értéke is előreláthatólag jóval a kiindulási 11,86 °C alá fog esni. Az ezek alapján kialakuló egyensúlyi hőmérsékletek a pincerészekben az iterálási folyamatok elvégzése után:

- Az A épületrészben az új egyensúlyi hőmérséklet: **~9,32 °C**,
- Míg a C épületrészben az új egyensúlyi hőmérséklet: **~9,12 °C** lett.

A kapott eredmények alapján látható, hogy mindkét pincerészben visszaestek a hőmérsékletek még az eredetileg megtartott folyamatos, alacsony energiafelhasználású üzem mellett is. Összevetve a jelenlegi hőveszteségekkel kiegészített állapotból kapott értékek alapján látható, hogy habár az üzem végén alacsonyabb lesz némiképp a pincerészek hőmérséklete, de a csökkenés mértéke nem olyan jelentős mértékű, amely a rendszer kialakítása ellen szól. Továbbá viszont, ha egy kisebb teljesítményű rendszer kerül kialakításra, amely csak kiegészítő

funkciót lát el valamelyik vizsgált rendszerben, ezáltal nem csökkenti ilyen jelentős mértékben a pincerészek hőmérsékleteit, akkor akár végeredményben egy, a mostani állapotra számolt egyensúlyi állapotban működő rendszer kialakítása is elképzelhető lehet, de immáron a jól szigetelt fűtési rendszer mellett. Azonban felmerül a kérdés, hogy ha már létezik egy jól szigetelt rendszer, amely jelentős energiamennyiség megtakarítására képes, gazdaságilag megtérülő beruházás lehet-e egy ilyen rendszer kialakítása, továbbá milyen a két rendszer megtakarításának a mértéke. A következő fejezetben ennek vizsgálatával foglalkozom.

15. Gazdaságossági kalkuláció

A műszaki számítások elvégzése után véleményem szerint ahhoz, hogy teljes körű konklúziót tudjunk levonni, szükséges és elengedhetetlen annak ismerete is, hogy az egyes vizsgált módszereknek milyen gazdasági és anyagi vonzatai vannak. Azonban szükséges kiemelni, hogy az elvégzett kalkuláció inkább tájékoztató jellegű, mintsem reprezentatív, mivel több paraméter az információk hiánya miatt csak megközelítő értékkel lett figyelembe véve. Az egyik ilyen paraméter többek között, a szigetelés esetén a munka elvégzésének díja, mivel nem ismert, hogy milyen és mekkora mértékű földmunka lenne szükséges ahhoz, hogy a csővezetékek hozzáférhetőek legyenek, továbbá milyen szerelési, karbantartási munkálatok szükségesek az ezen részeken ismeretlen csőállapotok miatt. Ezeket figyelembe véve a gazdaságossági kalkuláció újra-szigetelés esetén:

Gazdaságossági kalkuláció					
Szigetelés előírás					
Méret* [mm]	Hossz [m]	1m-es szálmennyiség egy dobozban [db]	Mennyiség doboz [db]	Egységár bruttó/doboz [Ft]	Teljes ár bruttó [Ft]
89	102	6	17	4128	70176
76	140	7	20	3632	72640
60	186	9	21	3200	67200
48	29	12	3	2991	8973
42	26	12	3	2858	8574
35	65	16	5	2731	13655
28	152	20	8	2667	21336
22	66	20	4	2527	10108
Összesen					272662

A táblázat alapján látható, hogy az újra-szigetelés anyagköltsége összesen **214.695 Ft** lenne. A földmunkák esetében, mivel nehezített térben végzett munkáról van szó, amelyet csak kézi erővel lehet elvégezni így ennek a költsége jelentősen magasabb, mint az átlagos gépi erővel végezhető földmunkák költségei költségek. Mivel pontos adat nem áll rendelkezésre a ténylegesen ilyen módon kitermelendő földről ezért csak megközelítőleg tudom a földmunkák költségeit kiszámolni. A három pincerészben a 7.1.-es pontban számítottak alapján megközelítőleg 100 m³, amely földmennyiség kitermelése körülbelül szükséges lehet a szigetelési munkálatok elvégzéséhez, de ez nem a teljes földfeltöltés kitermelését jelenti. Ilyen

nehezített körülményekben a föld kézzel történő kitermelésének ára 12600 Ft/m³ [szekely.iwk.hu]. Ezek alapján a földmunkák költsége **1.260.000 Ft**. Továbbá feltételezem, hogy a szigetelési munkák az anyagköltség 50%-ával (**107.348 Ft**) megegyező többletköltséget jelentenek, így végösszesen az újra-szigetelés költsége **1.367.348 Ft** lenne. Továbbá itt érdemes még figyelembe venni azt az összeget is, amelyet a költség oldalról megspórolunk a jobb szigetelés által csökkentett energiaigény végett.

A 12.1.-es és 12.2.-es fejezetek táblázatos kalkulációi alapján a szigetelés előtt a három pincerészen jelentkező összesített hőveszteség értéke **36.153 W**, míg az előírás szerint leszigetelt pincerészek az összesített hőveszteség értéke **8.749 W**-ra adódott. A két érték különbsége **27.404 W**-nyi energia, amely energiát a szigetelés az eredeti állapotokhoz képest a rendszernek megspórol. Azonban érdemes megjegyezni, hogy ez az érték a valóságban mindenképpen magasabb, mivel ebben a számításban csak a pince légkörére való közvetlen hatásokat vettem figyelembe kizárólag az ott található csöveken keresztül. Emiatt a rendszer többi része és az azokon megjelenő pozitív hatás, a rendszer hatásfokának javulása, valamint a hőtermelők energiahasznosításainak javulásának hatására megspórolt energia itt nem került feltüntetésre.

A továbbiakban számszerűen szeretném megvizsgálni, hogy a megspórolt energiamennyiségnek milyen anyagi vonzatai vannak, valamint mennyi gázt lehet megspórolni és ennek az egész beruházásnak mennyi a megtérülési ideje.

Mivel egy m³ földgáz átlagos fűtőértéke 34 MJ/m³ körüli értéket mutat [mvmnext.hu, 2023/a], amely megközelítőleg 9,44 kWh. A megspórolt energiaértéket elosztva a gáz energiataralmának értékével megkapom, hogy hány m³ gázt spórolt meg az új szigeteléssel ellátott rendszer:

$$\frac{27404}{9440} = 2,903 \text{ m}^3$$

Ezek alapján a megspórolt energiamennyiség 2,903 m³ gáz, amely mivel az épület nem számít lakossági fogyasztónak, bruttó 767,2 Ft/m³ áron juthat gázhoz. Azonban ez csak a gáz ára ezt még ki kell egészíteni a nem lakossági fogyasztók esetén a kötelező jövedéki adóval (3,8 Ft/m³), valamint a biztonsági készletezési díjjal (7,4 Ft/m³) [mvmnext.hu, 2023/b].

Az egységárak ismeretében a megspórolt gázmennyiség pénzbeli értéke kifejezhető:

$$(2,903 * 767,2) + (2,903 * 3,8) + (2,903 * 7,4) = 2260 \text{ Ft}$$

A számítás eredményeként látható, hogy az új szigetelés a rendszernek **2260 Ft**-ot spórol meg. Azonban ez mennyiség az előzőekben elvégzett számítások alapján csak egy óra működés során megspórolt energiát jelent. Ennek az értéknek a további felhasználásával megkapható, hogy az újra-szigetelés mennyi idő alatt térül meg. Mivel az egyensúlyi hőmérséklet megismerésére szolgáló mérés az előzőekben említettekben öt napos intervallumban zajlott, megközelítőleg látható volt az adatokból kiolvastva, hogy a rendszer mennyi időt üzemelt a B pincerészen kialakuló tartósabb magasabb hőmérsékletek alapján. Ezen adatok alapján a rendszer napi szinten megközelítőleg 8 órát működött. Ezzel számolva napi szinten 8*2260 = 18080 Ft lesz

a megspórolt pénz mennyisége. Ezt az értéket az eredeti költséggel elosztva megkapható a megtérülés ideje:

$$\frac{1367348}{18080} = 75,63 \text{ nap} = \sim 76 \text{ nap}$$

Ez alapján látható, hogy az újra-szigetelés megközelítőleg 76 nap alatt térülne meg.

A hőszivattyú hőhasznosítási rendszer anyagköltségeinek árait az alábbi összesítés mutatja be:

Hőhasznosítás hőszivattyúval			
Megnevezés	Mennyiség [db]	Egységár bruttó [Ft]	Teljes ár bruttó [Ft]
Vaillant aroTHERM VWL 55/5 AS	2	1423035	2.846.070
Vaillant 1/4"-os hűtőköri vezeték 25 m szerelvényekkel 0020250311	2	62025	124.050
2500 literes puffertartály egy hőcserélővel	2	43900	8.7800
Master DF 20 P keringető padló ventilátor, Ø 50 cm	2	79990	159.980
Összesen			3.217.900

Ehhez azonban még a csőszigetelési számításhoz hasonlóan hozzá kell becsülni a rendszer kiépítésének a díját is, amelyet az újra-szigetelés kalkulációjánál alkalmazottak szerint szintén az anyagköltség 50%-ban (**1.608.950 Ft**) határozok meg. Így a hőszivattyús hőhasznosítás költségének végösszege **4.826.850 Ft**.

Ebben az esetben a megtérülés számítása a rendszer által hasznosított energiát jelenti. A hőszivattyús rendszer esetében ez az energiamennyiség csak az A és C pincerészekben hasznosuló energiamennyiséget jelenti, amely ezen két rész esetében a 14. fejezet kalkulációja alapján összesen $2 \cdot 4230 \text{ W} = 8460 \text{ W}$ lesz napi szinten. Viszont a hőszivattyúk működéséhez elektromosság szükséges, amely a hasznos energiamennyiségből mint a hasznosításhoz szükséges befektetett energia levonandó, amely egy hőszivattyú esetében ebben a fűtési teljesítménytartományban 1.810 W . A két hőszivattyú esetében így 3620 W , amely alapján a nyereség értéke 4.840 W -ra módosul. A szigetelés esetéhez hasonlóan itt is a megspórolt gáz alapján számolom nyereség mértékét:

$$\frac{4840}{9440} = 0,513 \text{ m}^3$$

A spórolás mértéke napi szinten $0,513 \text{ m}^3$ gáz, amely a gázárak alapján:

$$(0,513 * 767,2) + (0,513 * 3,8) + (0,513 * 7,4) = 400 \text{ Ft}$$

Az ezzel a rendszerrel történő hőhasznosítás megközelítőleg 400 Ft-os spórolást jelentene napi szinten, amely a költségek alapján a következő megtérülési időt jelenti:

$$\frac{4826850}{400} = 12.067,125 \text{ nap} = \sim 12.068 \text{ nap} = \sim 34 \text{ év}$$

A rendszer ilyen jellegű pusztán hasznosítást és gázirányú megtakarítást figyelembe véve 34 év alatt térülne meg. Azonban ez az idő és megtérülés nem veszi figyelembe azt az energiamennyiség megspórolást, amely a hőtermelők tehermentesítéséből származik.

A kalkulációk eredményeik alapján látható, hogy jelentős az árkülönbség a csövek újra-szigetelése és a hőszivattyús rendszer kialakítása között. A hőszivattyús rendszer kialakításának ára majdnem 3,5x-es árkülönbséget mutat az újra-szigeteléssel szemben, de természetesen ezek az eredmények jelentős eltérést mutathatnak, ha minden, mindkét rendszer kivitelezéséhez szükséges ár ismertté válik és bekerül az összesítésbe. Az a trend azonban még ezen reprezentatív kalkulációk által is felismerhető, hogy összességében a fajlagos anyagköltség a hőszivattyús rendszer esetében nagyobb, míg a potenciálisan elvégzendő munkák díjai az újra-szigetelés esetén lennének magasabbak, viszont mindezen szempontok mellett továbbra is az újra-szigetelés választása a gazdaságilag és megtérülés szempontjából is jobb döntés.

16. Konklúzió

Az elvégzett vizsgálatok és számítások alapján látható, hogy az eredeti elgondolás, a hőveszteségek hasznosításának a lehetősége elméletileg megállja a helyét és megvalósítható. Ennek ellenére fontos kiemelni, hogy a szemléltetett és modellezett probléma sokkal összetettebb, mint ami ebben a munkában bemutatásra került, mivel a számítás egy idealizált, méretezési állapoton történő üzemelést vett alapul, amely miatt sok egyéb, a valóságban jelenlévő paraméter nem, vagy ideális állapoton került figyelembevételre. A vizsgálatok és számítások elvégzése után kiderült, hogy az elképzelés megalapozott. A rendszer képes lenne a pincerészekben jelenlévő hőveszteségekből megfelelő mennyiségben használati melegvizet előállítani, amellyel elláthatóvá válna megközelítőleg 80 darab lakószoba, miközben hatékonyan hasznosítja újra azt az energiát, amely ellenkező esetben elveszne az épület pincszintjének homlokzataiban. Az eredmények és megállapítások ellenére a gyakorlatban továbbra is az újra-szigetelés a legjobb megközelítés és módszer a hőveszteségek minimalizálására. Ennek alkalmazása mind a kivitelezési költségeket, mind a hosszabb távú gazdaságossági és energetikai szempontokat figyelembe véve hasznosabb, mint a hőszivattyús rendszer, mivel a szigeteléssel az eredetileg meglévő rendszer karbantartását és korszerűsítését valósítjuk meg ahelyett, hogy további potenciális problémaforrásként egy újabb rendszert alakítunk ki a mostani kérdéses állapotú rendszer mellé.

Összességében a vizsgálatok során feltártam a pincerészekben kialakuló hőmérsékleti viszonyok hátterét, figyelemmel a kialakulásában szerepet játszó hőviszonyokra, azok részarányaira és mennyiségeikre. Az eredmények alapján megállapítottam, hogy a megjelenő

hővesztésekből eredő többlet hőenergia hasznosítása is lehetséges, azonban ez gazdasági szempontból és a meglévő rendszer változatlan formában történő további üzemeltetését feltételezve nem támogatandó opció.

17. Összefoglalás

Összességében elmondható, hogy a felvetett probléma és a diplomadolgozat egy elméleti elgondoláson alapult, amely annak a lehetőségét vizsgálta, hogy ebben a bizonyos épületben a jelenlegi veszteséges állapotokból lehetséges lenne-e előnyt generálni. Van-e alapja annak a feltételezésnek, hogy az a hőenergia, amely a környezetbe távozik a fűtési és HMV rendszerekből, nem elvész a pince környezetében, hanem valamilyen formában hasznosítható és újra felhasználható. A számítások és vizsgálódások eredményeképpen azt állapítottam meg, hogy az elképzelés elméleti szinten, a kapott eredmények alapján megállhatná a helyét, azonban a valóságos alkalmazhatóság esetében a pontosabb és reprezentatívabb eredmények eléréséhez sokkal több és nehezebben modellezhető, valamint számítható paraméter figyelembevétele szükséges. Több információ szükséges továbbá annak meghatározásához is, hogy a rendszer hogyan viselkedik nem csak az egyes működési állapotokban, hanem az egyes évszakokban, üzemekben, valamint ezek hogyan hatnak ki egymásra. Ebben a méretezési állapotban úgy tűnik, hogy az elképzelt módszer önmagában valóságos és működőképes lehet, azonban további szempontokat figyelembe véve a működőképessége ellenére természetesen nem lehet jobb megoldás egy alpból jól kialakított, méretezett, beszabályozott, szigetelt és kivitelezett rendszernél. A vizsgálat során összevettem, hogy ha kivitelezési szintig jutna egy ilyen elképzelés, annak milyen költségvonzatai lennének azzal szemben, ha a teljes rendszer egy megfelelő és jó minőségű új szigetelést kapna. Ezen gazdasági kalkulációk eredménye megerősítette az előzetes várakozást, miszerint a szigetelés jóval olcsóbb megoldást jelentene. Fontos azonban kiemelni, hogy a két összevetett műszaki megoldás tényleges kivitelezési költségeinek meghatározásához a valós állapot sokkal részletesebb ismerete és felmérése szükséges. Számomra a probléma felvetése és a dolgozat elkészítése után a legfontosabb eredmény annak felismerése, hogy milyen hatalmas mennyiségű az a potenciális energia, amely veszteségként folyamatosan eltávozik az épített rendszerből a környezetbe. Álláspontom szerint a világ mostani helyzetében, az energiafüggőség és kiszolgáltatottság, valamint a klímaválság időszakában ez olyan luxus, amelyet az emberiség nem engedhet meg magának. Összességében véleményem szerint sokkal több figyelmet kellene fordítani az energiahatékonyság növelésére, a megfelelő energiagazdálkodásra és a szakszerű és jó hatásfokkal történő energiahasznosításra.

18. Summary

In summary, the problem posed and the thesis were based on a theoretical idea, which explored the possibility of generating benefits from the current loss-making conditions in this particular building. Is there a basis for the assumption that the thermal energy that is released to the environment from the heating and DHW systems is not lost in the basement environment but can be recovered and reused in some form. As a result of the calculations and investigations, it was concluded that the concept could be valid at a theoretical level, based on the results obtained, but that in the case of real applications, much more parameters, which are more difficult to model and calculate, need to be taken into account in order to achieve more accurate and representative results. More information is also needed to determine how the system

behaves not only in different operating states, but also in different seasons, in different plants, and how these interact. At this stage of scaling, it appears that the envisaged method may be realistic and workable in itself, but taking into account additional aspects, despite its workability, it is of course no better than a well designed, scaled, calibrated, insulated and constructed system from the ground up. The analysis compared the cost implications of taking such an idea to the design stage with the cost implications of providing the whole system with a proper and high quality new insulation. The results of these economic calculations confirmed the preliminary expectation that insulation would be a much cheaper solution. However, it is important to stress that a much more detailed knowledge and assessment of the actual situation is needed to determine the actual construction costs of the two technical solutions compared. For me, the most important result after having posed the problem and written the thesis is the realisation of the huge amount of potential energy that is constantly being lost from the built system to the environment. In my view, in the current world situation of energy dependency and vulnerability, and in a time of climate crisis, this is a luxury that humanity cannot afford. All in all, I believe that much more attention should be paid to increasing energy efficiency, proper energy management and the professional and efficient use of energy.

19. Források:

John A. Duffie, William A. Beckman(auth.)-Solar Engineering of Thermal Processes, Fourth Edition (2013)

Beke János - Műszaki hőtan mérnököknek (Budapest, 2000)

Bajnóczy Gábor, Bánhidi László, Büki Gergely, Erdősi István, Homonnay Györgyné, Jakab Zoltán, Kajtár László, Kraffa Ferenc, Kurutz Imre, Lajos Tamás, Lőrincz Béla, Major György, Szalai Sándor, Zöld András - Épületgépészet 2000 Alapismeretek (Budapest, 2000)

Gábor László, Zöld András – Energiagazdálkodás az építészetben (Budapest, 1981)

Nicholas P. Chopey – Handbook of chemical engineering calculations third edition (2003)

Fáy Árpád - Bevezetés a hőszigetelés elméletébe (2020)

Vaillant Saunier Duval Kft. – Tervezési segédlet (2020)

Homonnay Györgyné, Barna Lajos, Bánhidi László, Chappon Miklós, Halász Györgyné, Szilágyi Sándor, Vaszil Lajos, Zöld András – Épületgépészet 2000 Fűtéstechika II (Budapest, 2001)

M. A. Mihejev - A hőátadás gyakorlati számításának alapjai (Tankönyvkiadó, 1990, Ford.: Dr. Horváth Csaba)

Philip Kosky, Robert Balmer, William Keat, George Wise - Exploring Engineering Third Edition (2013)

Juhász László, Maiyaleh Tarek, Vadász József, Vasáros Zoltán – Gyakorlati Hűtéstechikai Ismeretek (Budapest, 2020)

19.1. Internetes források:

Mehi.hu: Az energiahatékonyságról Magyarországon

<https://mehi.hu/az-energiatakonysagrol-magyarorszagon/>

Google maps: Napvirág idősek otthona

<https://www.google.com/maps/contrib/103532462377420514488/photos/@47.6228446,19.0377254,3a,116.6y,90t/data=!3m8!1e2!3m6!1sAF1QipPijlsq84kQdmiJYp8YF9QQQI3-eKlFRgGbLD7J!2e10!3e12!6shttps:%2F%2Flh5.googleusercontent.com%2Fp%2FAF1QipPijlsq84kQdmiJYp8YF9QQQI3-eKlFRgGbLD7J%3Dw390-h260-k-no!7i800!8i532!4m3!8m2!3m1!1e1>

NCHEurope: A hőátadás alapjai

<https://www.ncheurope.com/hu/blog-details/chem-aqua/the-fundamentals-of-heat-transfer>

OurWorldInData: Energy Mix (2022, Hannah Ritchie, Max Roser, Pablo Rosado)

<https://ourworldindata.org/energy-mix#citation>

Engineering ToolBox: Steel Pipes - Heat Loss Diagram (2003)

https://www.engineeringtoolbox.com/steel-pipes-heat-loss-d_53.html

Engineering ToolBox: Pipes - Insulated Heat Loss Diagrams (2008)

https://www.engineeringtoolbox.com/heat-loss-insulated-pipes-d_1151.html

Trocellen Insulation Calculator (2023)

<https://insulation.trocellen.com/wp-content/themes/trocellen-insulation/TroCalc/TroCalc.php>

EnEV-Online: Anforderungen an die Wärmedämmung von Rohrleitungen und Armaturen (2014)

https://enev-online.com/enev_2014_volltext/anlage_05_anforderungen_waermedaemmung_rohrleitungen_armaturen.htm

Szekely.iwk.hu: Árlista (Szekely Roland)

<https://szekely.iwk.hu/arlista/>

MVM – Földgáz: Gázminőség

<https://www.mvmnext.hu/foldgaz/Egyetemes-Szolgalatas/Ugyintezes/Szamlazas/Gazminoseg>

MVM – Földgáz: Aktuális árak

<https://www.mvmnext.hu/foldgaz/Egyetemes-Szolgalatas/Ugyintezes/Arak-dijszabasok/Aktualis-arak>

Metservice.com: Beaufort Windscale (Clayre Flynn, 2016)

<https://blog.metservice.com/BeaufortWindScale>

Engineers Edge: Convective Heat Transfer Coefficients Table Chart (2023)

https://www.engineersedge.com/heat_transfer/convective_heat_transfer_coefficients_13378.htm

Engineers Edge: Heat Loss Insulated Pipe Equation and Calculator (2023)

https://www.engineersedge.com/heat_transfer/heatlossinsulatedpipe/heat_loss_insulated_pipe_equation_and_calculator_13169.htm

Octalsteel.com: Steel Pipe Dimensions Chart ANSI B36.10 & 36.19

<https://www.octalsteel.com/wp-content/uploads/2018/01/steel-pipe-dimensions-chart-ansi-b36.10-36.19.pdf>

Engineering ToolBox: Reynolds Number (2003)

https://www.engineeringtoolbox.com/reynolds-number-d_237.html

Engineering ToolBox: Fluid Flow - Hydraulic Diameter (2003)

https://www.engineeringtoolbox.com/hydraulic-equivalent-diameter-d_458.html

Engineering ToolBox: Water - Prandtl Number vs. Temperature and Pressure (2018)

https://www.engineeringtoolbox.com/water-steam-Prandtl-number-d_2059.html

Peacesoftware.de: CalcDampf (Berndt Wischniewski, 2007)

https://www.peacesoftware.de/einigewerte/wasser_dampf.html

Engineering ToolBox: Water Systems - Maximum Flow Velocities (2003)

https://www.engineeringtoolbox.com/flow-velocity-water-pipes-d_385.html

Gepeszbolt.hu: Levegő fizikai jellemzői

<https://www.gepeszbolt.hu/simonyi/leveg%F5.pdf>

Hocserelo.com: Szabályozó szelep méretezési segédlet (víz közeg)

<https://hocserelo.com/Szelepmer/Szamolo.html>

Vaillantbolt.hu: aroTHERM Split VWL 55/5 AS 230V Fűtési hőszivattyú (levegő/víz)

<https://www.vaillantbolt.hu/vaillant-arotherm-split-vwl-55-5-as-230v-futesi-hoszivattyu-levego-viz-0010021632>

Unasplaza.hu: 2500l-es HMV puffertartály egy hőcserélővel

https://unasplaza.hu/p/puffer-tarolo-1-hocserelovel-2500-literes-tartaly-melegviz-tarolas-celjara-sunsystem-pr-2500_puffertartaly

Pumpen-heizung.de: Vaillant hőszivattyú hűtőköri csővezeték

<https://pumpen-heizung.de/Vaillant-0020250311-Kaeltemittelleitung-1-4-Zoll-fuer-VWL-35-5-AS-VWL-55-5-AS-25m>

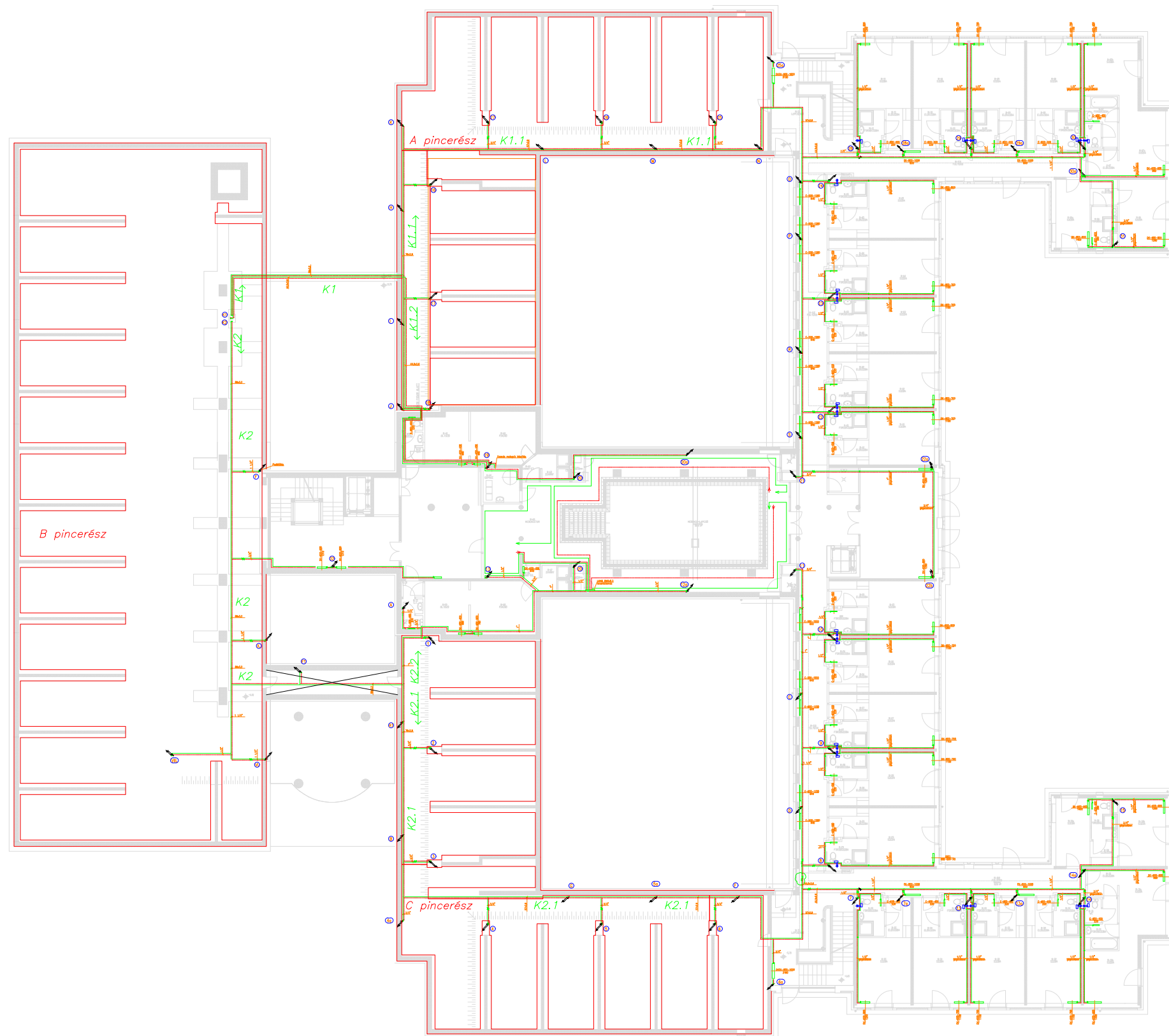
Argento.hu: Varratnélküli szénacél csövek EN10216-2/P235GH TC1,EN10216-3/P355NH/NL TC1

<https://www.argento.hu/hu/termekeink/raktaron-levo-termekeink/acelcsovek>

20. Mellékletek

Jelmagyarázat:

- fűtési visszatérő vezeték
- fűtési előremenő vezeték
- pincerész vizsgálati területe



1. számú melléklet		Megbízó: MATE-épületgépészet és energetika tanszék 2100_Gödöllő
Tervező: Ismeretlen	Megnevezés: Diplomadolgozat	Méretarány: 1:50
Szerkesztő: Vas Áron István	Egy budapesti idősotthon épületében a potenciálisan felhasználható energiák feltérképezése és hasznosítása	Dátum: 2023.04.23
Ellenőr: Dr. Hermanucz Péter	Fűtés-HMV-Pinceszint-Alaprajz	Rajzsám: 1/4
Munkaszám: MSZ-1		Változat: 1

Jelmagyarázat:

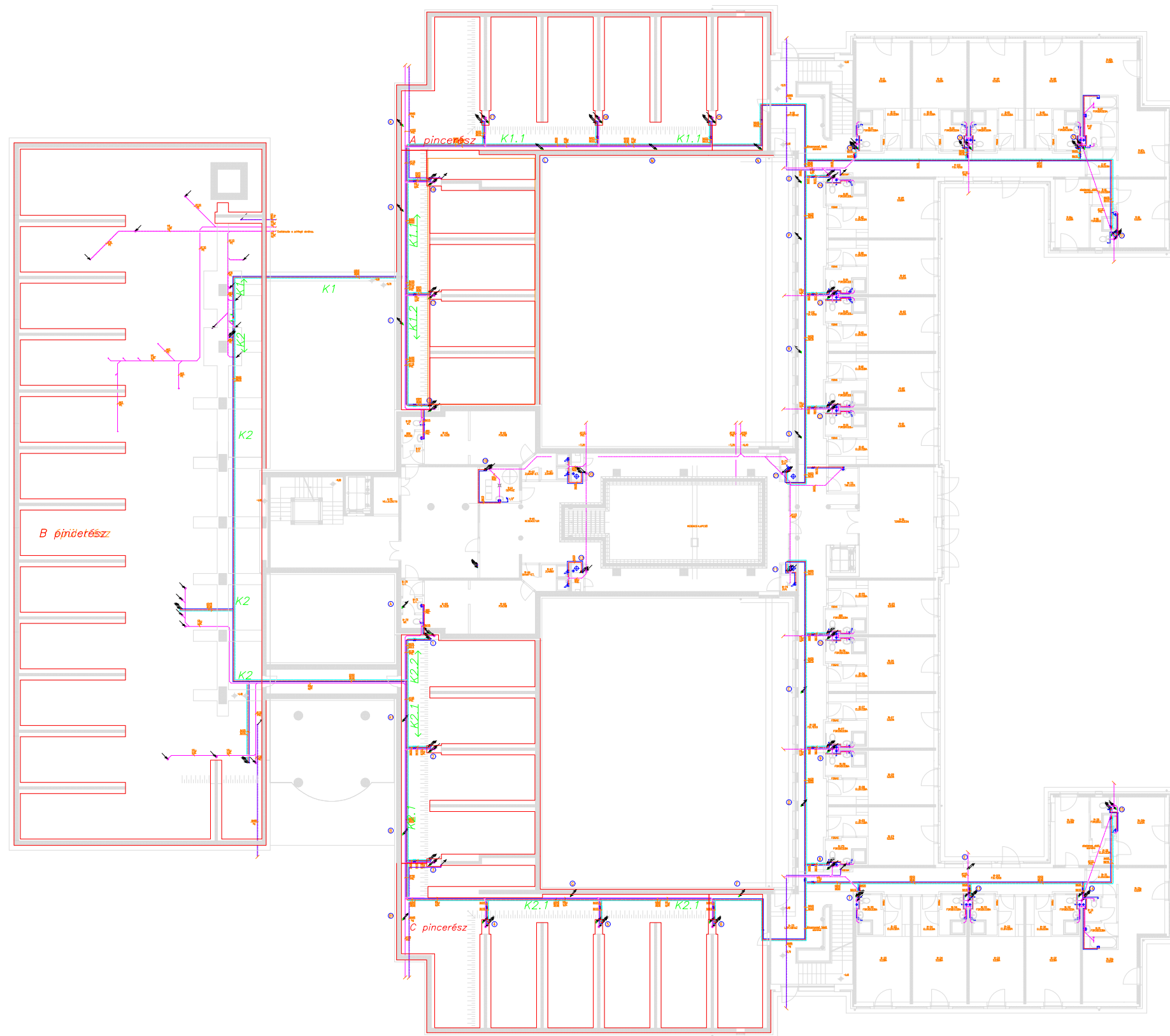
- fűtési visszatérő vezeték
- fűtési előremenő vezeték



2. számú melléklet		Megbízó: MATE-épületgépészet és energetika tanszék 2100_Gödöllő
Tervező: Ismeretlen	Megnevezés: Diplomadolgozat Egy budapesti idősotthon épületében a potenciálisan felhasználható energiák feltérképezése és hasznosítása	Méretarány: 1:50
Szerkesztő: Vas Áron István		Dátum: 2023.04.23
Ellenőr: Dr. Hermanucz Péter		Rajzszám: 2/4
Munkaszám: MSZ-1	Fűtés-HMV-Földszint-Alaprajz	Változat: 1

Jelmagyarázat:

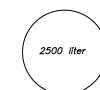
- szennyvíz vezeték
- zsíros szennyvíz vezeték
- hidegvíz vezeték
- melegvíz vezeték
- cirkulációs vezeték
- tűzvíz vezeték



3. számú melléklet		Megbízó: MATE-épületgépészet és energetika tanszék 2100_Gödöllő
Tervező: Ismeretlen	Megnevezés: Diplomadolgozat	Méretarány: 1:50
Szerkesztő: Vas Áron István	Egy budapesti idősotthon épületében a potenciálisan felhasználható energiák feltérképezése és hasznosítása	Dátum: 2023.04.23
Ellenőr: Dr. Hermanucz Péter	Víz-Csatorna-Pincészsint-Alaprajz	Rajzszám: 3/4
Munkaszám: MSZ-1		Változat: 1

Jelmagyarázat:

- szennyvíz vezeték
- zsíros szennyvíz vezeték
- hidegvíz vezeték
- melegvíz vezeték
- cirkulációs vezeték
- tűzvíz vezeték
- Hőszivattyú hűtőközeg előremenő
- Hőszivattyú hűtőközeg előremenő



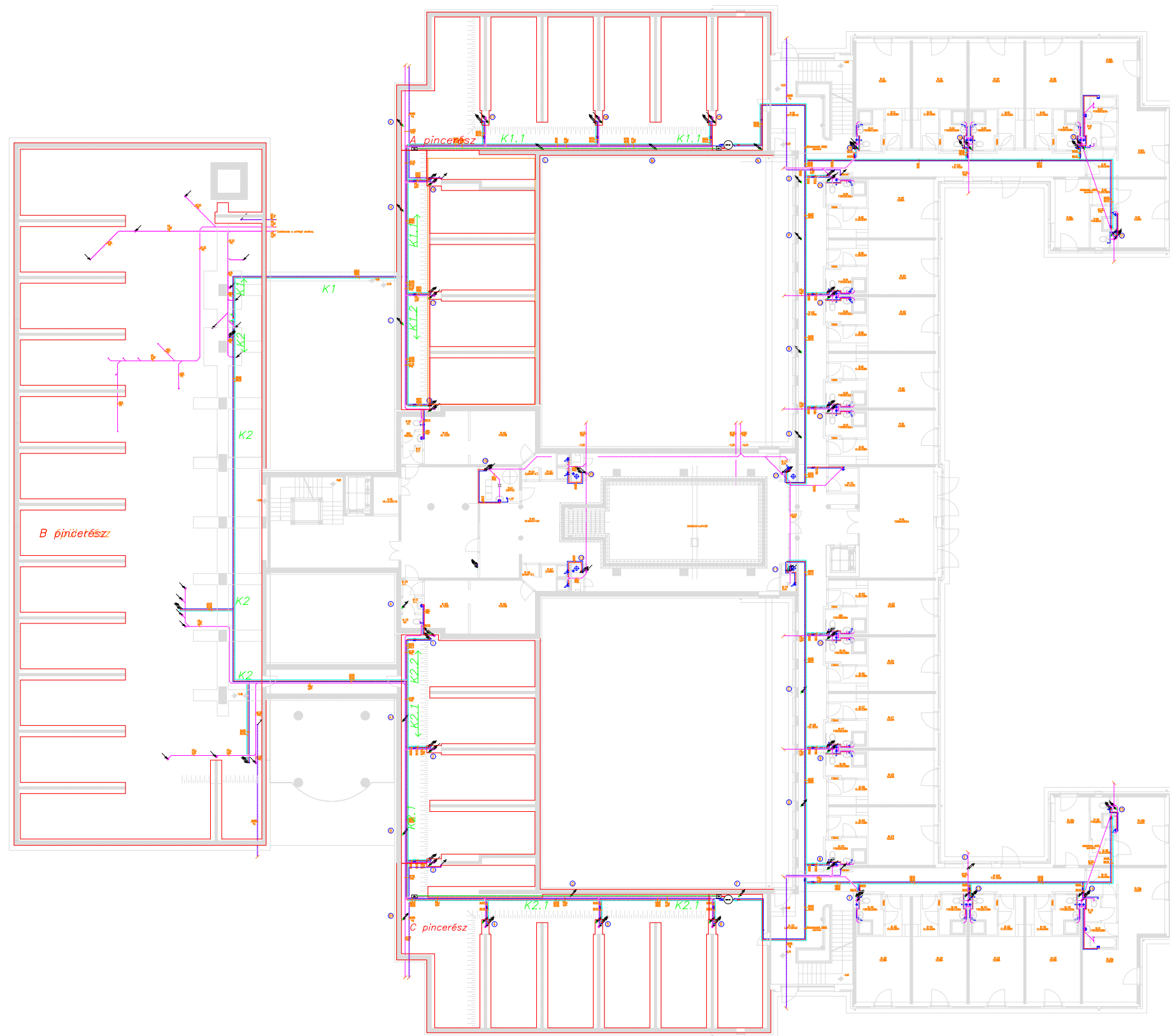
HMV Puffertartály 1 hőcserélővel



Vailant aroTHERM VWL 55/5 AS
hőtermelő egység



Vailant aroTHERM VWL 55/5 AS
hőcserélő egység



4. számú melléklet		Megbízó: MATE-épületgépészet és energetika tanszék 2100_Gödöllő
Tervező: Ismeretlen	Megnevezés: Diplomadolgozat Egy budapesti időszonon épületében a potenciálisan felhasználható energiák feltérképezése és hasznosítása	Méretarány: 1:50
Szerkesztő: Vas Áron István		Dátum: 2023.04.23
Ellenőr: Dr. Hermanucz Péter		Rajzszám: 4/4
Munkaszám: MSZ-1	Víz-Csatorna-Pinceszint-Alaprajz HMV-Hasznosítással	Változat: 1

K1-es fűtési kör hőveszteség értékeinek meghatározása

Fűtési előremenő DN80		
Bemeneő adatok		
t1	65	°C
t2	11,86	°C
r1	41,3	mm
r2	44,5	mm
r3	53,5	mm
h	11,86	m
λ1	50	W/mK
λ2	0,35	W/mK
Cp 65°C	4185,17	J/kgK
μ 65°C	0,000433	kg/ms
κ 65°C	0,659017	W/mK
ρ 65°C	980,5653	kg/m3
u	0,576	m/s
dh	0,0826	m
hr	1	W/m2K
clev	1,013	kJ/kgK
L0	1	m
plev	1,217	kg/m3
vszél	0,277778	m/s

Fűtési DN80		
r1	0,0413	m
r2	0,0445	m
r3	0,0535	m

Fő bemeneő adatok		
Qpont	150	kW

Fő számított adatok		
Vpont	12,903	m3/h
v	0,576	m/s
Qpont K1_1	121,898	kW
Qpont K1_2	27,088	kW

(~12,8 m3/h)
(~0,7 m/s)

Számított adatok		
Pr	2,751523	-
Re	107698,1	-
Nu	330,6483	-
hi	2638,049	W/m2K
G	0,338056	kg/m2s
hc	4,544653	W/m2K
h0	5,544653	W/m2K

Hővezetési tényező értéke		
U	4,782859	W/m2K
U/1	0,20908	W/m2K

Az egységnyi hőveszteség		
Qee	85,43637	W/m

A korrigált fűt telj.		
Qe*	148,9867	kW

A hőveszteség a telj. csövön		
Qet	1013,275	W

A korrigált közeg hőm.		
t1*	64,93245	°C

Fűtési visszatérő DN80		
Bemeneő adatok		
t1	53,00017	°C
t2	11,86	°C
r1	41,3	mm
r2	44,5	mm
r3	53,5	mm
h	11,86	m
λ1	50	W/mK
λ2	0,35	W/mK
Cp 55°C	4180,89	J/kgK
μ 55°C	0,0005	kg/ms
κ 55°C	0,6492	W/mK
ρ 55°C	985,7064	kg/m3
u	0,576	m/s
dh	0,0826	m
hr	1	W/m2K
clev	1,013	kJ/kgK
L0	1	m
plev	1,217	kg/m3
vszél	0,277778	m/s

r1	0,0413	m
r2	0,0445	m
r3	0,0535	m

Fő számított adatok		
Vpont	12,903	m3/h
v	0,576	m/s
Qpont K1_1	121,898	kW
Qpont K1_2	27,088	kW

Számított adatok		
Pr	3,220032	-
Re	93813,63	-
Nu	310,3835	-
hi	2439,479	W/m2K
G	0,338056	kg/m2s
hc	4,544653	W/m2K
h0	5,544653	W/m2K

Hővezetési tényező értéke		
U	4,781945	W/m2K
U/1	0,20912	W/m2K

Az egységnyi hőveszteség		
Qve	66,13087	W/m

A korrigált fűt telj.		
Qv*	149,2157	kW

A hőveszteség a telj. csövön		
Qvt	784,3122	W

A korrigált közeg hőm.		
t2*	51,29656	°C

Strangok	
K1_1	27
K1_2	6
Össz.:	33

Felt. hőm. [°C]	
t1	65
t2	55
dt	10
tk	11,86

A korrigált fűt telj.		
Q*	26,03983	kW

A korrigált közeg hőm.		
t1*	63,19646	°C

össz. vissz. dt veszteség a 80-as csőig		
dtv	3,703439	°C

Fűtési előremenő DN65			Fűtési DN65 K1_1			Fűtési visszatérő DN65														
Bemeneő adatok						Bemeneő adatok														
t1	64,93245	°C				t1	53,05448	°C												
t2	11,86	°C				t2	11,86	°C												
r1	35,15	mm	→	r1	0,03515	m														
r2	38,05	mm	→	r2	0,03805	m														
r3	47,05	mm	→	r3	0,04705	m														
h	14	m				h	14	m												
λ1	50	W/mK				λ1	50	W/mK												
λ2	0,35	W/mK				λ2	0,35	W/mK												
Cp 65°C	4185,17	J/kgK				Cp 55°C	4180,89	J/kgK												
μ 65°C	0,000433	kg/ms				μ 55°C	0,0005	kg/ms												
κ 65°C	0,659017	W/mK				κ 55°C	0,6492	W/mK												
ρ 65°C	980,5653	kg/m3				ρ 55°C	985,7064	kg/m3												
u	0,576	m/s				u	0,576	m/s												
dh	0,0703	m				dh	0,0703	m												
hr	1	W/m2K				hr	1	W/m2K												
clev	1,013	kJ/kgK				clev	1,013	kJ/kgK												
L0	1	m				L0	1	m												
ρlev	1,217	kg/m3				ρlev	1,217	kg/m3												
vszél	0,277778	m/s				vszél	0,277778	m/s												
Számított adatok						Számított adatok														
Pr	2,751523	-				Pr	3,220032	-												
Re	91660,75	-				Re	79843,8	-												
Nu	290,634	-				Nu	272,8217	-												
hi	2724,507	W/m2K				hi	2519,429	W/m2K												
G	0,338056	kg/m2s				G	0,338056	kg/m2s												
hc	4,544653	W/m2K				hc	4,544653	W/m2K												
h0	5,544653	W/m2K				h0	5,544653	W/m2K												
Hővezetési tényező értéke						Hővezetési tényező értéke														
U	4,774174	W/m2K	←	U/1	0,20946	W/m2K														
Az egységnyi hőveszteség			A korrigált fűt telj.			Az egységnyi hőveszteség			A korrigált fűt telj.											
Qee	74,90431	W/m				Qe*	120,8496	kW				Qve	58,12912	W/m				Qv*	119,8798	kW
A hőveszteség a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.			A hőveszteség a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.											
Qet	1048,66	W				t1*	63,05664	°C				Qvt	813,8077	W				t2*	53,00017	°C

Fűtési előremenő DN50			Fűtési DN50 K1_1			Fűtési visszatérő DN50		
Bemeneő adatok						Bemeneő adatok		
t1	63,05664	°C				t1	53,12538	°C
t2	11,86	°C				t2	11,86	°C
r1	27,25	mm	→	r1	0,02725	m		
r2	30,15	mm	→	r2	0,03015	m		
r3	39,15	mm	→	r3	0,03915	m		
h	22	m				h	22	m
λ1	50	W/mK				λ1	50	W/mK
λ2	0,35	W/mK				λ2	0,35	W/mK
Cp 63°C	4184,145	J/kgK				Cp 55°C	4180,89	J/kgK
μ 63°C	0,000446	kg/ms				μ 55°C	0,0005	kg/ms
κ 63°C	0,657231	W/mK				κ 55°C	0,6492	W/mK
ρ 63°C	981,6405	kg/m3				ρ 55°C	985,7064	kg/m3
u	0,576	m/s				u	0,576	m/s
dh	0,0545	m				dh	0,0545	m
hr	1	W/m2K				hr	1	W/m2K
clev	1,013	kJ/kgK				clev	1,013	kJ/kgK
L0	1	m				L0	1	m
ρlev	1,217	kg/m3				ρlev	1,217	kg/m3
vszél	0,277778	m/s				vszél	0,277778	m/s
Számított adatok						Számított adatok		
Pr	2,839604	-				Pr	3,220032	-
Re	69101,62	-				Re	61898,82	-
Nu	234,0431	-				Nu	222,5522	-
hi	2822,392	W/m2K				hi	2651,025	W/m2K
G	0,338056	kg/m2s				G	0,338056	kg/m2s
hc	4,544653	W/m2K				hc	4,544653	W/m2K
h0	5,544653	W/m2K				h0	5,544653	W/m2K
Hővezetési tényező értéke						Hővezetési tényező értéke		
U	4,758257	W/m2K	←	U/1	0,210161	W/m2K		
Az egységnyi hőveszteség						Az egységnyi hőveszteség		
Qee	59,92403	W/m				Qve	48,29224	W/m
A hőveszteség a telj. csövön						A hőveszteség a telj. csövön		
Qet	1318,329	W				Qvt	1062,429	W
A korrigált fűt telj.						A korrigált fűt telj.		
Qe*	119,5312	kW				Qv*	120,6936	kW
A korrigált közeg hőm.						A korrigált közeg hőm.		
t1*	62,9707	°C				t2*	53,05448	°C

Fűtési előremenő DN20			Fűtési DN20 K1_1			Fűtési visszatérő DN20		
Bemeneő adatok						Bemeneő adatok		
t1	62,9707	°C				t1	55	°C
t2	11,86	°C				t2	11,86	°C
r1	11,15	mm	→	r1	0,01115	m		
r2	13,45	mm	→	r2	0,01345	m		
r3	22,45	mm	→	r3	0,02245	m		
h	5	m				h	5	m
λ1	50	W/mK				λ1	50	W/mK
λ2	0,35	W/mK				λ2	0,35	W/mK
Cp 63°C	4184,145	J/kgK				Cp 55°C	4180,89	J/kgK
μ 63°C	0,000446	kg/ms				μ 55°C	0,0005	kg/ms
κ 63°C	0,657231	W/mK				κ 55°C	0,6492	W/mK
ρ 63°C	981,6405	kg/m ³				ρ 55°C	985,7064	kg/m ³
u	0,576	m/s				u	0,576	m/s
dh	0,0223	m				dh	0,0223	m
hr	1	W/m ² K				hr	1	W/m ² K
clev	1,013	kJ/kgK				clev	1,013	kJ/kgK
L0	1	m				L0	1	m
ρlev	1,217	kg/m ³				ρlev	1,217	kg/m ³
vszél	0,277778	m/s				vszél	0,277778	m/s
Számított adatok						Számított adatok		
Pr	2,839604	-				Pr	3,220032	-
Re	28274,61	-				Re	25327,41	-
Nu	114,5045	-				Nu	108,8826	-
hi	3374,703	W/m ² K				hi	3169,802	W/m ² K
G	0,338056	kg/m ² s				G	0,338056	kg/m ² s
hc	4,544653	W/m ² K				hc	4,544653	W/m ² K
h0	5,544653	W/m ² K				h0	5,544653	W/m ² K
Hővezetési tényező értéke						Hővezetési tényező értéke		
U	4,675172	W/m ² K	←	U/1	0,213896	W/m ² K		
Az egységnyi hővesztés						Az egységnyi hővesztés		
Q _{ee}	33,70587	W/m				Q _{ve}	28,44432	W/m
A hővesztés a telj. csövön						A hővesztés a telj. csövön		
Q _{et}	168,5294	W				Q _{vt}	142,2216	W
A korrigált fűt telj.						A korrigált fűt telj.		
Q _{e*}	119,3627	kW				Q _{v*}	121,756	kW
A korrigált közeg hőm.						A korrigált közeg hőm.		
t _{1*}	62,95946	°C				t _{2*}	53,12538	°C



Fűtési előremenő DN65			Fűtési DN65 K1_2			Fűtési visszatérő DN65														
Bemeneő adatok						Bemeneő adatok														
t1	64,93245	°C				t1	55	°C												
t2	11,86	°C				t2	11,86	°C												
r1	35,15	mm	→	r1	0,03515	m														
r2	38,05	mm	→	r2	0,03805	m														
r3	47,05	mm	→	r3	0,04705	m														
h	36	m				h	36	m												
λ1	50	W/mK				λ1	50	W/mK												
λ2	0,35	W/mK				λ2	0,35	W/mK												
Cp 65°C	4185,17	J/kgK				Cp 55°C	4180,89	J/kgK												
μ 65°C	0,000433	kg/ms				μ 55°C	0,0005	kg/ms												
κ 65°C	0,659017	W/mK				κ 55°C	0,6492	W/mK												
ρ 65°C	980,5653	kg/m3				ρ 55°C	985,7064	kg/m3												
u	0,576	m/s				u	0,576	m/s												
dh	0,0703	m				dh	0,0703	m												
hr	1	W/m2K				hr	1	W/m2K												
clev	1,013	kJ/kgK				clev	1,013	kJ/kgK												
L0	1	m				L0	1	m												
ρlev	1,217	kg/m3				ρlev	1,217	kg/m3												
vszél	0,277778	m/s				vszél	0,277778	m/s												
Számított adatok						Számított adatok														
Pr	2,751523	-				Pr	3,220032	-												
Re	91660,75	-				Re	79843,8	-												
Nu	290,634	-				Nu	272,8217	-												
hi	2724,507	W/m2K				hi	2519,429	W/m2K												
G	0,338056	kg/m2s				G	0,338056	kg/m2s												
hc	4,544653	W/m2K				hc	4,544653	W/m2K												
h0	5,544653	W/m2K				h0	5,544653	W/m2K												
Hővezetési tényező értéke						Hővezetési tényező értéke														
U	4,774174	W/m2K	←	U/1	0,20946	W/m2K														
						U	4,773262	W/m2K	←	U/1	0,2095	W/m2K								
Az egységnyi hőveszteség			A korrigált fűt telj.			Az egységnyi hőveszteség			A korrigált fűt telj.											
Qee	74,90431	W/m				Qe*	24,39194	kW				Qve	60,87443	W/m				Qv*	24,89702	kW
A hőveszteség a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.			A hőveszteség a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.											
Qet	2696,555	W				t1*	63,30632	°C				Qvt	2191,48	W				t2*	53,3385	°C

össz. előre1 dt veszteség a 80-as csőig			össz. előre2 dt veszteség a 80-as csőig			
dtv	2,040537475	°C	/	dtv	1,693681029	°C

A hőveszteség a teljes K1-es kazán szakaszon		
QfK1	11,23959956	kW

A hőveszteség az A épületrészben		
QfA	9,442012052	kW

A hőveszteség az B épületrészben		
QfB	1,797587509	kW

K2-es fűtési kör hővesztés értékeinek meghatározása

Fűtési előremenő DN80			Fűtési DN80		
Bemeneő adatok					
t1	65	°C			
t2	11,86	°C			
r1	41,3	mm	→	r1	0,0413 m
r2	44,5	mm	→	r2	0,0445 m
r3	53,5	mm	→	r3	0,0535 m
h	36	m			
λ1	50	W/mK			
λ2	0,35	W/mK			
Cp 65°C	4185,17	J/kgK			
μ 65°C	0,000433	kg/ms			
κ 65°C	0,659017	W/mK			
ρ 65°C	980,5653	kg/m3			
u	0,576114	m/s			
dh	0,0826	m			
hr	1	W/m2K			
clev	1,013	kJ/kgK			
L0	1	m			
plev	1,217	kg/m3			
vszél	0,277778	m/s			

Fő bemeneő adatok		
Qpont	150	kW

Fő számított adatok		
Vpont	12,9027	m3/h
v	0,576114	m/s
Qpont K2_1	121,7813	kW
Qpont K2_2	24,35625	kW

Számított adatok		
Pr	2,751523	-
Re	107698,1	-
Nu	330,6483	-
hi	2638,049	W/m2K
G	0,338056	kg/m2s
hc	4,544653	W/m2K
h0	5,544653	W/m2K

Hővezetési tényező értéke		
U	4,782859	W/m2K
←	U/1	0,20908 W/m2K

Az egységnyi hővesztés		
Qee	85,43637	W/m

A korrigált fűt telj.		
Qe*	146,9243	kW

A hővesztés a telj. csövön		
Qet	3075,709	W

A korrigált közeg hőm.		
t1*	64,79495	°C

Fűtési visszatérő DN80					
Bemeneő adatok					
t1	52,85056	°C			
t2	11,86	°C			
r1	41,3	mm	→	r1	0,0413 m
r2	44,5	mm	→	r2	0,0445 m
r3	53,5	mm	→	r3	0,0535 m
h	36	m			
λ1	50	W/mK			
λ2	0,35	W/mK			
Cp 55°C	4180,89	J/kgK			
μ 55°C	0,0005	kg/ms			
κ 55°C	0,6492	W/mK			
ρ 55°C	985,7064	kg/m3			
u	0,576114	m/s			
dh	0,0826	m			
hr	1	W/m2K			
clev	1,013	kJ/kgK			
L0	1	m			
plev	1,217	kg/m3			
vszél	0,277778	m/s			

Számított adatok		
Pr	3,220032	-
Re	93813,63	-
Nu	310,3835	-
hi	2439,479	W/m2K
G	0,338056	kg/m2s
hc	4,544653	W/m2K
h0	5,544653	W/m2K

Hővezetési tényező értéke		
U	4,781945	W/m2K
←	U/1	0,20912 W/m2K

Az egységnyi hővesztés		
Qve	65,8904	W/m

A korrigált fűt telj.		
Qv*	147,018	kW

A hővesztés a telj. csövön		
Qvt	2372,054	W

A korrigált közeg hőm.		
t2*	52,6618	°C

Strangok	
K2.1	25
K2.2	5
Össz.:	30

Felt. hőm. [°C]	
t1	65
t2	55
dt	10
tk	11,86

össz. vissz. dt veszteség a 80-as csőig		
dtv	2,338204	°C

Fűtési előremenő DN32			Fűtési DN32			Fűtési visszatérő DN32								
Bemeneő adatok						Bemeneő adatok								
t1	64,79495	°C				t1	52,88103	°C						
t2	11,86	°C				t2	11,86	°C						
r1	8,6	mm	→	r1	0,0086	m	r1	8,6	mm	→	r1	0,0086	m	
r2	21,2	mm	→	r2	0,0212	m	r2	21,2	mm	→	r2	0,0212	m	
r3	30,2	mm	→	r3	0,0302	m	r3	30,2	mm	→	r3	0,0302	m	
h	11,86	m				h	11,86	m						
λ1	50	W/mK				λ1	50	W/mK						
λ2	0,35	W/mK				λ2	0,35	W/mK						
Cp 65°C	4185,17	J/kgK				Cp 55°C	4180,89	J/kgK						
μ 65°C	0,000433	kg/ms				μ 55°C	0,0005	kg/ms						
κ 65°C	0,659017	W/mK				κ 55°C	0,6492	W/mK						
ρ 65°C	980,5653	kg/m3				ρ 55°C	985,7064	kg/m3						
u	0,576114	m/s				u	0,576114	m/s						
dh	0,0172	m				dh	0,0172	m						
hr	1	W/m2K				hr	1	W/m2K						
clev	1,013	kJ/kgK				clev	1,013	kJ/kgK						
L0	1	m				L0	1	m						
ρlev	1,217	kg/m3				ρlev	1,217	kg/m3						
vszél	0,277778	m/s				vszél	0,277778	m/s						
Számított adatok						Számított adatok								
Pr	2,751523	-				Pr	3,220032	-						
Re	22426,24	-				Re	19535,04	-						
Nu	94,23343	-				Nu	88,45805	-						
hi	3610,549	W/m2K				hi	3338,777	W/m2K						
G	0,338056	kg/m2s				G	0,338056	kg/m2s						
hc	4,544653	W/m2K				hc	4,544653	W/m2K						
h0	5,544653	W/m2K				h0	5,544653	W/m2K						
Hővezetési tényező értéke						Hővezetési tényező értéke								
U	4,708034	W/m2K	←	U/1	0,212403	W/m2K	U	4,70628	W/m2K	←	U/1	0,212482	W/m2K	
Az egységnyi hőveszteség			A korrigált fűt telj.			Az egységnyi hőveszteség			A korrigált fűt telj.					
Qee	47,28996	W/m				Qe*	146,3634	kW	Qve	36,63289	W/m			
A hőveszteség a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.			A hőveszteség a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.					
Qet	560,8589	W				t1*	64,75756	°C	Qvt	434,466	W			
									t2*	52,85056	°C			

Fűtési előremenő DN20			Fűtési DN20			Fűtési visszatérő DN20						
Bemeneő adatok						Bemeneő adatok						
t1	64,75756	°C				t1	52,87956	°C				
t2	11,86	°C				t2	11,86	°C				
r1	11,15	mm	→	r1	0,01115	m				r1	0,01115	m
r2	13,45	mm	→	r2	0,01345	m				r2	0,01345	m
r3	22,45	mm	→	r3	0,02245	m				r3	0,02245	m
h	3	m				h	3	m				
λ1	50	W/mK				λ1	50	W/mK				
λ2	0,35	W/mK				λ2	0,35	W/mK				
Cp 65°C	4185,17	J/kgK				Cp 55°C	4180,89	J/kgK				
μ 65°C	0,000433	kg/ms				μ 55°C	0,0005	kg/ms				
κ 65°C	0,659017	W/mK				κ 55°C	0,6492	W/mK				
ρ 65°C	980,5653	kg/m3				ρ 55°C	985,7064	kg/m3				
u	0,576114	m/s				u	0,576114	m/s				
dh	0,0223	m				dh	0,0223	m				
hr	1	W/m2K				hr	1	W/m2K				
clev	1,013	kJ/kgK				clev	1,013	kJ/kgK				
L0	1	m				L0	1	m				
ρlev	1,217	kg/m3				ρlev	1,217	kg/m3				
vszél	0,277778	m/s				vszél	0,277778	m/s				
Számított adatok						Számított adatok						
Pr	2,751523	-				Pr	3,220032	-				
Re	29075,89	-				Re	25327,41	-				
Nu	115,9915	-				Nu	108,8826	-				
hi	3427,82	W/m2K				hi	3169,802	W/m2K				
G	0,338056	kg/m2s				G	0,338056	kg/m2s				
hc	4,544653	W/m2K				hc	4,544653	W/m2K				
h0	5,544653	W/m2K				h0	5,544653	W/m2K				
Hővezetési tényező értéke						Hővezetési tényező értéke						
U	4,675374	W/m2K	←	U/1	0,213887	W/m2K				U	4,674329	W/m2K
Az egységnyi hőveszteség						Az egységnyi hőveszteség						
Qee	34,88576	W/m				Qe*	146,2588	kW				
A hőveszteség a telj. csövön						A hőveszteség a telj. csövön						
Qet	104,6573	W				t1*	64,75058	°C				
						Az egységnyi hőveszteség						
						Qve	27,04621	W/m				
						A korrigált fűt telj.						
						Qv*	149,8245	kW				
						A hőveszteség a telj. csövön						
						Qvt	81,13864	W				
						A korrigált közeg hőm.						
						t2*	52,88103	°C				

Fűtési előremenő DN15			Fűtési DN15			Fűtési visszatérő DN15						
Bemeneő adatok						Bemeneő adatok						
t1	64,75756	°C				t1	53,03531	°C				
t2	11,86	°C				t2	11,86	°C				
r1	8,65	mm	→	r1	0,00865	m				r1	0,00865	m
r2	10,65	mm	→	r2	0,01065	m				r2	0,01065	m
r3	19,65	mm	→	r3	0,01965	m				r3	0,01965	m
h	4	m				h	4	m				
λ1	50	W/mK				λ1	50	W/mK				
λ2	0,35	W/mK				λ2	0,35	W/mK				
Cp 65°C	4185,17	J/kgK				Cp 55°C	4180,89	J/kgK				
μ 65°C	0,000433	kg/ms				μ 55°C	0,0005	kg/ms				
κ 65°C	0,659017	W/mK				κ 55°C	0,6492	W/mK				
ρ 65°C	980,5653	kg/m3				ρ 55°C	985,7064	kg/m3				
u	0,576114	m/s				u	0,576114	m/s				
dh	0,0173	m				dh	0,0173	m				
hr	1	W/m2K				hr	1	W/m2K				
clev	1,013	kJ/kgK				clev	1,013	kJ/kgK				
L0	1	m				L0	1	m				
ρlev	1,217	kg/m3				ρlev	1,217	kg/m3				
vszél	0,277778	m/s				vszél	0,277778	m/s				
Számított adatok						Számított adatok						
Pr	2,751523	-				Pr	3,220032	-				
Re	22556,63	-				Re	19648,62	-				
Nu	94,67147	-				Nu	88,86924	-				
hi	3606,365	W/m2K				hi	3334,908	W/m2K				
G	0,338056	kg/m2s				G	0,338056	kg/m2s				
hc	4,544653	W/m2K				hc	4,544653	W/m2K				
h0	5,544653	W/m2K				h0	5,544653	W/m2K				
Hővezetési tényező értéke						Hővezetési tényező értéke						
U	4,641361	W/m2K	←	U/1	0,215454	W/m2K				U	4,640256	W/m2K
Az egységnyi hőveszteség						Az egységnyi hőveszteség						
Q _{ee}	30,31261	W/m				A korrigált fűt telj.						
						Q _{e*}	146,1375	kW				
A hőveszteség a telj. csövön						A hőveszteség a telj. csövön						
Q _{et}	121,2505	W				A korrigált közeg hőm.						
						t1*	64,7425	°C				
						A korrigált fűt telj.						
						Q _{vt}	94,35856	W				
						A korrigált közeg hőm.						
						t2*	52,87956	°C				

Fűtési előremenő DN65			Fűtési DN65 K2.1			Fűtési visszatérő DN65						
Bemeneő adatok						Bemeneő adatok						
t1	64,7425	°C				t1	53,03531	°C				
t2	11,86	°C				t2	11,86	°C				
r1	35,15	mm	→	r1	0,03515	m				r1	0,03515	m
r2	38,05	mm	→	r2	0,03805	m				r2	0,03805	m
r3	47,05	mm	→	r3	0,04705	m				r3	0,04705	m
h	20	m				h	20	m				
λ1	50	W/mK				λ1	50	W/mK				
λ2	0,35	W/mK				λ2	0,35	W/mK				
Cp 65°C	4185,17	J/kgK				Cp 55°C	4180,89	J/kgK				
μ 65°C	0,000433	kg/ms				μ 55°C	0,0005	kg/ms				
κ 65°C	0,659017	W/mK				κ 55°C	0,6492	W/mK				
ρ 65°C	980,5653	kg/m3				ρ 55°C	985,7064	kg/m3				
u	0,576114	m/s				u	0,576114	m/s				
dh	0,0703	m				dh	0,0703	m				
hr	1	W/m2K				hr	1	W/m2K				
clev	1,013	kJ/kgK				clev	1,013	kJ/kgK				
L0	1	m				L0	1	m				
ρlev	1,217	kg/m3				ρlev	1,217	kg/m3				
vszél	0,277778	m/s				vszél	0,277778	m/s				
Számított adatok						Számított adatok						
Pr	2,751523	-				Pr	3,220032	-				
Re	91660,75	-				Re	79843,8	-				
Nu	290,634	-				Nu	272,8217	-				
hi	2724,507	W/m2K				hi	2519,429	W/m2K				
G	0,338056	kg/m2s				G	0,338056	kg/m2s				
hc	4,544653	W/m2K				hc	4,544653	W/m2K				
h0	5,544653	W/m2K				h0	5,544653	W/m2K				
Hővezetési tényező értéke						Hővezetési tényező értéke						
U	4,774174	W/m2K	←	U/1	0,20946	W/m2K				U	4,773262	W/m2K
Az egységnyi hőveszteség						Az egységnyi hőveszteség						
Qee	74,63623	W/m				Qe*	120,2885	kW				
A hőveszteség a telj. csövön						A hőveszteség a telj. csövön						
Qet	1492,725	W				t1*	63,01924	°C				
						A korrigált fűt telj.						
						Qve	58,10208	W/m				
						Qv*	119,2444	kW				
						A korrigált közeg hőm.						
						Qvt	1162,042	W	t2*	52,95776	°C	

Fűtési előremenő DN50				Fűtési DN50 K2.1				Fűtési visszatérő DN50						
Bemeneő adatok								Bemeneő adatok						
t1	63,01924	°C						t1	53,10618	°C				
t2	11,86	°C						t2	11,86	°C				
r1	27,25	mm	→	r1	0,02725	m		r1	27,25	mm	→			
r2	30,15	mm	→	r2	0,03015	m		r2	30,15	mm	→			
r3	39,15	mm	→	r3	0,03915	m		r3	39,15	mm	→			
h	22	m						h	22	m				
λ1	50	W/mK						λ1	50	W/mK				
λ2	0,35	W/mK						λ2	0,35	W/mK				
Cp 63°C	4184,145	J/kgK						Cp 55°C	4180,89	J/kgK				
μ 63°C	0,000446	kg/ms						μ 55°C	0,0005	kg/ms				
κ 63°C	0,657231	W/mK						κ 55°C	0,6492	W/mK				
ρ 63°C	981,6405	kg/m3						ρ 55°C	985,7064	kg/m3				
u	0,576114	m/s						u	0,576114	m/s				
dh	0,0545	m						dh	0,0545	m				
hr	1	W/m2K						hr	1	W/m2K				
clev	1,013	kJ/kgK						clev	1,013	kJ/kgK				
L0	1	m						L0	1	m				
plev	1,217	kg/m3						plev	1,217	kg/m3				
vszél	0,277778	m/s						vszél	0,277778	m/s				
Számított adatok								Számított adatok						
Pr	2,839604	-						Pr	3,220032	-				
Re	69101,62	-						Re	61898,82	-				
Nu	234,0431	-						Nu	222,5522	-				
hi	2822,392	W/m2K						hi	2651,025	W/m2K				
G	0,338056	kg/m2s						G	0,338056	kg/m2s				
hc	4,544653	W/m2K						hc	4,544653	W/m2K				
h0	5,544653	W/m2K						h0	5,544653	W/m2K				
Hővezetési tényező értéke				Hővezetési tényező értéke										
U	4,758257	W/m2K	←	U/1	0,210161	W/m2K		U	4,757512	W/m2K	←			
Az egységnyi hőveszteség				A korrigált fűt telj.				Az egységnyi hőveszteség				A korrigált fűt telj.		
Qee	59,88025	W/m		Qe*	118,9712	kW		Qve	48,26978	W/m		Qv*	120,4064	kW
A hőveszteség a telj. csövön				A korrigált közeg hőm.				A hőveszteség a telj. csövön				A korrigált közeg hőm.		
Qet	1317,366	W		t1*	62,93335	°C		Qvt	1061,935	W		t2*	53,03531	°C

Fűtési előremenő DN20			Fűtési DN20 K2.1			Fűtési visszatérő DN20					
Bemeneő adatok						Bemeneő adatok					
t1	62,93335	°C				t1	55	°C			
t2	11,86	°C				t2	11,86	°C			
r1	11,15	mm	→	r1	0,01115	m	→	r1	0,01115	m	
r2	13,45	mm	→	r2	0,01345	m	→	r2	0,01345	m	
r3	22,45	mm	→	r3	0,02245	m	→	r3	0,02245	m	
h	11	m				h	11	m			
λ1	50	W/mK				λ1	50	W/mK			
λ2	0,35	W/mK				λ2	0,35	W/mK			
Cp 63°C	4184,145	J/kgK				Cp 55°C	4180,89	J/kgK			
μ 63°C	0,000446	kg/ms				μ 55°C	0,0005	kg/ms			
κ 63°C	0,657231	W/mK				κ 55°C	0,6492	W/mK			
ρ 63°C	981,6405	kg/m3				ρ 55°C	985,7064	kg/m3			
u	0,576114	m/s				u	0,576114	m/s			
dh	0,0223	m				dh	0,0223	m			
hr	1	W/m2K				hr	1	W/m2K			
clev	1,013	kJ/kgK				clev	1,013	kJ/kgK			
L0	1	m				L0	1	m			
plev	1,217	kg/m3				plev	1,217	kg/m3			
vszél	0,277778	m/s				vszél	0,277778	m/s			
Számított adatok						Számított adatok					
Pr	2,839604	-				Pr	3,220032	-			
Re	28274,61	-				Re	25327,41	-			
Nu	114,5045	-				Nu	108,8826	-			
hi	3374,703	W/m2K				hi	3169,802	W/m2K			
G	0,338056	kg/m2s				G	0,338056	kg/m2s			
hc	4,544653	W/m2K				hc	4,544653	W/m2K			
h0	5,544653	W/m2K				h0	5,544653	W/m2K			
Hővezetési tényező értéke						Hővezetési tényező értéke					
U	4,675172	W/m2K	←	U/1	0,213896	W/m2K	←	U/1	0,213934	W/m2K	
Az egységnyi hőveszteség			A korrigált fűt telj.			Az egységnyi hőveszteség			A korrigált fűt telj.		
Qee	33,68125	W/m				Qe*	118,6007	kW			
A hőveszteség a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.			A hőveszteség a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.		
Qet	370,4937	W				t1*	62,90865	°C			



Fűtési előremenő DN25			Fűtési DN25 K2.2			Fűtési visszatérő DN25						
Bemeneő adatok						Bemeneő adatok						
t1	64,7425	°C				t1	53,36804	°C				
t2	11,86	°C				t2	11,86	°C				
r1	35,15	mm	→	r1	0,03515	m				r1	0,03515	m
r2	38,05	mm	→	r2	0,03805	m				r2	0,03805	m
r3	47,05	mm	→	r3	0,04705	m				r3	0,04705	m
h	19	m				h	19	m				
λ1	50	W/mK				λ1	50	W/mK				
λ2	0,35	W/mK				λ2	0,35	W/mK				
Cp 65°C	4185,17	J/kgK				Cp 55°C	4180,89	J/kgK				
μ 65°C	0,000433	kg/ms				μ 55°C	0,0005	kg/ms				
κ 65°C	0,659017	W/mK				κ 55°C	0,6492	W/mK				
ρ 65°C	980,5653	kg/m3				ρ 55°C	985,7064	kg/m3				
u	0,576114	m/s				u	0,576114	m/s				
dh	0,0703	m				dh	0,0703	m				
hr	1	W/m2K				hr	1	W/m2K				
clev	1,013	kJ/kgK				clev	1,013	kJ/kgK				
L0	1	m				L0	1	m				
ρlev	1,217	kg/m3				ρlev	1,217	kg/m3				
vszél	0,277778	m/s				vszél	0,277778	m/s				
Számított adatok						Számított adatok						
Pr	2,751523	-				Pr	3,220032	-				
Re	91660,75	-				Re	79843,8	-				
Nu	290,634	-				Nu	272,8217	-				
hi	2724,507	W/m2K				hi	2519,429	W/m2K				
G	0,338056	kg/m2s				G	0,338056	kg/m2s				
hc	4,544653	W/m2K				hc	4,544653	W/m2K				
h0	5,544653	W/m2K				h0	5,544653	W/m2K				
Hővezetési tényező értéke						Hővezetési tényező értéke						
U	4,774174	W/m2K	←	U/1	0,20946	W/m2K				U	4,773262	W/m2K
Az egységnyi hőveszteség						Az egységnyi hőveszteség						
Qee	74,63623	W/m				A korrigált fűt telj.						
						Qe*	22,93817	kW				
A hőveszteség a telj. csövön						A hőveszteség a telj. csövön						
Qet	1418,088	W				A korrigált közeg hőm.						
						t1*	63,47079	°C				
						A korrigált közeg hőm.						
						Qvt	1112,86	W	t2*	53,29377	°C	

Fűtési előremenő DN20			Fűtési DN20 K2.2			Fűtési visszatérő DN20											
Bemeneő adatok						Bemeneő adatok											
t1	63,47079	°C				t1	53,38448	°C									
t2	11,86	°C				t2	11,86	°C									
r1	11,15	mm	→	r1	0,01115	m	r1	11,15	mm	→	r1	0,01115	m				
r2	13,45	mm	→	r2	0,01345	m	r2	13,45	mm	→	r2	0,01345	m				
r3	22,45	mm	→	r3	0,02245	m	r3	22,45	mm	→	r3	0,02245	m				
h	9	m				h	9	m									
λ1	50	W/mK				λ1	50	W/mK									
λ2	0,35	W/mK				λ2	0,35	W/mK									
Cp 63°C	4184,145	J/kgK				Cp 55°C	4180,89	J/kgK									
μ 63°C	0,000446	kg/ms				μ 55°C	0,0005	kg/ms									
κ 63°C	0,657231	W/mK				κ 55°C	0,6492	W/mK									
ρ 63°C	981,6405	kg/m3				ρ 55°C	985,7064	kg/m3									
u	0,576114	m/s				u	0,576114	m/s									
dh	0,0223	m				dh	0,0223	m									
hr	1	W/m2K				hr	1	W/m2K									
clev	1,013	kJ/kgK				clev	1,013	kJ/kgK									
L0	1	m				L0	1	m									
ρlev	1,217	kg/m3				ρlev	1,217	kg/m3									
vszél	0,277778	m/s				vszél	0,277778	m/s									
Számított adatok						Számított adatok											
Pr	2,839604	-				Pr	3,220032	-									
Re	28274,61	-				Re	25327,41	-									
Nu	114,5045	-				Nu	108,8826	-									
hi	3374,703	W/m2K				hi	3169,802	W/m2K									
G	0,338056	kg/m2s				G	0,338056	kg/m2s									
hc	4,544653	W/m2K				hc	4,544653	W/m2K									
h0	5,544653	W/m2K				h0	5,544653	W/m2K									
Hővezetési tényező értéke						Hővezetési tényező értéke											
U	4,675172	W/m2K	←	U/1	0,213896	W/m2K	U	4,674329	W/m2K	←	U/1	0,213934	W/m2K				
Az egységnyi hőveszteség			A korrigált fűt telj.			Az egységnyi hőveszteség			A korrigált fűt telj.								
Q _{ee}	34,03567	W/m				Q _{e*}	22,63184	kW				Q _{v*}	23,96155	kW			
A hőveszteség a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.			A hőveszteség a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.								
Q _{et}	306,321	W				t1*	63,45074	°C				Q _{vt}	246,4122	W	t2*	53,36804	°C

Fűtési előremenő DN15			Fűtési DN15 K2.2			Fűtési visszatérő DN15								
Bemeneő adatok						Bemeneő adatok								
t1	63,45074	°C				t1	55	°C						
t2	11,86	°C				t2	11,86	°C						
r1	8,65	mm	→	r1	0,00865	m	r1	8,65	mm	→	r1	0,00865	m	
r2	10,65	mm	→	r2	0,01065	m	r2	10,65	mm	→	r2	0,01065	m	
r3	19,65	mm	→	r3	0,01965	m	r3	19,65	mm	→	r3	0,01965	m	
h	6	m				h	6	m						
λ1	50	W/mK				λ1	50	W/mK						
λ2	0,35	W/mK				λ2	0,35	W/mK						
Cp 63°C	4184,145	J/kgK				Cp 55°C	4180,89	J/kgK						
μ 63°C	0,000446	kg/ms				μ 55°C	0,0005	kg/ms						
κ 63°C	0,657231	W/mK				κ 55°C	0,6492	W/mK						
ρ 63°C	981,6405	kg/m3				ρ 55°C	985,7064	kg/m3						
u	0,576114	m/s				u	0,576114	m/s						
dh	0,0173	m				dh	0,0173	m						
hr	1	W/m2K				hr	1	W/m2K						
clev	1,013	kJ/kgK				clev	1,013	kJ/kgK						
L0	1	m				L0	1	m						
plev	1,217	kg/m3				plev	1,217	kg/m3						
vszél	0,277778	m/s				vszél	0,277778	m/s						
Számított adatok						Számított adatok								
Pr	2,839604	-				Pr	3,220032	-						
Re	21935,01	-				Re	19648,62	-						
Nu	93,45777	-				Nu	88,86924	-						
hi	3550,482	W/m2K				hi	3334,908	W/m2K						
G	0,338056	kg/m2s				G	0,338056	kg/m2s						
hc	4,544653	W/m2K				hc	4,544653	W/m2K						
h0	5,544653	W/m2K				h0	5,544653	W/m2K						
Hővezetési tényező értéke						Hővezetési tényező értéke								
U	4,641147	W/m2K	←	U/1	0,215464	W/m2K	U	4,640256	W/m2K	←	U/1	0,215505	W/m2K	
Az egységnyi hőveszteség			A korrigált fűt telj.			Az egységnyi hőveszteség			A korrigált fűt telj.					
Qee	29,56239	W/m				Qe*	22,45447	kW	Qve	24,71522	W/m			
A hőveszteség a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.			A hőveszteség a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.					
Qet	177,3743	W				t1*	63,43891	°C	Qvt	148,2913	W			
									t2*	53,38448	°C			

össz. előre1 dt veszteség a 80-as csőig		/	össz. előre2 dt veszteség a 80-as csőig	
dtv	2,091351559 °C		dtv	1,561090851 °C

A hőveszteség a teljes K2-es kazán szakaszon		
QfK2	15,97128922	kW

A hőveszteség a B épületrészben		
QfB	6,844493475	kW

A hőveszteség a C épületrészben		
QfC	9,126795748	kW

A K1-es és K2-es HMV és cirkulációs körök hőveszteség értékeinek meghatározása

HMV NA50 cső		
Bemeneő adatok		
t1	50	°C
t2	11,86	°C
r1	27,25	mm
r2	30,15	mm
r3	39,15	mm
h	16	m
λ1	13,8	W/mK
λ2	0,35	W/mK
Cp 50°C	4179,557	J/kgK
μ 50°C	0,000547	kg/ms
κ 50°C	0,643607	W/mK
ρ 50°C	988,0469	kg/m3
u	0,1	m/s
dh	0,0545	m
hr	1	W/m2K
clev	1,013	kJ/kgK
L0	1	m
plev	1,217	kg/m3
vszél	0,277778	m/s

HMV + Cirk. K1		
r1	0,02725	m
r2	0,03015	m
r3	0,03915	m

Fő bemeneő adatok		
Qpont	83,89831	kW

Fő számított adatok		
Vpont	7,226457	m3/h
Qpont K1_1	68,64407	kW
Qpont K1_2	15,25424	kW

Számított adatok		
Pr	3,551238	-
Re	9846,999	-
Nu	52,66049	-
hi	621,8835	W/m2K
G	0,338056	kg/m2s
hc	4,544653	W/m2K
h0	5,544653	W/m2K

Hővezetési tényező értéke		
U	4,713204	W/m2K
U/1	0,21217	W/m2K

Az egységnyi hőveszteség		
Qhmv	44,21896	W/m

A korrigált fűt telj.		
Qhmv*	83,1908	kW

A hőveszteség a telj. csövön		
Qhmv _t	707,5034	W

A korrigált közeg hőm.		
t1*	49,91567	°C

Cirkuláció NA20 cső		
Bemeneő adatok		
t1	38,11323	°C
t2	11,86	°C
r1	11,15	mm
r2	13,45	mm
r3	22,45	mm
h	11,86	m
λ1	13,8	W/mK
λ2	0,35	W/mK
Cp 40°C	4178,556	J/kgK
μ 40°C	0,000653	kg/ms
κ 40°C	0,658096	W/mK
ρ 40°C	992,2237	kg/m3
u	1	m/s
dh	0,0223	m
hr	1	W/m2K
clev	1,013	kJ/kgK
L0	1	m
plev	1,217	kg/m3
vszél	0,277778	m/s

Számított adatok		
Pr	4,146062	-
Re	33885,61	-
Nu	148,2623	-
hi	4375,377	W/m2K
G	0,338056	kg/m2s
hc	4,544653	W/m2K
h0	5,544653	W/m2K

Hővezetési tényező értéke		
U	4,673327	W/m2K
U/1	0,21398	W/m2K

Az egységnyi hőveszteség		
Qce	17,30634	W/m

A korrigált fűt telj.		
Qc*	83,69305	kW

A hőveszteség a telj. csövön		
Qct	205,2532	W

A korrigált közeg hőm.		
t2*	36,29533	°C

Strangok	
K1.1	27
K1.2	6
Össz.:	33

Strangok	
K2.1	25
K2.2	1
Össz.:	26

Felt. hőm. [°C]	
t1	50
t2	40
dt	10
tk	11,86

Strangok	
Össz.:	59

Felvett értékek		
vhm _v	0,1	m/s
vcirk	1	m/s

össz. vissz. dt veszteség a 80-as csőig	
dt _v	3,704667 °C

HMV NA50 cső			HMV + Cirk. K1.1			Cirkuláció NA15 cső							
Bemeneő adatok						Bemeneő adatok							
t1	49,91567	°C				t1	38,124	°C					
t2	11,86	°C				t2	11,86	°C					
r1	27,25	mm	→	r1	0,02725	m	r1	8,65	mm	→	r1	0,00865	m
r2	30,15	mm	→	r2	0,03015	m	r2	10,65	mm	→	r2	0,01065	m
r3	39,15	mm	→	r3	0,03915	m	r3	19,65	mm	→	r3	0,01965	m
h	22	m				h	6	m					
λ1	13,8	W/mK				λ1	50	W/mK					
λ2	0,35	W/mK				λ2	0,35	W/mK					
Cp 50°C	4179,557	J/kgK				Cp 40°C	4178,556	J/kgK					
μ 50°C	0,000547	kg/ms				μ 40°C	0,000653	kg/ms					
κ 50°C	0,643607	W/mK				κ 40°C	0,658096	W/mK					
ρ 50°C	988,0469	kg/m3				ρ 40°C	992,2237	kg/m3					
u	0,1	m/s				u	1	m/s					
dh	0,0545	m				dh	0,0173	m					
hr	1	W/m2K				hr	1	W/m2K					
clev	1,013	kJ/kgK				clev	1,013	kJ/kgK					
L0	1	m				L0	1	m					
ρlev	1,217	kg/m3				ρlev	1,217	kg/m3					
vszél	0,277778	m/s				vszél	0,277778	m/s					
Számított adatok						Számított adatok							
Pr	3,551238	-				Pr	4,146062	-					
Re	9846,999	-				Re	26287,94	-					
Nu	52,66049	-				Nu	121,0107	-					
hi	621,8835	W/m2K				hi	4603,279	W/m2K					
G	0,338056	kg/m2s				G	0,338056	kg/m2s					
hc	4,544653	W/m2K				hc	4,544653	W/m2K					
h0	5,544653	W/m2K				h0	5,544653	W/m2K					
Hővezetési tényező értéke						Hővezetési tényező értéke							
U	4,713204	W/m2K	←	U/1	0,21217	W/m2K	U	4,644301	W/m2K	←	U/1	0,215318	W/m2K
Az egységnyi hőveszteség			A korrigált fűt telj.			Az egységnyi hőveszteség			A korrigált fűt telj.				
Q _{hmve}	44,12119	W/m		Q _{hmv*}	67,6734	kW	Q _{ce}	15,05996	W/m		Q _{c*}	68,05234	kW
A hőveszteség a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.			A hőveszteség a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.				
Q _{hmvt}	970,6663	W		t1*	48,06612	°C	Q _{ct}	90,35975	W		t2*	38,11323	°C

HMV NA40 cső			HMV + Cirk. K1_1			
Bemeneő adatok						
t1	48,06612	°C				
t2	11,86	°C				
r1	21,55	mm	→	r1	0,02155	m
r2	24,15	mm	→	r2	0,02415	m
r3	33,15	mm	→	r3	0,03315	m
h	14	m				
λ1	13,8	W/mK				
λ2	0,35	W/mK				
Cp 50°C	4179,557	J/kgK				
μ 50°C	0,000547	kg/ms				
κ 50°C	0,643607	W/mK				
ρ 50°C	988,0469	kg/m3				
u	0,1	m/s				
dh	0,0431	m				
hr	1	W/m2K				
clev	1,013	kJ/kgK				
L0	1	m				
ρlev	1,217	kg/m3				
vszél	0,277778	m/s				
Számított adatok						
Pr	3,551238	-				
Re	7787,26	-				
Nu	43,64651	-				
hi	651,7677	W/m2K				
G	0,338056	kg/m2s				
hc	4,544653	W/m2K				
h0	5,544653	W/m2K				
Hővezetési tényező értéke						
U	4,695072	W/m2K	←	U/1	0,212989	W/m2K
Az egységnyi hővesztés			A korrigált fűt telj.			
Qhmv	35,40688	W/m		Qhmv*	67,17771	kW
A hővesztés a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.			
Qhmv _t	495,6964	W		t1*	48,00704	°C

HMV NA25 cső			HMV + Cirk. K1_1			
Bemeneő adatok						
t1	48,00704	°C				
t2	11,86	°C				
r1	14,25	mm	→	r1	0,01425	m
r2	16,85	mm	→	r2	0,01685	m
r3	25,85	mm	→	r3	0,02585	m
h	5	m				
λ1	13,8	W/mK				
λ2	0,35	W/mK				
Cp 50°C	4179,557	J/kgK				
μ 50°C	0,000547	kg/ms				
κ 50°C	0,643607	W/mK				
ρ 50°C	988,0469	kg/m3				
u	0,1	m/s				
dh	0,0285	m				
hr	1	W/m2K				
clev	1,013	kJ/kgK				
L0	1	m				
ρlev	1,217	kg/m3				
vszél	0,277778	m/s				
Számított adatok						
Pr	3,551238	-				
Re	5149,348	-				
Nu	31,35043	-				
hi	707,9773	W/m2K				
G	0,338056	kg/m2s				
hc	4,544653	W/m2K				
h0	5,544653	W/m2K				
Hővezetési tényező értéke						
U	4,654669	W/m2K	←	U/1	0,214838	W/m2K
Az egységnyi hővesztés			A korrigált fűt telj.			
Qhmv	27,32763	W/m		Qhmv*	67,04107	kW
A hővesztés a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.			
Qhmv _t	136,6381	W		t1*	47,99075	°C

HMV NA20 cső			HMV + Cirk. K1_1			Cirkuláció NA20 cső							
Bemeneő adatok						Bemeneő adatok							
t1	47,99075	°C				t1	40	°C					
t2	11,86	°C				t2	11,86	°C					
r1	11,15	mm	→	r1	0,01115	m	r1	11,15	mm	→	r1	0,01115	m
r2	13,45	mm	→	r2	0,01345	m	r2	13,45	mm	→	r2	0,01345	m
r3	22,45	mm	→	r3	0,02245	m	r3	22,45	mm	→	r3	0,02245	m
h	2	m				h	27	m					
λ1	13,8	W/mK				λ1	50	W/mK					
λ2	0,35	W/mK				λ2	0,35	W/mK					
Cp 50°C	4179,557	J/kgK				Cp 40°C	4178,556	J/kgK					
μ 50°C	0,000547	kg/ms				μ 40°C	0,000653	kg/ms					
κ 50°C	0,643607	W/mK				κ 40°C	0,658096	W/mK					
ρ 50°C	988,0469	kg/m3				ρ 40°C	992,2237	kg/m3					
u	0,1	m/s				u	1	m/s					
dh	0,0223	m				dh	0,0223	m					
hr	1	W/m2K				hr	1	W/m2K					
clev	1,013	kJ/kgK				clev	1,013	kJ/kgK					
L0	1	m				L0	1	m					
ρlev	1,217	kg/m3				ρlev	1,217	kg/m3					
vszél	0,277778	m/s				vszél	0,277778	m/s					
Számított adatok						Számított adatok							
Pr	3,551238	-				Pr	4,146062	-					
Re	4029,139	-				Re	33885,61	-					
Nu	25,7639	-				Nu	148,2623	-					
hi	743,5794	W/m2K				hi	4375,377	W/m2K					
G	0,338056	kg/m2s				G	0,338056	kg/m2s					
hc	4,544653	W/m2K				hc	4,544653	W/m2K					
h0	5,544653	W/m2K				h0	5,544653	W/m2K					
Hővezetési tényező értéke						Hővezetési tényező értéke							
U	4,624749	W/m2K	←	U/1	0,216228	W/m2K	U	4,678156	W/m2K	←	U/1	0,213759	W/m2K
Az egységnyi hőveszteség			A korrigált fűt telj.			Az egységnyi hőveszteség			A korrigált fűt telj.				
Qhmv	23,5701	W/m		Qhmv*	66,99393	kW	Qce	18,56928	W/m		Qc*	68,1427	kW
A hőveszteség a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.			A hőveszteség a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.				
Qhmv _t	47,1402	W		t1*	47,98513	°C	Qct	501,3705	W		t2*	38,124	°C

HMV NA32 cső			HMV + Cirk. K1_2			Cirkuláció NA15 cső							
Bemeneő adatok						Bemeneő adatok							
t1	49,91567	°C				t1	40	°C					
t2	11,86	°C				t2	11,86	°C					
r1	18,6	mm	→	r1	0,0186	m	r1	8,65	mm	→	r1	0,00865	m
r2	21,2	mm	→	r2	0,0212	m	r2	10,65	mm	→	r2	0,01065	m
r3	30,2	mm	→	r3	0,0302	m	r3	19,65	mm	→	r3	0,01965	m
h	2	m				h	11,86	m					
λ1	13,8	W/mK				λ1	13,8	W/mK					
λ2	0,35	W/mK				λ2	0,35	W/mK					
Cp 50°C	4179,557	J/kgK				Cp 40°C	4178,556	J/kgK					
μ 50°C	0,000547	kg/ms				μ 40°C	0,000653	kg/ms					
κ 50°C	0,643607	W/mK				κ 40°C	0,658096	W/mK					
ρ 50°C	988,0469	kg/m3				ρ 40°C	992,2237	kg/m3					
u	0,1	m/s				u	1	m/s					
dh	0,0372	m				dh	0,0173	m					
hr	1	W/m2K				hr	1	W/m2K					
clev	1,013	kJ/kgK				clev	1,013	kJ/kgK					
L0	1	m				L0	1	m					
ρlev	1,217	kg/m3				ρlev	1,217	kg/m3					
vszél	0,277778	m/s				vszél	0,277778	m/s					
Számított adatok						Számított adatok							
Pr	3,551238	-				Pr	4,146062	-					
Re	6721,254	-				Re	26287,94	-					
Nu	38,79735	-				Nu	121,0107	-					
hi	671,2429	W/m2K				hi	4603,279	W/m2K					
G	0,338056	kg/m2s				G	0,338056	kg/m2s					
hc	4,544653	W/m2K				hc	4,544653	W/m2K					
h0	5,544653	W/m2K				h0	5,544653	W/m2K					
Hővezetési tényező értéke						Hővezetési tényező értéke							
U	4,681855	W/m2K	←	U/1	0,213591	W/m2K	U	4,639681	W/m2K	←	U/1	0,215532	W/m2K
Az egységnyi hőveszteség			A korrigált fűt telj.			Az egységnyi hőveszteség			A korrigált fűt telj.				
Qhmv	33,80837	W/m		Qhmv*	15,18662	kW	Qce	16,11961	W/m		Qc*	15,06306	kW
A hőveszteség a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.			A hőveszteség a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.				
Qhmv _t	67,61673	W		t1*	48,18988	°C	Qct	191,1786	W		t2*	38,20417	°C

HMV NA25 cső			HMV + Cirk. K1_2			
Bemeneő adatok						
t1	48,18988	°C				
t2	11,86	°C				
r1	14,25	mm	→	r1	0,01425	m
r2	16,85	mm	→	r2	0,01685	m
r3	25,85	mm	→	r3	0,02585	m
h	11	m				
λ1	13,8	W/mK				
λ2	0,35	W/mK				
Cp 50°C	4179,557	J/kgK				
μ 50°C	0,000547	kg/ms				
κ 50°C	0,643607	W/mK				
ρ 50°C	988,0469	kg/m3				
u	0,1	m/s				
dh	0,0285	m				
hr	1	W/m2K				
clev	1,013	kJ/kgK				
L0	1	m				
ρlev	1,217	kg/m3				
vszél	0,277778	m/s				
Számított adatok						
Pr	3,551238	-				
Re	5149,348	-				
Nu	31,35043	-				
hi	707,9773	W/m2K				
G	0,338056	kg/m2s				
hc	4,544653	W/m2K				
h0	5,544653	W/m2K				
Hővezetési tényező értéke						
U	4,654669	W/m2K	←	U/1	0,214838	W/m2K
Az egységnyi hővesztés			A korrigált fűt telj.			
Qhmv	27,46586	W/m		Qhmv*	14,8845	kW
A hővesztés a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.			
Qhmv _t	302,1244	W		t1*	48,15387	°C

HMV NA15 cső			HMV + Cirk. K1_2		
Bemeneő adatok					
t1	48,15387	°C			
t2	11,86	°C			
r1	8,65	mm	→	r1	0,00865 m
r2	10,65	mm	→	r2	0,01065 m
r3	19,65	mm	→	r3	0,01965 m
h	3	m			
λ1	13,8	W/mK			
λ2	0,35	W/mK			
Cp 50°C	4179,557	J/kgK			
μ 50°C	0,000547	kg/ms			
κ 50°C	0,643607	W/mK			
ρ 50°C	988,0469	kg/m3			
u	0,1	m/s			
dh	0,0173	m			
hr	1	W/m2K			
clev	1,013	kJ/kgK			
L0	1	m			
ρlev	1,217	kg/m3			
vszél	0,277778	m/s			
Számított adatok					
Pr	3,551238	-			
Re	3125,745	-			
Nu	21,02832	-			
hi	782,3104	W/m2K			
G	0,338056	kg/m2s			
hc	4,544653	W/m2K			
h0	5,544653	W/m2K			
Hővezetési tényező értéke					
U	4,588368	W/m2K	←	U/1	0,217942 W/m2K
Az egységnyi hővesztés			A korrigált fűt telj.		
Qhmv	20,56051	W/m		Qhmv*	14,82281 kW
A hővesztés a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.		
Qhmv _t	61,68154	W		t1*	48,14651 °C

össz. HMV1 dt veszteség az 50-es csőig			össz. HMV2 dt veszteség az 50-es csőig		
dtv	2,01486529	°C	/	dtv	1,853485182 °C

A hmv hővesztés a teljes K1-es kazán szakaszon		
QhmvK1	3,777229117	kW

Az. össz. hőveszt. a teljes K1-es kazán szakaszon		
QhmvK1	3,777229117	kW

HMV NA50 cső			HMV + Cirk. K2			Cirkuláció NA15 cső							
Bemeneő adatok						Bemeneő adatok							
t1	50	°C				t1	37,11762	°C					
t2	11,86	°C				t2	11,86	°C					
r1	27,25	mm	→	r1	0,02725	m	r1	8,65	mm	→	r1	0,00865	m
r2	30,15	mm	→	r2	0,03015	m	r2	10,65	mm	→	r2	0,01065	m
r3	39,15	mm	→	r3	0,03915	m	r3	19,65	mm	→	r3	0,01965	m
h	36	m				h	10	m					
λ1	13,8	W/mK				λ1	13,8	W/mK					
λ2	0,35	W/mK				λ2	0,35	W/mK					
Cp 50°C	4179,557	J/kgK				Cp 40°C	4178,556	J/kgK					
μ 50°C	0,000547	kg/ms				μ 40°C	0,000653	kg/ms					
κ 50°C	0,643607	W/mK				κ 40°C	0,658096	W/mK					
ρ 50°C	988,0469	kg/m3				ρ 40°C	992,2237	kg/m3					
u	0,1	m/s				u	1	m/s					
dh	0,0545	m				dh	0,0173	m					
hr	1	W/m2K				hr	1	W/m2K					
clev	1,013	kJ/kgK				clev	1,013	kJ/kgK					
L0	1	m				L0	1	m					
ρlev	1,217	kg/m3				ρlev	1,217	kg/m3					
vszél	0,277778	m/s				vszél	0,277778	m/s					
Számított adatok						Számított adatok							
Pr	3,551238	-				Pr	4,146062	-					
Re	9846,999	-				Re	26287,94	-					
Nu	52,66049	-				Nu	121,0107	-					
hi	621,8835	W/m2K				hi	4603,279	W/m2K					
G	0,338056	kg/m2s				G	0,338056	kg/m2s					
hc	4,544653	W/m2K				hc	4,544653	W/m2K					
h0	5,544653	W/m2K				h0	5,544653	W/m2K					
Hővezetési tényező értéke						Hővezetési tényező értéke							
U	4,713204	W/m2K	←	U/1	0,21217	W/m2K	U	4,639681	W/m2K	←	U/1	0,215532	W/m2K
Az egységnyi hőveszteség						Az egységnyi hőveszteség							
Qhmv	44,21896	W/m				Qhmv*	64,50981	kW					
A hőveszteség a telj. csövön						A hőveszteség a telj. csövön							
Qhmv	1591,883	W				t1*	49,75918	°C					
						A korrigált fűt telj.							
						Qce	14,46848	W/m					
						Qc*	62,95088	kW					
						A korrigált közeg hőm.							
						Qct	144,6848	W					
						t2*	37,09573	°C					

össz. vissz. dt veszteség a 80-as csőig	
dtv	2,904273 °C

HMV NA50 cső			HMV + Cirk. K2_1			Cirkuláció NA20 cső							
Bemeneő adatok						Bemeneő adatok							
t1	49,75918	°C				t1	40	°C					
t2	11,86	°C				t2	11,86	°C					
r1	27,25	mm	→	r1	0,02725	m	r1	11,15	mm	→	r1	0,01115	m
r2	30,15	mm	→	r2	0,03015	m	r2	13,45	mm	→	r2	0,01345	m
r3	39,15	mm	→	r3	0,03915	m	r3	22,45	mm	→	r3	0,02245	m
h	28	m				h	25	m					
λ1	13,8	W/mK				λ1	13,8	W/mK					
λ2	0,35	W/mK				λ2	0,35	W/mK					
Cp 50°C	4179,557	J/kgK				Cp 40°C	4178,556	J/kgK					
μ 50°C	0,000547	kg/ms				μ 40°C	0,000653	kg/ms					
κ 50°C	0,643607	W/mK				κ 40°C	0,658096	W/mK					
ρ 50°C	988,0469	kg/m3				ρ 40°C	992,2237	kg/m3					
u	0,1	m/s				u	1	m/s					
dh	0,0545	m				dh	0,0223	m					
hr	1	W/m2K				hr	1	W/m2K					
clev	1,013	kJ/kgK				clev	1,013	kJ/kgK					
L0	1	m				L0	1	m					
ρlev	1,217	kg/m3				ρlev	1,217	kg/m3					
vszél	0,277778	m/s				vszél	0,277778	m/s					
Számított adatok						Számított adatok							
Pr	3,551238	-				Pr	4,146062	-					
Re	9846,999	-				Re	33885,61	-					
Nu	52,66049	-				Nu	148,2623	-					
hi	621,8835	W/m2K				hi	4375,377	W/m2K					
G	0,338056	kg/m2s				G	0,338056	kg/m2s					
hc	4,544653	W/m2K				hc	4,544653	W/m2K					
h0	5,544653	W/m2K				h0	5,544653	W/m2K					
Hővezetési tényező értéke						Hővezetési tényező értéke							
U	4,713204	W/m2K	←	U/1	0,21217	W/m2K	U	4,673327	W/m2K	←	U/1	0,21398	W/m2K
Az egységnyi hőveszteség						Az egységnyi hőveszteség							
Qhmv	43,93976	W/m				Qc	18,55011	W/m					
A hőveszteség a telj. csövön						A hőveszteség a telj. csövön							
Qhmv [*]	62,32901	kW				Qc [*]	63,09557	kW					
A korrigált fűt telj.						A korrigált fűt telj.							
t1 [*]	47,42911	°C				t2 [*]	37,11762	°C					

HMV NA40 cső			HMV + Cirk. K2_1			
Bemeneő adatok						
t1	47,42911	°C				
t2	11,86	°C				
r1	21,55	mm	→	r1	0,02155	m
r2	24,15	mm	→	r2	0,02415	m
r3	33,15	mm	→	r3	0,03315	m
h	11,86	m				
λ1	13,8	W/mK				
λ2	0,35	W/mK				
Cp 50°C	4179,557	J/kgK				
μ 50°C	0,000547	kg/ms				
κ 50°C	0,643607	W/mK				
ρ 50°C	988,0469	kg/m3				
u	0,1	m/s				
dh	0,0431	m				
hr	1	W/m2K				
clev	1,013	kJ/kgK				
L0	1	m				
ρlev	1,217	kg/m3				
vszél	0,277778	m/s				
Számított adatok						
Pr	3,551238	-				
Re	7787,26	-				
Nu	43,64651	-				
hi	651,7677	W/m2K				
G	0,338056	kg/m2s				
hc	4,544653	W/m2K				
h0	5,544653	W/m2K				
Hővezetési tényező értéke						
U	4,695072	W/m2K	←	U/1	0,212989	W/m2K
Az egységnyi hővesztés			A korrigált fűt telj.			
Qhmv	34,78394	W/m		Qhmv*	61,91647	kW
A hővesztés a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.			
Qhmv _t	412,5375	W		t1*	47,37994	°C

HMV NA25 cső			HMV + Cirk. K2_1			Cirkuláció NA15											
Bemeneő adatok						Bemeneő adatok											
t1	47,37994	°C				t1	37,48459	°C									
t2	11,86	°C				t2	11,86	°C									
r1	14,25	mm	→	r1	0,01425	m	r1	8,65	mm	→	r1	0,00865	m				
r2	16,85	mm	→	r2	0,01685	m	r2	10,65	mm	→	r2	0,01065	m				
r3	25,85	mm	→	r3	0,02585	m	r3	19,65	mm	→	r3	0,01965	m				
h	6	m				h	8	m									
λ1	13,8	W/mK				λ1	50	W/mK									
λ2	0,35	W/mK				λ2	0,35	W/mK									
Cp 50°C	4179,557	J/kgK				Cp 55°C	4180,89	J/kgK									
μ 50°C	0,000547	kg/ms				μ 55°C	0,0005	kg/ms									
κ 50°C	0,643607	W/mK				κ 55°C	0,6492	W/mK									
ρ 50°C	988,0469	kg/m3				ρ 55°C	985,7064	kg/m3									
u	0,1	m/s				u	1	m/s									
dh	0,0285	m				dh	0,0173	m									
hr	1	W/m2K				hr	1	W/m2K									
clev	1,013	kJ/kgK				clev	1,013	kJ/kgK									
L0	1	m				L0	1	m									
ρlev	1,217	kg/m3				ρlev	1,217	kg/m3									
vszél	0,277778	m/s				vszél	0,277778	m/s									
Számított adatok						Számított adatok											
Pr	3,551238	-				Pr	3,220032	-									
Re	5149,348	-				Re	34105,44	-									
Nu	31,35043	-				Nu	138,1481	-									
hi	707,9773	W/m2K				hi	5184,146	W/m2K									
G	0,338056	kg/m2s				G	0,338056	kg/m2s									
hc	4,544653	W/m2K				hc	4,544653	W/m2K									
h0	5,544653	W/m2K				h0	5,544653	W/m2K									
Hővezetési tényező értéke						Hővezetési tényező értéke											
U	4,654669	W/m2K	←	U/1	0,214838	W/m2K	U	4,645494	W/m2K	←	U/1	0,215262	W/m2K				
Az egységnyi hőveszteség			A korrigált fűt telj.			Az egységnyi hőveszteség			A korrigált fűt telj.								
Q _{hmve}	26,85354	W/m				Q _{hmv*}	61,75535	kW	Q _{ce}	14,69709	W/m				Q _{c*}	62,66184	kW
A hőveszteség a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.			A hőveszteség a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.								
Q _{hmvt}	161,1212	W				t1*	47,36074	°C	Q _{ct}	117,5767	W				t2*	37,4664	°C

HMV NA15 cső			HMV + Cirk. K2_1			Cirkuláció NA20 cső							
Bemeneő adatok						Bemeneő adatok							
t1	47,36074	°C				t1	40	°C					
t2	11,86	°C				t2	11,86	°C					
r1	8,65	mm	→	r1	0,00865	m	r1	11,15	mm	→	r1	0,01115	m
r2	10,65	mm	→	r2	0,01065	m	r2	13,45	mm	→	r2	0,01345	m
r3	19,65	mm	→	r3	0,01965	m	r3	22,45	mm	→	r3	0,02245	m
h	2	m				h	42	m					
λ1	13,8	W/mK				λ1	50	W/mK					
λ2	0,35	W/mK				λ2	0,35	W/mK					
Cp 50°C	4179,557	J/kgK				Cp 40°C	4178,556	J/kgK					
μ 50°C	0,000547	kg/ms				μ 40°C	0,000653	kg/ms					
κ 50°C	0,643607	W/mK				κ 40°C	0,658096	W/mK					
ρ 50°C	988,0469	kg/m3				ρ 40°C	992,2237	kg/m3					
u	0,1	m/s				u	1	m/s					
dh	0,0173	m				dh	0,0223	m					
hr	1	W/m2K				hr	1	W/m2K					
clev	1,013	kJ/kgK				clev	1,013	kJ/kgK					
L0	1	m				L0	1	m					
ρlev	1,217	kg/m3				ρlev	1,217	kg/m3					
vszél	0,277778	m/s				vszél	0,277778	m/s					
Számított adatok						Számított adatok							
Pr	3,551238	-				Pr	4,146062	-					
Re	3125,745	-				Re	33885,61	-					
Nu	21,02832	-				Nu	148,2623	-					
hi	782,3104	W/m2K				hi	4375,377	W/m2K					
G	0,338056	kg/m2s				G	0,338056	kg/m2s					
hc	4,544653	W/m2K				hc	4,544653	W/m2K					
h0	5,544653	W/m2K				h0	5,544653	W/m2K					
Hővezetési tényező értéke						Hővezetési tényező értéke							
U	4,588368	W/m2K	←	U/1	0,217942	W/m2K	U	4,678156	W/m2K	←	U/1	0,213759	W/m2K
Az egységnyi hőveszteség			A korrigált fűt telj.			Az egységnyi hőveszteség			A korrigált fűt telj.				
Qhmv	20,11121	W/m		Qhmv*	61,71513	kW	Qce	18,56928	W/m		Qc*	62,77941	kW
A hőveszteség a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.			A hőveszteség a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.				
Qhmv _t	40,22241	W		t1*	47,35594	°C	Qct	779,9097	W		t2*	37,48459	°C

HMV NA25 cső			HMV + Cirk. K2_2			Cirkuláció NA15 cső											
Bemeneő adatok						Bemeneő adatok											
t1	49,75918	°C				t1	40	°C									
t2	11,86	°C				t2	11,86	°C									
r1	14,25	mm	→	r1	0,01425	m	r1	8,65	mm	→	r1	0,00865	m				
r2	16,85	mm	→	r2	0,01685	m	r2	10,65	mm	→	r2	0,01065	m				
r3	25,85	mm	→	r3	0,02585	m	r3	19,65	mm	→	r3	0,01965	m				
h	5	m				h	5	m									
λ1	13,8	W/mK				λ1	13,8	W/mK									
λ2	0,35	W/mK				λ2	0,35	W/mK									
Cp 50°C	4179,557	J/kgK				Cp 40°C	4178,556	J/kgK									
μ 50°C	0,000547	kg/ms				μ 40°C	0,000653	kg/ms									
κ 50°C	0,643607	W/mK				κ 40°C	0,658096	W/mK									
ρ 50°C	988,0469	kg/m3				ρ 40°C	992,2237	kg/m3									
u	0,1	m/s				u	1	m/s									
dh	0,0285	m				dh	0,0173	m									
hr	1	W/m2K				hr	1	W/m2K									
clev	1,013	kJ/kgK				clev	1,013	kJ/kgK									
L0	1	m				L0	1	m									
plev	1,217	kg/m3				plev	1,217	kg/m3									
vszél	0,277778	m/s				vszél	0,277778	m/s									
Számított adatok						Számított adatok											
Pr	3,551238	-				Pr	4,146062	-									
Re	5149,348	-				Re	26287,94	-									
Nu	31,35043	-				Nu	121,0107	-									
hi	707,9773	W/m2K				hi	4603,279	W/m2K									
G	0,338056	kg/m2s				G	0,338056	kg/m2s									
hc	4,544653	W/m2K				hc	4,544653	W/m2K									
h0	5,544653	W/m2K				h0	5,544653	W/m2K									
Hővezetési tényező értéke						Hővezetési tényező értéke											
U	4,654669	W/m2K	←	U/1	0,214838	W/m2K	U	4,639681	W/m2K	←	U/1	0,215532	W/m2K				
Az egységnyi hővesztés			A korrigált fűt telj.			Az egységnyi hővesztés			A korrigált fűt telj.								
Qhmv	28,65227	W/m				Qhmv*	15,11098	kW	Qce	16,11961	W/m				Qc*	2,461775	kW
A hővesztés a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.			A hővesztés a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.								
Qhmv _t	143,2613	W				t1*	48,19889	°C	Qct	80,59806	W				t2*	39,70651	°C

össz. HMV1 dt veszteség az 50-es csőig			össz. HMV2 dt veszteség az 50-es csőig			
dtv	2,64405484	°C	/	dtv	1,801106224	°C

A hmv hővesztés a teljes K2-es kazán szakaszon		
QhmvK2	5,165860317	kW

Az. össz. hőveszt. a teljes K2-es kazán szakaszon		
QhmvK1	5,165860317	kW

Az. össz. hőveszt. az A épületrészben		
QhmvA	2,864472535	kW

Az. össz. hőveszt. a B épületrészben		
QhmvB	2,649324109	kW

Az. össz. hőveszt. a C épületrészben		
QhmvC	3,42929279	kW

HMV NA50 cső						
Bemeneő adatok						
t1	50	°C				
t2	11,86	°C				
r1	27,25	mm	→	r1	0,02725	m
r2	30,15	mm	→	r2	0,03015	m
r3	39,15	mm	→	r3	0,03915	m
h	100	m				
λ1	13,8	W/mK				
λ2	0,35	W/mK				
Cp 50°C	4179,557	J/kgK				
μ 50°C	0,000547	kg/ms				
κ 50°C	0,643607	W/mK				
ρ 50°C	988,0469	kg/m ³				
u	2	m/s				
dh	0,0545	m				
hr	1	W/m ² K				
clev	1,013	kJ/kgK				
L0	1	m				
ρlev	1,217	kg/m ³				
vszél	0,277778	m/s				
Számított adatok						
Pr	3,551238	-				
Re	196940	-				
Nu	578,5073	-				
hi	6831,766	W/m ² K				
G	0,338056	kg/m ² s				
hc	4,544653	W/m ² K				
h0	5,544653	W/m ² K				
Hővezetési tényező értéke						
U	4,760319	W/m ² K	←	U/1	0,21007	W/m ² K
Az egységnyi hőveszteség						
Q	44,66099	W/m				
A hőveszteség a telj. csövön						
Q	4466,099	W				

HMV NA40 cső						
Bemeneő adatok						
t1	50	°C				
t2	11,86	°C				
r1	21,55	mm	→	r1	0,02155	m
r2	24,15	mm	→	r2	0,02415	m
r3	33,15	mm	→	r3	0,03315	m
h	30	m				
λ1	13,8	W/mK				
λ2	0,35	W/mK				
Cp 50°C	4179,557	J/kgK				
μ 50°C	0,000547	kg/ms				
κ 50°C	0,643607	W/mK				
ρ 50°C	988,0469	kg/m3				
u	2	m/s				
dh	0,0431	m				
hr	1	W/m2K				
clev	1,013	kJ/kgK				
L0	1	m				
ρlev	1,217	kg/m3				
vszél	0,277778	m/s				
Számított adatok						
Pr	3,551238	-				
Re	155745,2	-				
Nu	479,4833	-				
hi	7160,063	W/m2K				
G	0,338056	kg/m2s				
hc	4,544653	W/m2K				
h0	5,544653	W/m2K				
Hővezetési tényező értéke						
U	4,742844	W/m2K	←	U/1	0,210844	W/m2K
Az egységnyi hőveszteség						
Q	37,67758	W/m				
A hőveszteség a telj. csövön						
Q	1130,327	W				

HMV NA32 cső						
Bemeneő adatok						
t1	50	°C				
t2	17	°C				
r1	18,6	mm	→	r1	0,0186	m
r2	21,2	mm	→	r2	0,0212	m
r3	30,2	mm	→	r3	0,0302	m
h	6	m				
λ1	13,8	W/mK				
λ2	0,35	W/mK				
Cp 50°C	4179,557	J/kgK				
μ 50°C	0,000547	kg/ms				
κ 50°C	0,643607	W/mK				
ρ 50°C	988,0469	kg/m3				
u	2	m/s				
dh	0,0372	m				
hr	1	W/m2K				
clev	1,013	kJ/kgK				
L0	1	m				
ρlev	1,217	kg/m3				
vszél	0,277778	m/s				
Számított adatok						
Pr	3,551238	-				
Re	134425,1	-				
Nu	426,2124	-				
hi	7374,01	W/m2K				
G	0,338056	kg/m2s				
hc	4,544653	W/m2K				
h0	5,544653	W/m2K				
Hővezetési tényező értéke						
U	4,730551	W/m2K	←	U/1	0,211392	W/m2K
Az egységnyi hőveszteség						
Q	29,62187	W/m				
A hőveszteség a telj. csövön						
Q	177,7312	W				

HMV NA25 cső						
Bemeneő adatok						
t1	50	°C				
t2	17	°C				
r1	14,25	mm	→	r1	0,01425	m
r2	16,85	mm	→	r2	0,01685	m
r3	25,85	mm	→	r3	0,02585	m
h	30	m				
λ1	13,8	W/mK				
λ2	0,35	W/mK				
Cp 50°C	4179,557	J/kgK				
μ 50°C	0,000547	kg/ms				
κ 50°C	0,643607	W/mK				
ρ 50°C	988,0469	kg/m3				
u	2	m/s				
dh	0,0285	m				
hr	1	W/m2K				
clev	1,013	kJ/kgK				
L0	1	m				
ρlev	1,217	kg/m3				
vszél	0,277778	m/s				
Számított adatok						
Pr	3,551238	-				
Re	102987	-				
Nu	344,4035	-				
hi	7777,559	W/m2K				
G	0,338056	kg/m2s				
hc	4,544653	W/m2K				
h0	5,544653	W/m2K				
Hővezetési tényező értéke						
U	4,705683	W/m2K	←	U/1	0,212509	W/m2K
Az egységnyi hőveszteség						
Q	25,22185	W/m				
A hőveszteség a telj. csövön						
Q	756,6556	W				

HMV NA20 cső						
Bemeneő adatok						
t1	50	°C				
t2	17	°C				
r1	11,15	mm	→	r1	0,01115	m
r2	13,45	mm	→	r2	0,01345	m
r3	22,45	mm	→	r3	0,02245	m
h	3	m				
λ1	13,8	W/mK				
λ2	0,35	W/mK				
Cp 40°C	4178,556	J/kgK				
μ 40°C	0,000653	kg/ms				
κ 40°C	0,658096	W/mK				
ρ 40°C	992,2237	kg/m3				
u	2	m/s				
dh	0,0223	m				
hr	1	W/m2K				
clev	1,013	kJ/kgK				
L0	1	m				
ρlev	1,217	kg/m3				
vszél	0,277778	m/s				
Számított adatok						
Pr	4,146062	-				
Re	67771,22	-				
Nu	258,1397	-				
hi	7617,974	W/m2K				
G	0,338056	kg/m2s				
hc	4,544653	W/m2K				
h0	5,544653	W/m2K				
Hővezetési tényező értéke						
U	4,677609	W/m2K	←	U/1	0,213784	W/m2K
Az egységnyi hőveszteség						
Q	21,77379	W/m				
A hőveszteség a telj. csövön						
Q	65,32137	W				

Cirkuláció NA25 cső						
Bemeneő adatok						
t1	40	°C				
t2	17	°C				
r1	14,25	mm	→	r1	0,01425	m
r2	16,85	mm	→	r2	0,01685	m
r3	25,85	mm	→	r3	0,02585	m
h	14	m				
λ1	13,8	W/mK				
λ2	0,35	W/mK				
Cp 40°C	4178,556	J/kgK				
μ 40°C	0,000653	kg/ms				
κ 40°C	0,658096	W/mK				
ρ 40°C	992,2237	kg/m3				
u	2	m/s				
dh	0,0285	m				
hr	1	W/m2K				
clev	1,013	kJ/kgK				
L0	1	m				
ρlev	1,217	kg/m3				
vszél	0,277778	m/s				
Számított adatok						
Pr	4,146062	-				
Re	86613,44	-				
Nu	314,1137	-				
hi	7253,231	W/m2K				
G	0,338056	kg/m2s				
hc	4,544653	W/m2K				
h0	5,544653	W/m2K				
Hővezetési tényező értéke						
U	4,70531	W/m2K	←	U/1	0,212526	W/m2K
Az egységnyi hőveszteség						
Q	17,57747	W/m				
A hőveszteség a telj. csövön						
Q	246,0846	W				

Cirkuláció NA20 cső						
Bemeneő adatok						
t1	40	°C				
t2	17	°C				
r1	8,65	mm	→	r1	0,00865	m
r2	10,65	mm	→	r2	0,01065	m
r3	19,65	mm	→	r3	0,01965	m
h	115	m				
λ1	13,8	W/mK				
λ2	0,35	W/mK				
Cp 40°C	4178,556	J/kgK				
μ 40°C	0,000653	kg/ms				
κ 40°C	0,658096	W/mK				
ρ 40°C	992,2237	kg/m3				
u	2	m/s				
dh	0,0173	m				
hr	1	W/m2K				
clev	1,013	kJ/kgK				
L0	1	m				
ρlev	1,217	kg/m3				
vszél	0,277778	m/s				
Számított adatok						
Pr	4,146062	-				
Re	52575,88	-				
Nu	210,6919	-				
hi	8014,774	W/m2K				
G	0,338056	kg/m2s				
hc	4,544653	W/m2K				
h0	5,544653	W/m2K				
Hővezetési tényező értéke						
U	4,644207	W/m2K	←	U/1	0,215322	W/m2K
Az egységnyi hőveszteség						
Q	13,18809	W/m				
A hőveszteség a telj. csövön						
Q	1516,63	W				

Cirkuláció NA15 cső						
Bemeneő adatok						
t1	40	°C				
t2	17	°C				
r1	8,65	mm	→	r1	0,00865	m
r2	10,65	mm	→	r2	0,01065	m
r3	19,65	mm	→	r3	0,01965	m
h	38	m				
λ1	13,8	W/mK				
λ2	0,35	W/mK				
Cp 40°C	4178,556	J/kgK				
μ 40°C	0,000653	kg/ms				
κ 40°C	0,658096	W/mK				
ρ 40°C	992,2237	kg/m3				
u	2	m/s				
dh	0,0173	m				
hr	1	W/m2K				
clev	1,013	kJ/kgK				
L0	1	m				
ρlev	1,217	kg/m3				
vszél	0,277778	m/s				
Számított adatok						
Pr	4,146062	-				
Re	52575,88	-				
Nu	210,6919	-				
hi	8014,774	W/m2K				
G	0,338056	kg/m2s				
hc	4,544653	W/m2K				
h0	5,544653	W/m2K				
Hővezetési tényező értéke						
U	4,644207	W/m2K	←	U/1	0,215322	W/m2K
Az egységnyi hőveszteség						
Q	13,18809	W/m				
A hőveszteség a telj. csövön						
Q	501,1473	W				

A dupla szigeteléssel ellátott csövek hővesztéseinek számítása

Fűtési előremenő DN80		
Bemeneő adatok		
t1	65	°C
t2	11,86	°C
r1	41,3	mm
r2	44,5	mm
r3	62,5	mm
h	11,86	m
λ1	50	W/mK
λ2	0,35	W/mK
Cp 65°C	4185,17	J/kgK
μ 65°C	0,000433	kg/ms
κ 65°C	0,659017	W/mK
ρ 65°C	980,5653	kg/m3
u	0,576	m/s
dh	0,0826	m
hr	1	W/m2K
clev	1,013	kJ/kgK
L0	1	m
plev	1,217	kg/m3
vszél	0,277778	m/s

Fűtési DN80		
r1	0,0413	m
r2	0,0445	m
r3	0,0625	m

Fő bemeneő adatok		
Qpont	150	kW

Fő számított adatok		
Vpont	12,903	m3/h
v	0,576	m/s
Qpont K1_1	121,889	kW
Qpont K1_2	27,087	kW

Számított adatok		
Pr	2,751523	-
Re	107698,1	-
Nu	330,6483	-
hi	2638,049	W/m2K
G	0,338056	kg/m2s
hc	4,544653	W/m2K
h0	5,544653	W/m2K

Hővezetési tényező értéke		
U	4,137745	W/m2K

U/1	0,241678	W/m2K
-----	----------	-------

Az egységnyi hővesztés		
Qee	86,34658	W/m

A korrigált fűt telj.		
Qe*	148,9759	kW

A hővesztés a telj. csövön		
Qet	1024,07	W

A korrigált közeg hőm.		
t1*	64,93173	°C

Fűtési visszatérő DN80		
Bemeneő adatok		
t1	52,99284	°C
t2	11,86	°C
r1	41,3	mm
r2	44,5	mm
r3	62,5	mm
h	11,86	m
λ1	50	W/mK
λ2	0,35	W/mK
Cp 55°C	4180,89	J/kgK
μ 55°C	0,0005	kg/ms
κ 55°C	0,6492	W/mK
ρ 55°C	985,7064	kg/m3
u	0,576	m/s
dh	0,0826	m
hr	1	W/m2K
clev	1,013	kJ/kgK
L0	1	m
plev	1,217	kg/m3
vszél	0,277778	m/s

r1	0,0413	m
r2	0,0445	m
r3	0,0625	m

Qpont	150	kW
-------	-----	----

Vpont	12,903	m3/h
v	0,576	m/s
Qpont K1_1	121,889	kW
Qpont K1_2	27,087	kW

Számított adatok		
Pr	3,220032	-
Re	93813,63	-
Nu	310,3835	-
hi	2439,479	W/m2K
G	0,338056	kg/m2s
hc	4,544653	W/m2K
h0	5,544653	W/m2K

Hővezetési tényező értéke		
U	4,136946	W/m2K

U/1	0,241724	W/m2K
-----	----------	-------

Az egységnyi hővesztés		
Qve	66,82338	W/m

A korrigált fűt telj.		
Qv*	149,2075	kW

A hővesztés a telj. csövön		
Qvt	792,5253	W

A korrigált közeg hőm.		
t2*	51,29271	°C

Strangok	
K1_1	27
K1_2	6
Össz.:	33

Felt. hőm. [°C]	
t1	65
t2	55
dt	10
tk	11,86

össz. vissz. dt veszteség a 80-as csőig	
dtv	3,707287 °C

Fűtési előremenő DN65			Fűtési DN65 K1_1			Fűtési visszatérő DN65		
Bemeneő adatok						Bemeneő adatok		
t1	64,93173	°C				t1	53,04859	°C
t2	11,86	°C				t2	11,86	°C
r1	35,15	mm	→	r1	0,03515	m		
r2	38,05	mm	→	r2	0,03805	m		
r3	56,05	mm	→	r3	0,05605	m		
h	14	m				h	14	m
λ1	50	W/mK				λ1	50	W/mK
λ2	0,35	W/mK				λ2	0,35	W/mK
Cp 65°C	4185,17	J/kgK				Cp 55°C	4180,89	J/kgK
μ 65°C	0,000433	kg/ms				μ 55°C	0,0005	kg/ms
κ 65°C	0,659017	W/mK				κ 55°C	0,6492	W/mK
ρ 65°C	980,5653	kg/m3				ρ 55°C	985,7064	kg/m3
u	0,576	m/s				u	0,576	m/s
dh	0,0703	m				dh	0,0703	m
hr	1	W/m2K				hr	1	W/m2K
clev	1,013	kJ/kgK				clev	1,013	kJ/kgK
L0	1	m				L0	1	m
plev	1,217	kg/m3				plev	1,217	kg/m3
vszél	0,277778	m/s				vszél	0,277778	m/s
Számított adatok						Számított adatok		
Pr	2,751523	-				Pr	3,220032	-
Re	91660,75	-				Re	79843,8	-
Nu	290,634	-				Nu	272,8217	-
hi	2724,507	W/m2K				hi	2519,429	W/m2K
G	0,338056	kg/m2s				G	0,338056	kg/m2s
hc	4,544653	W/m2K				hc	4,544653	W/m2K
h0	5,544653	W/m2K				h0	5,544653	W/m2K
Hővezetési tényező értéke						Hővezetési tényező értéke		
U	4,114239	W/m2K	←	U/1	0,243058	W/m2K		
Az egységnyi hőveszteség						Az egységnyi hőveszteség		
Qee	76,8968	W/m				Qve	59,66736	W/m
A hőveszteség a telj. csövön						A hőveszteség a telj. csövön		
Qet	1076,555	W				Qvt	835,343	W
A korrigált fűt telj.						A korrigált fűt telj.		
Qe*	120,8128	kW				Qv*	119,77	kW
A korrigált közeg hőm.						A korrigált közeg hőm.		
t1*	63,05419	°C				t2*	52,99284	°C

Fűtési előremenő DN50			Fűtési DN50 K1_1			Fűtési visszatérő DN50							
Bemeneő adatok						Bemeneő adatok							
t1	63,05419	°C				t1	53,12324	°C					
t2	11,86	°C				t2	11,86	°C					
r1	27,25	mm	→	r1	0,02725	m							
r2	30,15	mm	→	r2	0,03015	m							
r3	48,15	mm	→	r3	0,04815	m							
h	22	m				h	22	m					
λ1	50	W/mK				λ1	50	W/mK					
λ2	0,35	W/mK				λ2	0,35	W/mK					
Cp 63°C	4184,145	J/kgK				Cp 55°C	4180,89	J/kgK					
μ 63°C	0,000446	kg/ms				μ 55°C	0,0005	kg/ms					
κ 63°C	0,657231	W/mK				κ 55°C	0,6492	W/mK					
ρ 63°C	981,6405	kg/m3				ρ 55°C	985,7064	kg/m3					
u	0,576	m/s				u	0,576	m/s					
dh	0,0545	m				dh	0,0545	m					
hr	1	W/m2K				hr	1	W/m2K					
clev	1,013	kJ/kgK				clev	1,013	kJ/kgK					
L0	1	m				L0	1	m					
plev	1,217	kg/m3				plev	1,217	kg/m3					
vszél	0,277778	m/s				vszél	0,277778	m/s					
Számított adatok						Számított adatok							
Pr	2,839604	-				Pr	3,220032	-					
Re	69101,62	-				Re	61898,82	-					
Nu	234,0431	-				Nu	222,5522	-					
hi	2822,392	W/m2K				hi	2651,025	W/m2K					
G	0,338056	kg/m2s				G	0,338056	kg/m2s					
hc	4,544653	W/m2K				hc	4,544653	W/m2K					
h0	5,544653	W/m2K				h0	5,544653	W/m2K					
Hővezetési tényező értéke						Hővezetési tényező értéke							
U	4,073659	W/m2K	←	U/1	0,24548	W/m2K	←	U/1	0,24552	W/m2K			
Az egységnyi hőveszteség						Az egységnyi hőveszteség							
Q _{ee}	63,09305	W/m				Q _{ve}	50,84551	W/m			Q _{v*}	120,6054	kW
A hőveszteség a telj. csövön						A hőveszteség a telj. csövön							
Q _{et}	1388,047	W				Q _{vt}	1118,601	W			t _{2*}	53,04859	°C
A korrigált fűt telj.						A korrigált fűt telj.							
Q _{e*}	119,4248	kW				A korrigált közeg hőm.							
A korrigált közeg hőm.						A korrigált közeg hőm.							
t _{1*}	62,9636	°C				A korrigált közeg hőm.							

Fűtési előremenő DN20			Fűtési DN20 K1_1			Fűtési visszatérő DN20											
Bemeneő adatok						Bemeneő adatok											
t1	62,9636	°C				t1	55	°C									
t2	11,86	°C				t2	11,86	°C									
r1	11,15	mm	→	r1	0,01115	m	r1	11,15	mm	→	r1	0,01115	m				
r2	13,45	mm	→	r2	0,01345	m	r2	13,45	mm	→	r2	0,01345	m				
r3	31,45	mm	→	r3	0,03145	m	r3	31,45	mm	→	r3	0,03145	m				
h	5	m				h	5	m									
λ1	50	W/mK				λ1	50	W/mK									
λ2	0,35	W/mK				λ2	0,35	W/mK									
Cp 63°C	4184,145	J/kgK				Cp 55°C	4180,89	J/kgK									
μ 63°C	0,000446	kg/ms				μ 55°C	0,0005	kg/ms									
κ 63°C	0,657231	W/mK				κ 55°C	0,6492	W/mK									
ρ 63°C	981,6405	kg/m3				ρ 55°C	985,7064	kg/m3									
u	0,576	m/s				u	0,576	m/s									
dh	0,0223	m				dh	0,0223	m									
hr	1	W/m2K				hr	1	W/m2K									
clev	1,013	kJ/kgK				clev	1,013	kJ/kgK									
L0	1	m				L0	1	m									
ρlev	1,217	kg/m3				ρlev	1,217	kg/m3									
vszél	0,277778	m/s				vszél	0,277778	m/s									
Számított adatok						Számított adatok											
Pr	2,839604	-				Pr	3,220032	-									
Re	28274,61	-				Re	25327,41	-									
Nu	114,5045	-				Nu	108,8826	-									
hi	3374,703	W/m2K				hi	3169,802	W/m2K									
G	0,338056	kg/m2s				G	0,338056	kg/m2s									
hc	4,544653	W/m2K				hc	4,544653	W/m2K									
h0	5,544653	W/m2K				h0	5,544653	W/m2K									
Hővezetési tényező értéke						Hővezetési tényező értéke											
U	3,881473	W/m2K	←	U/1	0,257634	W/m2K	U	3,880659	W/m2K	←	U/1	0,257688	W/m2K				
Az egységnyi hőveszteség			A korrigált fűt telj.			Az egységnyi hőveszteség			A korrigált fűt telj.								
Qee	39,19662	W/m				Qe*	119,2288	kW	Qve	33,08157	W/m				Qv*	121,724	kW
A hőveszteség a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.			A hőveszteség a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.								
Qet	195,9831	W				t1*	62,95053	°C	Qvt	165,4079	W				t2*	53,12324	°C



Fűtési előremenő DN65			Fűtési DN65 K1_2			Fűtési visszatérő DN65														
Bemeneő adatok						Bemeneő adatok														
t1	64,93173	°C				t1	55	°C												
t2	11,86	°C				t2	11,86	°C												
r1	35,15	mm	→	r1	0,03515	m	r1	35,15	mm	→	r1	0,03515	m							
r2	38,05	mm	→	r2	0,03805	m	r2	38,05	mm	→	r2	0,03805	m							
r3	56,05	mm	→	r3	0,05605	m	r3	56,05	mm	→	r3	0,05605	m							
h	36	m				h	36	m												
λ1	50	W/mK				λ1	50	W/mK												
λ2	0,35	W/mK				λ2	0,35	W/mK												
Cp 65°C	4185,17	J/kgK				Cp 55°C	4180,89	J/kgK												
μ 65°C	0,000433	kg/ms				μ 55°C	0,0005	kg/ms												
κ 65°C	0,659017	W/mK				κ 55°C	0,6492	W/mK												
ρ 65°C	980,5653	kg/m3				ρ 55°C	985,7064	kg/m3												
u	0,576	m/s				u	0,576	m/s												
dh	0,0703	m				dh	0,0703	m												
hr	1	W/m2K				hr	1	W/m2K												
clev	1,013	kJ/kgK				clev	1,013	kJ/kgK												
L0	1	m				L0	1	m												
plev	1,217	kg/m3				plev	1,217	kg/m3												
vszél	0,277778	m/s				vszél	0,277778	m/s												
Számított adatok						Számított adatok														
Pr	2,751523	-				Pr	3,220032	-												
Re	91660,75	-				Re	79843,8	-												
Nu	290,634	-				Nu	272,8217	-												
hi	2724,507	W/m2K				hi	2519,429	W/m2K												
G	0,338056	kg/m2s				G	0,338056	kg/m2s												
hc	4,544653	W/m2K				hc	4,544653	W/m2K												
h0	5,544653	W/m2K				h0	5,544653	W/m2K												
Hővezetési tényező értéke						Hővezetési tényező értéke														
U	4,114239	W/m2K	←	U/1	0,243058	W/m2K	U	4,113433	W/m2K	←	U/1	0,243106	W/m2K							
Az egységnyi hőveszteség			A korrigált fűt telj.			Az egységnyi hőveszteség			A korrigált fűt telj.											
Qee	76,8968	W/m				Qe*	24,31825	kW				Qve	62,49425	W/m				Qv*	24,83674	kW
A hőveszteség a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.			A hőveszteség a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.											
Qet	2768,285	W				t1*	63,31051	°C				Qvt	2249,793	W				t2*	53,34252	°C

össz. előre1 dt veszteség a 80-as csőig		össz. előre2 dt veszteség a 80-as csőig			
dtv	2,049466281	°C	dtv	1,689487892	°C

A hőveszteség a teljes K1-es kazán szakaszon		
QfK1	11,61461076	kW

A hőveszteség az A épületrészben		
QfA	9,798015053	kW

A hőveszteség az B épületrészben		
QfB	1,816595712	kW

Fűtési előremenő DN80			Fűtési DN80			Fűtési visszatérő DN80								
Bemeneő adatok						Bemeneő adatok								
t1	65	°C				t1	52,82351	°C						
t2	11,86	°C				t2	11,86	°C						
r1	41,3	mm	→	r1	0,0413	m	r1	41,3	mm	→	r1	0,0413	m	
r2	44,5	mm	→	r2	0,0445	m	r2	44,5	mm	→	r2	0,0445	m	
r3	62,5	mm	→	r3	0,0625	m	r3	62,5	mm	→	r3	0,0625	m	
h	36	m				h	36	m						
λ1	50	W/mK				λ1	50	W/mK						
λ2	0,35	W/mK				λ2	0,35	W/mK						
Cp 65°C	4185,17	J/kgK				Cp 55°C	4180,89	J/kgK						
μ 65°C	0,000433	kg/ms				μ 55°C	0,0005	kg/ms						
κ 65°C	0,659017	W/mK				κ 55°C	0,6492	W/mK						
ρ 65°C	980,5653	kg/m ³				ρ 55°C	985,7064	kg/m ³						
u	0,576114	m/s				u	0,576114	m/s						
dh	0,0826	m				dh	0,0826	m						
hr	1	W/m ² K				hr	1	W/m ² K						
clev	1,013	kJ/kgK				clev	1,013	kJ/kgK						
L0	1	m				L0	1	m						
plev	1,217	kg/m ³				plev	1,217	kg/m ³						
vszél	0,277778	m/s				vszél	0,277778	m/s						
Számított adatok						Számított adatok								
Pr	2,751523	-				Pr	3,220032	-						
Re	107698,1	-				Re	93813,63	-						
Nu	330,6483	-				Nu	310,3835	-						
hi	2638,049	W/m ² K				hi	2439,479	W/m ² K						
G	0,338056	kg/m ² s				G	0,338056	kg/m ² s						
hc	4,544653	W/m ² K				hc	4,544653	W/m ² K						
h0	5,544653	W/m ² K				h0	5,544653	W/m ² K						
Hővezetési tényező értéke						Hővezetési tényező értéke								
U	4,137745	W/m ² K	←	U/1	0,241678	W/m ² K	U	4,136946	W/m ² K	←	U/1	0,241724	W/m ² K	
Az egységnyi hőveszteség						Az egységnyi hőveszteség			A korrigált fűt telj.					
Q _{ee}	86,34658	W/m				Q _{e*}	146,8915	kW	Q _{ve}	66,54828	W/m	Q _{v*}	146,9204	kW
A hőveszteség a telj. csövön						A hőveszteség a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.					
Q _{et}	3108,477	W				t ₁ *	64,79277	°C	Q _{vt}	2395,738	W	t ₂ *	52,62823	°C

Strangok	
K2.1	25
K2.2	5
Össz.:	30

Felt. hőm. [°C]	
t1	65
t2	55
dt	10
tk	11,86

össz. vissz. dt veszteség a 80-as csőig	
dtv	2,371774 °C

Fűtési előremenő DN32			Fűtési DN32			Fűtési visszatérő DN32							
Bemeneő adatok						Bemeneő adatok							
t1	64,79277	°C				t1	52,85891	°C					
t2	11,86	°C				t2	11,86	°C					
r1	8,6	mm	→	r1	0,0086	m	r1	8,6	mm	→	r1	0,0086	m
r2	21,2	mm	→	r2	0,0212	m	r2	21,2	mm	→	r2	0,0212	m
r3	39,2	mm	→	r3	0,0392	m	r3	39,2	mm	→	r3	0,0392	m
h	11,86	m				h	11,86	m					
λ1	50	W/mK				λ1	50	W/mK					
λ2	0,35	W/mK				λ2	0,35	W/mK					
Cp 65°C	4185,17	J/kgK				Cp 55°C	4180,89	J/kgK					
μ 65°C	0,000433	kg/ms				μ 55°C	0,0005	kg/ms					
κ 65°C	0,659017	W/mK				κ 55°C	0,6492	W/mK					
ρ 65°C	980,5653	kg/m3				ρ 55°C	985,7064	kg/m3					
u	0,576114	m/s				u	0,576114	m/s					
dh	0,0172	m				dh	0,0172	m					
hr	1	W/m2K				hr	1	W/m2K					
clev	1,013	kJ/kgK				clev	1,013	kJ/kgK					
L0	1	m				L0	1	m					
plev	1,217	kg/m3				plev	1,217	kg/m3					
vszél	0,277778	m/s				vszél	0,277778	m/s					
Számított adatok						Számított adatok							
Pr	2,751523	-				Pr	3,220032	-					
Re	22426,24	-				Re	19535,04	-					
Nu	94,23343	-				Nu	88,45805	-					
hi	3610,549	W/m2K				hi	3338,777	W/m2K					
G	0,338056	kg/m2s				G	0,338056	kg/m2s					
hc	4,544653	W/m2K				hc	4,544653	W/m2K					
h0	5,544653	W/m2K				h0	5,544653	W/m2K					
Hővezetési tényező értéke						Hővezetési tényező értéke							
U	3,981408	W/m2K	←	U/1	0,251167	W/m2K	U	3,97978	W/m2K	←	U/1	0,25127	W/m2K
Az egységnyi hőveszteség						Az egységnyi hőveszteség							
Qee	51,90716	W/m				Qve	40,18809	W/m					
A hőveszteség a telj. csövön						A hőveszteség a telj. csövön							
Qet	615,6189	W				Qvt	476,6307	W					
A korrigált fűt telj.						A korrigált fűt telj.							
Qe*	146,2759	kW				Qv*	149,3161	kW					
A korrigált közeg hőm.						A korrigált közeg hőm.							
t1*	64,75173	°C				t2*	52,82351	°C					

Fűtési előremenő DN20			Fűtési DN20			Fűtési visszatérő DN20								
Bemeneő adatok						Bemeneő adatok								
t1	64,75173	°C				t1	52,8625	°C						
t2	11,86	°C				t2	11,86	°C						
r1	11,15	mm	→	r1	0,01115	m	r1	11,15	mm	→	r1	0,01115	m	
r2	13,45	mm	→	r2	0,01345	m	r2	13,45	mm	→	r2	0,01345	m	
r3	31,45	mm	→	r3	0,03145	m	r3	31,45	mm	→	r3	0,03145	m	
h	3	m				h	3	m						
λ1	50	W/mK				λ1	50	W/mK						
λ2	0,35	W/mK				λ2	0,35	W/mK						
Cp 65°C	4185,17	J/kgK				Cp 55°C	4180,89	J/kgK						
μ 65°C	0,000433	kg/ms				μ 55°C	0,0005	kg/ms						
κ 65°C	0,659017	W/mK				κ 55°C	0,6492	W/mK						
ρ 65°C	980,5653	kg/m3				ρ 55°C	985,7064	kg/m3						
u	0,576114	m/s				u	0,576114	m/s						
dh	0,0223	m				dh	0,0223	m						
hr	1	W/m2K				hr	1	W/m2K						
clev	1,013	kJ/kgK				clev	1,013	kJ/kgK						
L0	1	m				L0	1	m						
plev	1,217	kg/m3				plev	1,217	kg/m3						
vszél	0,277778	m/s				vszél	0,277778	m/s						
Számított adatok						Számított adatok								
Pr	2,751523	-				Pr	3,220032	-						
Re	29075,89	-				Re	25327,41	-						
Nu	115,9915	-				Nu	108,8826	-						
hi	3427,82	W/m2K				hi	3169,802	W/m2K						
G	0,338056	kg/m2s				G	0,338056	kg/m2s						
hc	4,544653	W/m2K				hc	4,544653	W/m2K						
h0	5,544653	W/m2K				h0	5,544653	W/m2K						
Hővezetési tényező értéke						Hővezetési tényező értéke								
U	3,881668	W/m2K	←	U/1	0,257621	W/m2K	U	3,880659	W/m2K	←	U/1	0,257688	W/m2K	
Az egységnyi hőveszteség			A korrigált fűt telj.			Az egységnyi hőveszteség			A korrigált fűt telj.					
Qee	40,57015	W/m				Qe*	146,1542	kW	Qve	31,44245	W/m			
A hőveszteség a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.			A hőveszteség a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.					
Qet	121,7105	W				t1*	64,74361	°C	Qvt	94,32735	W			
									t2*	52,85891	°C			

Fűtési előremenő DN15			Fűtési DN15			Fűtési visszatérő DN15														
Bemeneő adatok						Bemeneő adatok														
t1	64,75173	°C				t1	53,02103	°C												
t2	11,86	°C				t2	11,86	°C												
r1	8,65	mm	→	r1	0,00865	m				r1	0,00865	m								
r2	10,65	mm	→	r2	0,01065	m				r2	0,01065	m								
r3	28,65	mm	→	r3	0,02865	m				r3	0,02865	m								
h	4	m				h	4	m												
λ1	50	W/mK				λ1	50	W/mK												
λ2	0,35	W/mK				λ2	0,35	W/mK												
Cp 65°C	4185,17	J/kgK				Cp 55°C	4180,89	J/kgK												
μ 65°C	0,000433	kg/ms				μ 55°C	0,0005	kg/ms												
κ 65°C	0,659017	W/mK				κ 55°C	0,6492	W/mK												
ρ 65°C	980,5653	kg/m3				ρ 55°C	985,7064	kg/m3												
u	0,576114	m/s				u	0,576114	m/s												
dh	0,0173	m				dh	0,0173	m												
hr	1	W/m2K				hr	1	W/m2K												
clev	1,013	kJ/kgK				clev	1,013	kJ/kgK												
L0	1	m				L0	1	m												
plev	1,217	kg/m3				plev	1,217	kg/m3												
vszél	0,277778	m/s				vszél	0,277778	m/s												
Számított adatok						Számított adatok														
Pr	2,751523	-				Pr	3,220032	-												
Re	22556,63	-				Re	19648,62	-												
Nu	94,67147	-				Nu	88,86924	-												
hi	3606,365	W/m2K				hi	3334,908	W/m2K												
G	0,338056	kg/m2s				G	0,338056	kg/m2s												
hc	4,544653	W/m2K				hc	4,544653	W/m2K												
h0	5,544653	W/m2K				h0	5,544653	W/m2K												
Hővezetési tényező értéke						Hővezetési tényező értéke														
U	3,811022	W/m2K	←	U/1	0,262397	W/m2K				U	3,809936	W/m2K	←	U/1	0,262472	W/m2K				
Az egységnyi hőveszteség						Az egységnyi hőveszteség						Az egységnyi hőveszteség								
Qee	36,28555	W/m				Qe*	146,0091	kW				Qve	28,22984	W/m				Qv*	149,8871	kW
A hőveszteség a telj. csövön						A korrigált fűt telj.						A hőveszteség a telj. csövön						A korrigált közeg hőm.		
Qet	145,1422	W				t1*	64,73394	°C				Qvt	112,9194	W				t2*	52,8625	°C

Fűtési előremenő DN65			Fűtési DN65 K2.1			Fűtési visszatérő DN65								
Bemeneő adatok						Bemeneő adatok								
t1	64,73394	°C				t1	53,02103	°C						
t2	11,86	°C				t2	11,86	°C						
r1	35,15	mm	→	r1	0,03515	m	r1	35,15	mm	→	r1	0,03515	m	
r2	38,05	mm	→	r2	0,03805	m	r2	38,05	mm	→	r2	0,03805	m	
r3	56,05	mm	→	r3	0,05605	m	r3	56,05	mm	→	r3	0,05605	m	
h	20	m				h	20	m						
λ1	50	W/mK				λ1	50	W/mK						
λ2	0,35	W/mK				λ2	0,35	W/mK						
Cp 65°C	4185,17	J/kgK				Cp 55°C	4180,89	J/kgK						
μ 65°C	0,000433	kg/ms				μ 55°C	0,0005	kg/ms						
κ 65°C	0,659017	W/mK				κ 55°C	0,6492	W/mK						
ρ 65°C	980,5653	kg/m3				ρ 55°C	985,7064	kg/m3						
u	0,576114	m/s				u	0,576114	m/s						
dh	0,0703	m				dh	0,0703	m						
hr	1	W/m2K				hr	1	W/m2K						
clev	1,013	kJ/kgK				clev	1,013	kJ/kgK						
L0	1	m				L0	1	m						
plev	1,217	kg/m3				plev	1,217	kg/m3						
vszél	0,277778	m/s				vszél	0,277778	m/s						
Számított adatok						Számított adatok								
Pr	2,751523	-				Pr	3,220032	-						
Re	91660,75	-				Re	79843,8	-						
Nu	290,634	-				Nu	272,8217	-						
hi	2724,507	W/m2K				hi	2519,429	W/m2K						
G	0,338056	kg/m2s				G	0,338056	kg/m2s						
hc	4,544653	W/m2K				hc	4,544653	W/m2K						
h0	5,544653	W/m2K				h0	5,544653	W/m2K						
Hővezetési tényező értéke						Hővezetési tényező értéke								
U	4,114239	W/m2K	←	U/1	0,243058	W/m2K	U	4,113433	W/m2K	←	U/1	0,243106	W/m2K	
Az egységnyi hőveszteség			A korrigált fűt telj.			Az egységnyi hőveszteség			A korrigált fűt telj.					
Qee	76,61021	W/m				Qe*	120,142	kW	Qve	59,62744	W/m			
A hőveszteség a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.			A hőveszteség a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.					
Qet	1532,204	W				t1*	63,00947	°C	Qvt	1192,549	W			
									t2*	52,94145	°C			

Fűtési előremenő DN50			Fűtési DN50 K2.1			Fűtési visszatérő DN50								
Bemeneő adatok						Bemeneő adatok								
t1	63,00947	°C				t1	53,09563	°C						
t2	11,86	°C				t2	11,86	°C						
r1	27,25	mm	→	r1	0,02725	m	r1	27,25	mm	→	r1	0,02725	m	
r2	30,15	mm	→	r2	0,03015	m	r2	30,15	mm	→	r2	0,03015	m	
r3	48,15	mm	→	r3	0,04815	m	r3	48,15	mm	→	r3	0,04815	m	
h	22	m				h	22	m						
λ1	50	W/mK				λ1	50	W/mK						
λ2	0,35	W/mK				λ2	0,35	W/mK						
Cp 63°C	4184,145	J/kgK				Cp 55°C	4180,89	J/kgK						
μ 63°C	0,000446	kg/ms				μ 55°C	0,0005	kg/ms						
κ 63°C	0,657231	W/mK				κ 55°C	0,6492	W/mK						
ρ 63°C	981,6405	kg/m3				ρ 55°C	985,7064	kg/m3						
u	0,576114	m/s				u	0,576114	m/s						
dh	0,0545	m				dh	0,0545	m						
hr	1	W/m2K				hr	1	W/m2K						
clev	1,013	kJ/kgK				clev	1,013	kJ/kgK						
L0	1	m				L0	1	m						
plev	1,217	kg/m3				plev	1,217	kg/m3						
vszél	0,277778	m/s				vszél	0,277778	m/s						
Számított adatok						Számított adatok								
Pr	2,839604	-				Pr	3,220032	-						
Re	69101,62	-				Re	61898,82	-						
Nu	234,0431	-				Nu	222,5522	-						
hi	2822,392	W/m2K				hi	2651,025	W/m2K						
G	0,338056	kg/m2s				G	0,338056	kg/m2s						
hc	4,544653	W/m2K				hc	4,544653	W/m2K						
h0	5,544653	W/m2K				h0	5,544653	W/m2K						
Hővezetési tényező értéke						Hővezetési tényező értéke								
U	4,073659	W/m2K	←	U/1	0,24548	W/m2K	U	4,072988	W/m2K	←	U/1	0,24552	W/m2K	
Az egységnyi hőveszteség			A korrigált fűt telj.			Az egységnyi hőveszteség			A korrigált fűt telj.					
Qee	63,03793	W/m				Qe*	118,7552	kW	Qve	50,81149	W/m			
A hőveszteség a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.			A hőveszteség a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.					
Qet	1386,835	W				t1*	62,91895	°C	Qvt	1117,853	W			
									t2*	53,02103	°C			

Fűtési előremenő DN20			Fűtési DN20 K2.1			Fűtési visszatérő DN20														
Bemeneő adatok						Bemeneő adatok														
t1	62,91895	°C				t1	55	°C												
t2	11,86	°C				t2	11,86	°C												
r1	11,15	mm	→	r1	0,01115	m														
r2	13,45	mm	→	r2	0,01345	m														
r3	31,45	mm	→	r3	0,03145	m														
h	11	m				h	11	m												
λ1	50	W/mK				λ1	50	W/mK												
λ2	0,35	W/mK				λ2	0,35	W/mK												
Cp 63°C	4184,145	J/kgK				Cp 55°C	4180,89	J/kgK												
μ 63°C	0,000446	kg/ms				μ 55°C	0,0005	kg/ms												
κ 63°C	0,657231	W/mK				κ 55°C	0,6492	W/mK												
ρ 63°C	981,6405	kg/m3				ρ 55°C	985,7064	kg/m3												
u	0,576114	m/s				u	0,576114	m/s												
dh	0,0223	m				dh	0,0223	m												
hr	1	W/m2K				hr	1	W/m2K												
clev	1,013	kJ/kgK				clev	1,013	kJ/kgK												
L0	1	m				L0	1	m												
plev	1,217	kg/m3				plev	1,217	kg/m3												
vszél	0,277778	m/s				vszél	0,277778	m/s												
Számított adatok						Számított adatok														
Pr	2,839604	-				Pr	3,220032	-												
Re	28274,61	-				Re	25327,41	-												
Nu	114,5045	-				Nu	108,8826	-												
hi	3374,703	W/m2K				hi	3169,802	W/m2K												
G	0,338056	kg/m2s				G	0,338056	kg/m2s												
hc	4,544653	W/m2K				hc	4,544653	W/m2K												
h0	5,544653	W/m2K				h0	5,544653	W/m2K												
Hővezetési tényező értéke						Hővezetési tényező értéke														
U	3,881473	W/m2K	←	U/1	0,257634	W/m2K														
Az egységnyi hőveszteség			A korrigált fűt telj.			Az egységnyi hőveszteség			A korrigált fűt telj.											
Qee	39,16237	W/m				Qe*	118,3244	kW				Qve	33,08157	W/m				Qv*	121,3103	kW
A hőveszteség a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.			A hőveszteség a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.											
Qet	430,7861	W				t1*	62,89022	°C				Qvt	363,8973	W				t2*	53,09563	°C



Fűtési előremenő DN25			Fűtési DN25 K2.2			Fűtési visszatérő DN25								
Bemeneő adatok						Bemeneő adatok								
t1	64,73394	°C				t1	53,36874	°C						
t2	11,86	°C				t2	11,86	°C						
r1	35,15	mm	→	r1	0,03515	m	r1	35,15	mm	→	r1	0,03515	m	
r2	38,05	mm	→	r2	0,03805	m	r2	38,05	mm	→	r2	0,03805	m	
r3	56,05	mm	→	r3	0,05605	m	r3	56,05	mm	→	r3	0,05605	m	
h	19	m				h	19	m						
λ1	50	W/mK				λ1	50	W/mK						
λ2	0,35	W/mK				λ2	0,35	W/mK						
Cp 65°C	4185,17	J/kgK				Cp 55°C	4180,89	J/kgK						
μ 65°C	0,000433	kg/ms				μ 55°C	0,0005	kg/ms						
κ 65°C	0,659017	W/mK				κ 55°C	0,6492	W/mK						
ρ 65°C	980,5653	kg/m3				ρ 55°C	985,7064	kg/m3						
u	0,576114	m/s				u	0,576114	m/s						
dh	0,0703	m				dh	0,0703	m						
hr	1	W/m2K				hr	1	W/m2K						
clev	1,013	kJ/kgK				clev	1,013	kJ/kgK						
L0	1	m				L0	1	m						
plev	1,217	kg/m3				plev	1,217	kg/m3						
vszél	0,277778	m/s				vszél	0,277778	m/s						
Számított adatok						Számított adatok								
Pr	2,751523	-				Pr	3,220032	-						
Re	91660,75	-				Re	79843,8	-						
Nu	290,634	-				Nu	272,8217	-						
hi	2724,507	W/m2K				hi	2519,429	W/m2K						
G	0,338056	kg/m2s				G	0,338056	kg/m2s						
hc	4,544653	W/m2K				hc	4,544653	W/m2K						
h0	5,544653	W/m2K				h0	5,544653	W/m2K						
Hővezetési tényező értéke						Hővezetési tényező értéke								
U	4,114239	W/m2K	←	U/1	0,243058	W/m2K	U	4,113433	W/m2K	←	U/1	0,243106	W/m2K	
Az egységnyi hőveszteség			A korrigált fűt telj.			Az egységnyi hőveszteség			A korrigált fűt telj.					
Qee	76,61021	W/m				Qe*	22,87925	kW	Qve	60,13114	W/m			
A hőveszteség a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.			A hőveszteség a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.					
Qet	1455,594	W				t1*	63,47472	°C	Qvt	1142,492	W			
									t2*	53,29249	°C			

Fűtési előremenő DN20			Fűtési DN20 K2.2			Fűtési visszatérő DN20							
Bemeneő adatok						Bemeneő adatok							
t1	63,47472	°C				t1	53,38786	°C					
t2	11,86	°C				t2	11,86	°C					
r1	11,15	mm	→	r1	0,01115	m	r1	11,15	mm	→	r1	0,01115	m
r2	13,45	mm	→	r2	0,01345	m	r2	13,45	mm	→	r2	0,01345	m
r3	31,45	mm	→	r3	0,03145	m	r3	31,45	mm	→	r3	0,03145	m
h	9	m				h	9	m					
λ1	50	W/mK				λ1	50	W/mK					
λ2	0,35	W/mK				λ2	0,35	W/mK					
Cp 63°C	4184,145	J/kgK				Cp 55°C	4180,89	J/kgK					
μ 63°C	0,000446	kg/ms				μ 55°C	0,0005	kg/ms					
κ 63°C	0,657231	W/mK				κ 55°C	0,6492	W/mK					
ρ 63°C	981,6405	kg/m3				ρ 55°C	985,7064	kg/m3					
u	0,576114	m/s				u	0,576114	m/s					
dh	0,0223	m				dh	0,0223	m					
hr	1	W/m2K				hr	1	W/m2K					
clev	1,013	kJ/kgK				clev	1,013	kJ/kgK					
L0	1	m				L0	1	m					
plev	1,217	kg/m3				plev	1,217	kg/m3					
vszél	0,277778	m/s				vszél	0,277778	m/s					
Számított adatok						Számított adatok							
Pr	2,839604	-				Pr	3,220032	-					
Re	28274,61	-				Re	25327,41	-					
Nu	114,5045	-				Nu	108,8826	-					
hi	3374,703	W/m2K				hi	3169,802	W/m2K					
G	0,338056	kg/m2s				G	0,338056	kg/m2s					
hc	4,544653	W/m2K				hc	4,544653	W/m2K					
h0	5,544653	W/m2K				h0	5,544653	W/m2K					
Hővezetési tényező értéke						Hővezetési tényező értéke							
U	3,881473	W/m2K	←	U/1	0,257634	W/m2K	U	3,880659	W/m2K	←	U/1	0,257688	W/m2K
Az egységnyi hőveszteség			A korrigált fűt telj.			Az egységnyi hőveszteség			A korrigált fűt telj.				
Qee	39,58864	W/m		Qe*	22,52295	kW	Qve	31,84532	W/m		Qv*	23,87071	kW
A hőveszteség a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.			A hőveszteség a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.				
Qet	356,2978	W		t1*	63,45133	°C	Qvt	286,6079	W		t2*	53,36874	°C

Fűtési előremenő DN15			Fűtési DN15 K2.2			Fűtési visszatérő DN15									
Bemeneő adatok						Bemeneő adatok									
t1	63,45133	°C				t1	55	°C							
t2	11,86	°C				t2	11,86	°C							
r1	8,65	mm	→	r1	0,00865	m	r1	8,65	mm	→	r1	0,00865	m		
r2	10,65	mm	→	r2	0,01065	m	r2	10,65	mm	→	r2	0,01065	m		
r3	28,65	mm	→	r3	0,02865	m	r3	28,65	mm	→	r3	0,02865	m		
h	6	m				h	6	m							
λ1	50	W/mK				λ1	50	W/mK							
λ2	0,35	W/mK				λ2	0,35	W/mK							
Cp 63°C	4184,145	J/kgK				Cp 55°C	4180,89	J/kgK							
μ 63°C	0,000446	kg/ms				μ 55°C	0,0005	kg/ms							
κ 63°C	0,657231	W/mK				κ 55°C	0,6492	W/mK							
ρ 63°C	981,6405	kg/m3				ρ 55°C	985,7064	kg/m3							
u	0,576114	m/s				u	0,576114	m/s							
dh	0,0173	m				dh	0,0173	m							
hr	1	W/m2K				hr	1	W/m2K							
clev	1,013	kJ/kgK				clev	1,013	kJ/kgK							
L0	1	m				L0	1	m							
plev	1,217	kg/m3				plev	1,217	kg/m3							
vszél	0,277778	m/s				vszél	0,277778	m/s							
Számított adatok						Számított adatok									
Pr	2,839604	-				Pr	3,220032	-							
Re	21935,01	-				Re	19648,62	-							
Nu	93,45777	-				Nu	88,86924	-							
hi	3550,482	W/m2K				hi	3334,908	W/m2K							
G	0,338056	kg/m2s				G	0,338056	kg/m2s							
hc	4,544653	W/m2K				hc	4,544653	W/m2K							
h0	5,544653	W/m2K				h0	5,544653	W/m2K							
Hővezetési tényező értéke						Hővezetési tényező értéke									
U	3,810812	W/m2K	←	U/1	0,262411	W/m2K	U	3,809936	W/m2K	←	U/1	0,262472	W/m2K		
Az egységnyi hőveszteség			A korrigált fűt telj.			Az egységnyi hőveszteség			A korrigált fűt telj.						
Qee	35,39148	W/m	Qe*			22,3106	kW	Qve	29,5871	W/m	Qv*			24,15732	kW
A hőveszteség a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.			A hőveszteség a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.						
Qet	212,3489	W	t1*			63,43717	°C	Qvt	177,5226	W	t2*			53,38786	°C

össz. előre1 dt veszteség a 80-as csőig			össz. előre2 dt veszteség a 80-as csőig			
dtv	2,109776164	°C	/	dtv	1,562828774	°C

A hőveszteség a teljes K2-es kazán szakaszon		
QfK2	16,72555045	kW

A hőveszteség a B épületrészben		
QfB	7,070563945	kW

A hőveszteség a C épületrészben		
QfC	9,654986501	kW

HMV NA50 cső		
Bemeneő adatok		
t1	50	°C
t2	11,86	°C
r1	27,25	mm
r2	30,15	mm
r3	48,15	mm
h	16	m
λ1	13,8	W/mK
λ2	0,35	W/mK
Cp 50°C	4179,557	J/kgK
μ 50°C	0,000547	kg/ms
κ 50°C	0,643607	W/mK
ρ 50°C	988,0469	kg/m3
u	0,1	m/s
dh	0,0545	m
hr	1	W/m2K
clev	1,013	kJ/kgK
L0	1	m
plev	1,217	kg/m3
vszél	0,277778	m/s

HMV + Cirk. K1		
r1	0,02725	m
r2	0,03015	m
r3	0,04815	m

Fő bemeneő adatok	
Qpont	83,89831 kW

Fő számított adatok		
Vpont	7,226457	m3/h
Qpont K1_1	68,64407	kW
Qpont K1_2	15,25424	kW

Számított adatok	
Pr	3,551238 -
Re	9846,999 -
Nu	52,66049 -
hi	621,8835 W/m2K
G	0,338056 kg/m2s
hc	4,544653 W/m2K
h0	5,544653 W/m2K

Hővezetési tényező értéke		
U	4,033067 W/m2K	← U/1 0,24795 W/m2K

Az egységnyi hőveszteség	
Qhmv	46,53634 W/m

A korrigált fűt telj.	
Qhmv*	83,15372 kW

A hőveszteség a telj. csövön	
Qhmv _t	744,5815 W

A korrigált közeg hőm.	
t1*	49,91125 °C

Cirkuláció NA20 cső		
Bemeneő adatok		
t1	38,10136	°C
t2	11,86	°C
r1	11,15	mm
r2	13,45	mm
r3	31,45	mm
h	11,86	m
λ1	13,8	W/mK
λ2	0,35	W/mK
Cp 40°C	4178,556	J/kgK
μ 40°C	0,000653	kg/ms
κ 40°C	0,658096	W/mK
ρ 40°C	992,2237	kg/m3
u	1	m/s
dh	0,0223	m
hr	1	W/m2K
clev	1,013	kJ/kgK
L0	1	m
plev	1,217	kg/m3
vszél	0,277778	m/s

r1	0,01115	m
r2	0,01345	m
r3	0,03145	m

Számított adatok	
Pr	4,146062 -
Re	33885,61 -
Nu	148,2623 -
hi	4375,377 W/m2K
G	0,338056 kg/m2s
hc	4,544653 W/m2K
h0	5,544653 W/m2K

Hővezetési tényező értéke		
U	3,879692 W/m2K	← U/1 0,257752 W/m2K

Az egységnyi hőveszteség	
Qce	20,11796 W/m

A korrigált fűt telj.	
Qc*	83,65971 kW

A hőveszteség a telj. csövön	
Qct	238,5991 W

A korrigált közeg hőm.	
t2*	36,28397 °C

Strangok	
K1.1	27
K1.2	6
Össz.:	33

Strangok	
K2.1	25
K2.2	1
Össz.:	26

Felt. hőm. [°C]	
t1	50
t2	40
dt	10
tk	11,86

Strangok	
Össz.:	59

Felvett értékek		
v _{hmV}	0,1	m/s
v _{cirk}	1	m/s

össz. vissz. dt veszteség a 80-as csőig	
dt _v	3,716026 °C

HMV NA50 cső			HMV + Cirk. K1.1			Cirkuláció NA15 cső							
Bemeneő adatok						Bemeneő adatok							
t1	49,91125	°C				t1	38,11425	°C					
t2	11,86	°C				t2	11,86	°C					
r1	27,25	mm	→	r1	0,02725	m	r1	8,65	mm	→	r1	0,00865	m
r2	30,15	mm	→	r2	0,03015	m	r2	10,65	mm	→	r2	0,01065	m
r3	48,15	mm	→	r3	0,04815	m	r3	28,65	mm	→	r3	0,02865	m
h	22	m				h	6	m					
λ1	13,8	W/mK				λ1	50	W/mK					
λ2	0,35	W/mK				λ2	0,35	W/mK					
Cp 50°C	4179,557	J/kgK				Cp 40°C	4178,556	J/kgK					
μ 50°C	0,000547	kg/ms				μ 40°C	0,000653	kg/ms					
κ 50°C	0,643607	W/mK				κ 40°C	0,658096	W/mK					
ρ 50°C	988,0469	kg/m3				ρ 40°C	992,2237	kg/m3					
u	0,1	m/s				u	1	m/s					
dh	0,0545	m				dh	0,0173	m					
hr	1	W/m2K				hr	1	W/m2K					
clev	1,013	kJ/kgK				clev	1,013	kJ/kgK					
L0	1	m				L0	1	m					
plev	1,217	kg/m3				plev	1,217	kg/m3					
vszél	0,277778	m/s				vszél	0,277778	m/s					
Számított adatok						Számított adatok							
Pr	3,551238	-				Pr	4,146062	-					
Re	9846,999	-				Re	26287,94	-					
Nu	52,66049	-				Nu	121,0107	-					
hi	621,8835	W/m2K				hi	4603,279	W/m2K					
G	0,338056	kg/m2s				G	0,338056	kg/m2s					
hc	4,544653	W/m2K				hc	4,544653	W/m2K					
h0	5,544653	W/m2K				h0	5,544653	W/m2K					
Hővezetési tényező értéke						Hővezetési tényező értéke							
U	4,033067	W/m2K	←	U/1	0,24795	W/m2K	U	3,813913	W/m2K	←	U/1	0,262198	W/m2K
Az egységnyi hőveszteség			A korrigált fűt telj.			Az egységnyi hőveszteség			A korrigált fűt telj.				
Qhmv	46,42806	W/m		Qhmv*	67,62265	kW	Qce	18,02498	W/m		Qc*	67,95273	kW
A hőveszteség a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.			A hőveszteség a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.				
Qhmv	1021,417	W		t1*	48,06007	°C	Qct	108,1499	W		t2*	38,10136	°C

HMV NA40 cső			HMV + Cirk. K1_1			
Bemeneő adatok						
t1	48,06007	°C				
t2	11,86	°C				
r1	21,55	mm	→	r1	0,02155	m
r2	24,15	mm	→	r2	0,02415	m
r3	42,15	mm	→	r3	0,04215	m
h	14	m				
λ1	13,8	W/mK				
λ2	0,35	W/mK				
Cp 50°C	4179,557	J/kgK				
μ 50°C	0,000547	kg/ms				
κ 50°C	0,643607	W/mK				
ρ 50°C	988,0469	kg/m3				
u	0,1	m/s				
dh	0,0431	m				
hr	1	W/m2K				
clev	1,013	kJ/kgK				
L0	1	m				
plev	1,217	kg/m3				
vszél	0,277778	m/s				
Számított adatok						
Pr	3,551238	-				
Re	7787,26	-				
Nu	43,64651	-				
hi	651,7677	W/m2K				
G	0,338056	kg/m2s				
hc	4,544653	W/m2K				
h0	5,544653	W/m2K				
Hővezetési tényező értéke						
U	3,98763	W/m2K	←	U/1	0,250776	W/m2K
Az egységnyi hővesztés			A korrigált fűt telj.			
Qhmv	38,22978	W/m		Qhmv*	67,08743	kW
A hővesztés a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.			
Qhmvt	535,2169	W		t1*	47,99628	°C

HMV NA25 cső			HMV + Cirk. K1_1		
Bemeneő adatok					
t1	47,99628	°C			
t2	11,86	°C			
r1	14,25	mm	→	r1	0,01425 m
r2	16,85	mm	→	r2	0,01685 m
r3	34,85	mm	→	r3	0,03485 m
h	5	m			
λ1	13,8	W/mK			
λ2	0,35	W/mK			
Cp 50°C	4179,557	J/kgK			
μ 50°C	0,000547	kg/ms			
κ 50°C	0,643607	W/mK			
ρ 50°C	988,0469	kg/m3			
u	0,1	m/s			
dh	0,0285	m			
hr	1	W/m2K			
clev	1,013	kJ/kgK			
L0	1	m			
plev	1,217	kg/m3			
vszél	0,277778	m/s			
Számított adatok					
Pr	3,551238	-			
Re	5149,348	-			
Nu	31,35043	-			
hi	707,9773	W/m2K			
G	0,338056	kg/m2s			
hc	4,544653	W/m2K			
h0	5,544653	W/m2K			
Hővezetési tényező értéke					
U	3,897263	W/m2K	←	U/1	0,25659 W/m2K
Az egységnyi hővesztés			A korrigált fűt telj.		
Qhmv	30,83797	W/m		Qhmv*	66,93324 kW
A hővesztés a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.		
Qhmvt	154,1899	W		t1*	47,9779 °C

HMV NA20 cső			HMV + Cirk. K1_1			Cirkuláció NA20 cső							
Bemeneő adatok						Bemeneő adatok							
t1	47,9779	°C				t1	40	°C					
t2	11,86	°C				t2	11,86	°C					
r1	11,15	mm	→	r1	0,01115	m	r1	11,15	mm	→	r1	0,01115	m
r2	13,45	mm	→	r2	0,01345	m	r2	13,45	mm	→	r2	0,01345	m
r3	31,45	mm	→	r3	0,03145	m	r3	31,45	mm	→	r3	0,03145	m
h	2	m				h	27	m					
λ1	13,8	W/mK				λ1	50	W/mK					
λ2	0,35	W/mK				λ2	0,35	W/mK					
Cp 50°C	4179,557	J/kgK				Cp 40°C	4178,556	J/kgK					
μ 50°C	0,000547	kg/ms				μ 40°C	0,000653	kg/ms					
κ 50°C	0,643607	W/mK				κ 40°C	0,658096	W/mK					
ρ 50°C	988,0469	kg/m3				ρ 40°C	992,2237	kg/m3					
u	0,1	m/s				u	1	m/s					
dh	0,0223	m				dh	0,0223	m					
hr	1	W/m2K				hr	1	W/m2K					
clev	1,013	kJ/kgK				clev	1,013	kJ/kgK					
L0	1	m				L0	1	m					
plev	1,217	kg/m3				plev	1,217	kg/m3					
vszél	0,277778	m/s				vszél	0,277778	m/s					
Számított adatok						Számított adatok							
Pr	3,551238	-				Pr	4,146062	-					
Re	4029,139	-				Re	33885,61	-					
Nu	25,7639	-				Nu	148,2623	-					
hi	743,5794	W/m2K				hi	4375,377	W/m2K					
G	0,338056	kg/m2s				G	0,338056	kg/m2s					
hc	4,544653	W/m2K				hc	4,544653	W/m2K					
h0	5,544653	W/m2K				h0	5,544653	W/m2K					
Hővezetési tényező értéke						Hővezetési tényező értéke							
U	3,83287	W/m2K	←	U/1	0,260901	W/m2K	U	3,884355	W/m2K	←	U/1	0,257443	W/m2K
Az egységnyi hőveszteség			A korrigált fűt telj.			Az egységnyi hőveszteség			A korrigált fűt telj.				
Qhmv	27,35566	W/m		Qhmv*	66,87853	kW	Qce	21,59949	W/m		Qc*	68,06088	kW
A hőveszteség a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.			A hőveszteség a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.				
Qhmv	54,71131	W		t1*	47,97138	°C	Qct	583,1863	W		t2*	38,11425	°C

HMV NA32 cső			HMV + Cirk. K1_2			Cirkuláció NA15 cső							
Bemeneő adatok						Bemeneő adatok							
t1	49,91125	°C				t1	40	°C					
t2	11,86	°C				t2	11,86	°C					
r1	18,6	mm	→	r1	0,0186	m	r1	8,65	mm	→	r1	0,00865	m
r2	21,2	mm	→	r2	0,0212	m	r2	10,65	mm	→	r2	0,01065	m
r3	39,2	mm	→	r3	0,0392	m	r3	28,65	mm	→	r3	0,02865	m
h	2	m				h	11,86	m					
λ1	13,8	W/mK				λ1	13,8	W/mK					
λ2	0,35	W/mK				λ2	0,35	W/mK					
Cp 50°C	4179,557	J/kgK				Cp 40°C	4178,556	J/kgK					
μ 50°C	0,000547	kg/ms				μ 40°C	0,000653	kg/ms					
κ 50°C	0,643607	W/mK				κ 40°C	0,658096	W/mK					
ρ 50°C	988,0469	kg/m3				ρ 40°C	992,2237	kg/m3					
u	0,1	m/s				u	1	m/s					
dh	0,0372	m				dh	0,0173	m					
hr	1	W/m2K				hr	1	W/m2K					
clev	1,013	kJ/kgK				clev	1,013	kJ/kgK					
L0	1	m				L0	1	m					
plev	1,217	kg/m3				plev	1,217	kg/m3					
vszél	0,277778	m/s				vszél	0,277778	m/s					
Számított adatok						Számított adatok							
Pr	3,551238	-				Pr	4,146062	-					
Re	6721,254	-				Re	26287,94	-					
Nu	38,79735	-				Nu	121,0107	-					
hi	671,2429	W/m2K				hi	4603,279	W/m2K					
G	0,338056	kg/m2s				G	0,338056	kg/m2s					
hc	4,544653	W/m2K				hc	4,544653	W/m2K					
h0	5,544653	W/m2K				h0	5,544653	W/m2K					
Hővezetési tényező értéke						Hővezetési tényező értéke							
U	3,957121	W/m2K	←	U/1	0,252709	W/m2K	U	3,80937	W/m2K	←	U/1	0,262511	W/m2K
Az egységnyi hőveszteség			A korrigált fűt telj.			Az egységnyi hőveszteség			A korrigált fűt telj.				
Qhmv	37,08636	W/m		Qhmv*	15,18006	kW	Qce	19,29664	W/m		Qc*	15,02538	kW
A hőveszteség a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.			A hőveszteség a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.				
Qhmv _t	74,17272	W		t1*	48,19066	°C	Qct	228,8582	W		t2*	38,20867	°C

HMV NA25 cső			HMV + Cirk. K1_2		
Bemeneő adatok					
t1	48,19066	°C			
t2	11,86	°C			
r1	14,25	mm	→	r1	0,01425 m
r2	16,85	mm	→	r2	0,01685 m
r3	34,85	mm	→	r3	0,03485 m
h	11	m			
λ1	13,8	W/mK			
λ2	0,35	W/mK			
Cp 50°C	4179,557	J/kgK			
μ 50°C	0,000547	kg/ms			
κ 50°C	0,643607	W/mK			
ρ 50°C	988,0469	kg/m ³			
u	0,1	m/s			
dh	0,0285	m			
hr	1	W/m ² K			
clev	1,013	kJ/kgK			
L0	1	m			
plev	1,217	kg/m ³			
vszél	0,277778	m/s			
Számított adatok					
Pr	3,551238	-			
Re	5149,348	-			
Nu	31,35043	-			
hi	707,9773	W/m ² K			
G	0,338056	kg/m ² s			
hc	4,544653	W/m ² K			
h0	5,544653	W/m ² K			
Hővezetési tényező értéke					
U	3,897263	W/m ² K	←	U/1	0,25659 W/m ² K
Az egységnyi hővesztés			A korrigált fűt telj.		
Qhmv	31,00385	W/m		Qhmv*	14,83902 kW
A hővesztés a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.		
Qhmvt	341,0423	W		t1*	48,15001 °C

HMV NA15 cső			HMV + Cirk. K1_2		
Bemeneő adatok					
t1	48,15001	°C			
t2	11,86	°C			
r1	8,65	mm	→	r1	0,00865 m
r2	10,65	mm	→	r2	0,01065 m
r3	28,65	mm	→	r3	0,02865 m
h	3	m			
λ1	13,8	W/mK			
λ2	0,35	W/mK			
Cp 50°C	4179,557	J/kgK			
μ 50°C	0,000547	kg/ms			
κ 50°C	0,643607	W/mK			
ρ 50°C	988,0469	kg/m3			
u	0,1	m/s			
dh	0,0173	m			
hr	1	W/m2K			
clev	1,013	kJ/kgK			
L0	1	m			
plev	1,217	kg/m3			
vszél	0,277778	m/s			
Számított adatok					
Pr	3,551238	-			
Re	3125,745	-			
Nu	21,02832	-			
hi	782,3104	W/m2K			
G	0,338056	kg/m2s			
hc	4,544653	W/m2K			
h0	5,544653	W/m2K			
Hővezetési tényező értéke					
U	3,759047	W/m2K	←	U/1	0,266025 W/m2K
Az egységnyi hővesztés			A korrigált fűt telj.		
Qhmv	24,55666	W/m		Qhmv*	14,76535 kW
A hővesztés a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.		
Qhmv _t	73,66999	W		t1*	48,14123 °C

össz. HMV1 dt veszteség az 50-es csőig			össz. HMV2 dt veszteség az 50-es csőig		
dtv	2,028619355	°C	/	dtv	1,85877139 °C

A hmv hővesztés a teljes K1-es kazán szakaszon		
QhmvK1	4,157795205	kW

Az. össz. hőveszt. a teljes K1-es kazán szakaszon		
QhmvK1	16,55008885	kW

HMV NA50 cső			HMV + Cirk. K2			Cirkuláció NA15 cső								
Bemeneő adatok						Bemeneő adatok								
t1	50	°C				t1	37,09258	°C						
t2	11,86	°C				t2	11,86	°C						
r1	27,25	mm	→	r1	0,02725	m	r1	8,65	mm	→	r1	0,00865	m	
r2	30,15	mm	→	r2	0,03015	m	r2	10,65	mm	→	r2	0,01065	m	
r3	48,15	mm	→	r3	0,04815	m	r3	28,65	mm	→	r3	0,02865	m	
h	36	m				h	10	m						
λ1	13,8	W/mK				λ1	13,8	W/mK						
λ2	0,35	W/mK				λ2	0,35	W/mK						
Cp 50°C	4179,557	J/kgK				Cp 40°C	4178,556	J/kgK						
μ 50°C	0,000547	kg/ms				μ 40°C	0,000653	kg/ms						
κ 50°C	0,643607	W/mK				κ 40°C	0,658096	W/mK						
ρ 50°C	988,0469	kg/m3				ρ 40°C	992,2237	kg/m3						
u	0,1	m/s				u	1	m/s						
dh	0,0545	m				dh	0,0173	m						
hr	1	W/m2K				hr	1	W/m2K						
clev	1,013	kJ/kgK				clev	1,013	kJ/kgK						
L0	1	m				L0	1	m						
plev	1,217	kg/m3				plev	1,217	kg/m3						
vszél	0,277778	m/s				vszél	0,277778	m/s						
Számított adatok						Számított adatok								
Pr	3,551238	-				Pr	4,146062	-						
Re	9846,999	-				Re	26287,94	-						
Nu	52,66049	-				Nu	121,0107	-						
hi	621,8835	W/m2K				hi	4603,279	W/m2K						
G	0,338056	kg/m2s				G	0,338056	kg/m2s						
hc	4,544653	W/m2K				hc	4,544653	W/m2K						
h0	5,544653	W/m2K				h0	5,544653	W/m2K						
Hővezetési tényező értéke						Hővezetési tényező értéke								
U	4,033067	W/m2K	←	U/1	0,24795	W/m2K	U	3,80937	W/m2K	←	U/1	0,262511	W/m2K	
Az egységnyi hőveszteség						Az egységnyi hőveszteség								
Qhmv	46,53634	W/m				Qc	17,30292	W/m				A korrigált fűt telj.		
												Qc*	62,84695	kW
A hőveszteség a telj. csövön						A hőveszteség a telj. csövön								
Qhmv	1675,308	W				Qct	173,0292	W				A korrigált közeg hőm.		
												t2*	37,0664	°C
												össz. vissz. dt veszteség a 80-as csőig		
												dtv	2,9336	°C

össz. vissz. dt veszteség a 80-as csőig		
dtv	2,9336	°C

HMV NA50 cső			HMV + Cirk. K2_1			Cirkuláció NA20 cső							
Bemeneő adatok						Bemeneő adatok							
t1	49,74656	°C				t1	40	°C					
t2	11,86	°C				t2	11,86	°C					
r1	27,25	mm	→	r1	0,02725	m	r1	11,15	mm	→	r1	0,01115	m
r2	30,15	mm	→	r2	0,03015	m	r2	13,45	mm	→	r2	0,01345	m
r3	48,15	mm	→	r3	0,04815	m	r3	31,45	mm	→	r3	0,03145	m
h	28	m				h	25	m					
λ1	13,8	W/mK				λ1	13,8	W/mK					
λ2	0,35	W/mK				λ2	0,35	W/mK					
Cp 50°C	4179,557	J/kgK				Cp 40°C	4178,556	J/kgK					
μ 50°C	0,000547	kg/ms				μ 40°C	0,000653	kg/ms					
κ 50°C	0,643607	W/mK				κ 40°C	0,658096	W/mK					
ρ 50°C	988,0469	kg/m3				ρ 40°C	992,2237	kg/m3					
u	0,1	m/s				u	1	m/s					
dh	0,0545	m				dh	0,0223	m					
hr	1	W/m2K				hr	1	W/m2K					
clev	1,013	kJ/kgK				clev	1,013	kJ/kgK					
L0	1	m				L0	1	m					
plev	1,217	kg/m3				plev	1,217	kg/m3					
vszél	0,277778	m/s				vszél	0,277778	m/s					
Számított adatok						Számított adatok							
Pr	3,551238	-				Pr	4,146062	-					
Re	9846,999	-				Re	33885,61	-					
Nu	52,66049	-				Nu	148,2623	-					
hi	621,8835	W/m2K				hi	4375,377	W/m2K					
G	0,338056	kg/m2s				G	0,338056	kg/m2s					
hc	4,544653	W/m2K				hc	4,544653	W/m2K					
h0	5,544653	W/m2K				h0	5,544653	W/m2K					
Hővezetési tényező értéke						Hővezetési tényező értéke							
U	4,033067	W/m2K	←	U/1	0,24795	W/m2K	U	3,879692	W/m2K	←	U/1	0,257752	W/m2K
Az egységnyi hőveszteség						Az egységnyi hőveszteség							
Qhmv	46,2271	W/m				Qc	21,57356	W/m					
A hőveszteség a telj. csövön						A hőveszteség a telj. csövön							
Qhmv	1294,359	W				Qc	539,339	W					
A korrigált fűt telj.						A korrigált fűt telj.							
Qhmv*	62,26496	kW				Qc*	63,01998	kW					
A korrigált közeg hőm.						A korrigált közeg hőm.							
t1*	47,42148	°C				t2*	37,09258	°C					

HMV NA40 cső			HMV + Cirk. K2_1			
Bemeneő adatok						
t1	47,42148	°C				
t2	11,86	°C				
r1	21,55	mm	→	r1	0,02155	m
r2	24,15	mm	→	r2	0,02415	m
r3	42,15	mm	→	r3	0,04215	m
h	11,86	m				
λ1	13,8	W/mK				
λ2	0,35	W/mK				
Cp 50°C	4179,557	J/kgK				
μ 50°C	0,000547	kg/ms				
κ 50°C	0,643607	W/mK				
ρ 50°C	988,0469	kg/m3				
u	0,1	m/s				
dh	0,0431	m				
hr	1	W/m2K				
clev	1,013	kJ/kgK				
L0	1	m				
plev	1,217	kg/m3				
vszél	0,277778	m/s				
Számított adatok						
Pr	3,551238	-				
Re	7787,26	-				
Nu	43,64651	-				
hi	651,7677	W/m2K				
G	0,338056	kg/m2s				
hc	4,544653	W/m2K				
h0	5,544653	W/m2K				
Hővezetési tényező értéke						
U	3,98763	W/m2K	←	U/1	0,250776	W/m2K
Az egységnyi hővesztés			A korrigált fűt telj.			
Qhmv	37,55538	W/m		Qhmv*	61,81956	kW
A hővesztés a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.			
Qhmvt	445,4068	W		t1*	47,36839	°C

HMV NA25 cső			HMV + Cirk. K2_1			Cirkuláció NA15							
Bemeneő adatok						Bemeneő adatok							
t1	47,36839	°C				t1	37,46942	°C					
t2	11,86	°C				t2	11,86	°C					
r1	14,25	mm	→	r1	0,01425	m	r1	8,65	mm	→	r1	0,00865	m
r2	16,85	mm	→	r2	0,01685	m	r2	10,65	mm	→	r2	0,01065	m
r3	34,85	mm	→	r3	0,03485	m	r3	28,65	mm	→	r3	0,02865	m
h	6	m				h	8	m					
λ1	13,8	W/mK				λ1	50	W/mK					
λ2	0,35	W/mK				λ2	0,35	W/mK					
Cp 50°C	4179,557	J/kgK				Cp 55°C	4180,89	J/kgK					
μ 50°C	0,000547	kg/ms				μ 55°C	0,0005	kg/ms					
κ 50°C	0,643607	W/mK				κ 55°C	0,6492	W/mK					
ρ 50°C	988,0469	kg/m3				ρ 55°C	985,7064	kg/m3					
u	0,1	m/s				u	1	m/s					
dh	0,0285	m				dh	0,0173	m					
hr	1	W/m2K				hr	1	W/m2K					
clev	1,013	kJ/kgK				clev	1,013	kJ/kgK					
L0	1	m				L0	1	m					
plev	1,217	kg/m3				plev	1,217	kg/m3					
vszél	0,277778	m/s				vszél	0,277778	m/s					
Számított adatok						Számított adatok							
Pr	3,551238	-				Pr	3,220032	-					
Re	5149,348	-				Re	34105,44	-					
Nu	31,35043	-				Nu	138,1481	-					
hi	707,9773	W/m2K				hi	5184,146	W/m2K					
G	0,338056	kg/m2s				G	0,338056	kg/m2s					
hc	4,544653	W/m2K				hc	4,544653	W/m2K					
h0	5,544653	W/m2K				h0	5,544653	W/m2K					
Hővezetési tényező értéke						Hővezetési tényező értéke							
U	3,897263	W/m2K	←	U/1	0,25659	W/m2K	U	3,815086	W/m2K	←	U/1	0,262117	W/m2K
Az egységnyi hőveszteség						Az egységnyi hőveszteség							
Qhmv	30,30214	W/m				Qc	17,58768	W/m					
A hőveszteség a telj. csövön						A hőveszteség a telj. csövön							
Qhmv	181,8129	W				Qct	140,7014	W					
A korrigált fűt telj.						A korrigált fűt telj.							
Qhmv*	61,63774	kW				Qc*	62,51144	kW					
A korrigált közeg hőm.						A korrigált közeg hőm.							
t1*	47,34672	°C				t2*	37,44848	°C					

HMV NA15 cső			HMV + Cirk. K2_1			Cirkuláció NA20 cső							
Bemeneő adatok						Bemeneő adatok							
t1	47,34672	°C				t1	40	°C					
t2	11,86	°C				t2	11,86	°C					
r1	8,65	mm	→	r1	0,00865	m	r1	11,15	mm	→	r1	0,01115	m
r2	10,65	mm	→	r2	0,01065	m	r2	13,45	mm	→	r2	0,01345	m
r3	28,65	mm	→	r3	0,02865	m	r3	31,45	mm	→	r3	0,03145	m
h	2	m				h	42	m					
λ1	13,8	W/mK				λ1	50	W/mK					
λ2	0,35	W/mK				λ2	0,35	W/mK					
Cp 50°C	4179,557	J/kgK				Cp 40°C	4178,556	J/kgK					
μ 50°C	0,000547	kg/ms				μ 40°C	0,000653	kg/ms					
κ 50°C	0,643607	W/mK				κ 40°C	0,658096	W/mK					
ρ 50°C	988,0469	kg/m3				ρ 40°C	992,2237	kg/m3					
u	0,1	m/s				u	1	m/s					
dh	0,0173	m				dh	0,0223	m					
hr	1	W/m2K				hr	1	W/m2K					
clev	1,013	kJ/kgK				clev	1,013	kJ/kgK					
L0	1	m				L0	1	m					
plev	1,217	kg/m3				plev	1,217	kg/m3					
vszél	0,277778	m/s				vszél	0,277778	m/s					
Számított adatok						Számított adatok							
Pr	3,551238	-				Pr	4,146062	-					
Re	3125,745	-				Re	33885,61	-					
Nu	21,02832	-				Nu	148,2623	-					
hi	782,3104	W/m2K				hi	4375,377	W/m2K					
G	0,338056	kg/m2s				G	0,338056	kg/m2s					
hc	4,544653	W/m2K				hc	4,544653	W/m2K					
h0	5,544653	W/m2K				h0	5,544653	W/m2K					
Hővezetési tényező értéke						Hővezetési tényező értéke							
U	3,759047	W/m2K	←	U/1	0,266025	W/m2K	U	3,884355	W/m2K	←	U/1	0,257443	W/m2K
Az egységnyi hőveszteség						Az egységnyi hőveszteség							
Qhmv	24,0131	W/m				Qc	21,59949	W/m					
A hőveszteség a telj. csövön						A hőveszteség a telj. csövön							
Qhmv	48,02619	W				Qct	907,1786	W					
A korrigált fűt telj.						A korrigált fűt telj.							
Qhmv*	61,58972	kW				Qc*	62,65214	kW					
A korrigált közeg hőm.						A korrigált közeg hőm.							
t1*	47,341	°C				t2*	37,46942	°C					

HMV NA25 cső			HMV + Cirk. K2_2			Cirkuláció NA15 cső							
Bemeneő adatok						Bemeneő adatok							
t1	49,74656	°C				t1	40	°C					
t2	11,86	°C				t2	11,86	°C					
r1	14,25	mm	→	r1	0,01425	m	r1	8,65	mm	→	r1	0,00865	m
r2	16,85	mm	→	r2	0,01685	m	r2	10,65	mm	→	r2	0,01065	m
r3	34,85	mm	→	r3	0,03485	m	r3	28,65	mm	→	r3	0,02865	m
h	5	m				h	5	m					
λ1	13,8	W/mK				λ1	13,8	W/mK					
λ2	0,35	W/mK				λ2	0,35	W/mK					
Cp 50°C	4179,557	J/kgK				Cp 40°C	4178,556	J/kgK					
μ 50°C	0,000547	kg/ms				μ 40°C	0,000653	kg/ms					
κ 50°C	0,643607	W/mK				κ 40°C	0,658096	W/mK					
ρ 50°C	988,0469	kg/m3				ρ 40°C	992,2237	kg/m3					
u	0,1	m/s				u	1	m/s					
dh	0,0285	m				dh	0,0173	m					
hr	1	W/m2K				hr	1	W/m2K					
clev	1,013	kJ/kgK				clev	1,013	kJ/kgK					
L0	1	m				L0	1	m					
ρlev	1,217	kg/m3				ρlev	1,217	kg/m3					
vszél	0,277778	m/s				vszél	0,277778	m/s					
Számított adatok						Számított adatok							
Pr	3,551238	-				Pr	4,146062	-					
Re	5149,348	-				Re	26287,94	-					
Nu	31,35043	-				Nu	121,0107	-					
hi	707,9773	W/m2K				hi	4603,279	W/m2K					
G	0,338056	kg/m2s				G	0,338056	kg/m2s					
hc	4,544653	W/m2K				hc	4,544653	W/m2K					
h0	5,544653	W/m2K				h0	5,544653	W/m2K					
Hővezetési tényező értéke						Hővezetési tényező értéke							
U	3,897263	W/m2K	←	U/1	0,25659	W/m2K	U	3,80937	W/m2K	←	U/1	0,262511	W/m2K
Az egységnyi hőveszteség			A korrigált fűt telj.			Az egységnyi hőveszteség			A korrigált fűt telj.				
Qhmv	32,33162	W/m		Qhmv*	15,09258	kW	Qce	19,29664	W/m		Qc*	2,44589	kW
A hőveszteség a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.			A hőveszteség a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.				
Qhmv _t	161,6581	W		t1*	48,20109	°C	Qct	96,48322	W		t2*	39,7084	°C
össz. HMV1 dt veszteség az 50-es csőig			össz. HMV2 dt veszteség az 50-es csőig										
dtv	2,659003391	°C	/	dtv	1,798913478	°C							
A hmv hőveszteség a teljes K2-es kazán szakaszon			Az. össz. hőveszt. a teljes K2-es kazán szakaszon										
QhmvK2	5,663302616	kW		QhmvK1	21,44117017	kW							
Az. össz. hőveszt. az A épületrészben			Az. össz. hőveszt. a B épületrészben			Az. össz. hőveszt. a C épületrészben							
QhmvA	3,174614687	kW		QhmvB	2,831518005	kW		QhmvC	3,814965129	kW			

Az előírás szerinti ,szigeteléssel ellátott csövek hőveszteségeinek számítása

Fűtési előremenő DN80			Fűtési DN80		
Bemeneő adatok					
t1	65	°C			
t2	11,86	°C			
r1	41,25	mm	→	r1	0,04125 m
r2	44,45	mm	→	r2	0,04445 m
r3	85,7	mm	→	r3	0,0857 m
h	11,86	m			
λ1	50	W/mK			
λ2	0,035	W/mK			
Cp 65°C	4185,17	J/kgK			
μ 65°C	0,000433	kg/ms			
κ 65°C	0,659017	W/mK			
ρ 65°C	980,5653	kg/m3			
u	0,577	m/s			
dh	0,0825	m			
hr	1	W/m2K			
clev	1,013	kJ/kgK			
L0	1	m			
plev	1,217	kg/m3			
vszél	0,277778	m/s			

Fő bemeneő adatok		
Qpont	150	kW

Fő számított adatok		
Vpont	12,903	m3/h
v	0,577	m/s
Qpont K1_1	122,572	kW
Qpont K1_2	27,238	kW

Számított adatok		
Pr	2,751523	-
Re	107809,9	-
Nu	330,9227	-
hi	2643,439	W/m2K
G	0,338056	kg/m2s
hc	4,544653	W/m2K
h0	5,544653	W/m2K

Hővezetési tényező értéke		
U	0,559057	W/m2K
←	U/1	1,788725 W/m2K

Az egységnyi hőveszteség		
Qee	15,997	W/m

A korrigált fűt telj.		
Qe*	149,8103	kW

A hőveszteség a telj. csövön		
Qet	189,7244	W

A korrigált közeg hőm.		
t1*	64,98735	°C

Fűtési visszatérő DN80					
Bemeneő adatok					
t1	53,14698	°C			
t2	9,5	°C			
r1	41,25	mm	→	r1	0,04125 m
r2	44,45	mm	→	r2	0,04445 m
r3	85,7	mm	→	r3	0,0857 m
h	11,86	m			
λ1	50	W/mK			
λ2	0,035	W/mK			
Cp 55°C	4180,89	J/kgK			
μ 55°C	0,0005	kg/ms			
κ 55°C	0,6492	W/mK			
ρ 55°C	985,7064	kg/m3			
u	0,577	m/s			
dh	0,0825	m			
hr	1	W/m2K			
clev	1,013	kJ/kgK			
L0	1	m			
plev	1,217	kg/m3			
vszél	0,277778	m/s			

Számított adatok		
Pr	3,220032	-
Re	93910,97	-
Nu	310,6411	-
hi	2444,463	W/m2K
G	0,338056	kg/m2s
hc	4,544653	W/m2K
h0	5,544653	W/m2K

Hővezetési tényező értéke		
U	0,559037	W/m2K
←	U/1	1,788789 W/m2K

Az egységnyi hőveszteség		
Qve	13,1388	W/m

A korrigált fűt telj.		
Qv*	149,8442	kW

A hőveszteség a telj. csövön		
Qvt	155,8262	W

A korrigált közeg hőm.		
t2*	51,36152	°C

Strangok	
K1_1	27
K1_2	6
Össz.:	33

Felt. hőm. [°C]	
t1	65
t2	55
dt	10
tk	9,5

össz. vissz. dt veszteség a 80-as csőig		
dtv	3,638478	°C

Fűtési előremenő DN65			Fűtési DN65 K1_1			Fűtési visszatérő DN65								
Bemeneő adatok						Bemeneő adatok								
t1	64,98735	°C				t1	53,15909	°C						
t2	9,5	°C				t2	9,5	°C						
r1	35,15	mm	→	r1	0,03515	m	r1	35,15	mm	→	r1	0,03515	m	
r2	38,05	mm	→	r2	0,03805	m	r2	38,05	mm	→	r2	0,03805	m	
r3	73,2	mm	→	r3	0,0732	m	r3	73,2	mm	→	r3	0,0732	m	
h	14	m				h	14	m						
λ1	50	W/mK				λ1	50	W/mK						
λ2	0,035	W/mK				λ2	0,035	W/mK						
Cp 65°C	4185,17	J/kgK				Cp 55°C	4180,89	J/kgK						
μ 65°C	0,000433	kg/ms				μ 55°C	0,0005	kg/ms						
κ 65°C	0,659017	W/mK				κ 55°C	0,6492	W/mK						
ρ 65°C	980,5653	kg/m3				ρ 55°C	985,7064	kg/m3						
u	0,577	m/s				u	0,577	m/s						
dh	0,0703	m				dh	0,0703	m						
hr	1	W/m2K				hr	1	W/m2K						
clev	1,013	kJ/kgK				clev	1,013	kJ/kgK						
L0	1	m				L0	1	m						
plev	1,217	kg/m3				plev	1,217	kg/m3						
vszél	0,277778	m/s				vszél	0,277778	m/s						
Számított adatok						Számított adatok								
Pr	2,751523	-				Pr	3,220032	-						
Re	91867,08	-				Re	80023,53	-						
Nu	291,1573	-				Nu	273,3129	-						
hi	2729,412	W/m2K				hi	2523,964	W/m2K						
G	0,338056	kg/m2s				G	0,338056	kg/m2s						
hc	4,544653	W/m2K				hc	4,544653	W/m2K						
h0	5,544653	W/m2K				h0	5,544653	W/m2K						
Hővezetési tényező értéke						Hővezetési tényező értéke								
U	0,64531	W/m2K	←	U/1	1,549643	W/m2K	U	0,645284	W/m2K	←	U/1	1,549705	W/m2K	
Az egységnyi hőveszteség			A korrigált fűt telj.			Az egységnyi hőveszteség			A korrigált fűt telj.					
Qee	16,46847	W/m				Qe*	122,3415	kW	Qve	12,95736	W/m			
A hőveszteség a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.			A hőveszteség a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.					
Qet	230,5586	W				t1*	63,1561	°C	Qvt	181,4031	W			
												t2*	53,14698	°C

Fűtési előremenő DN50			Fűtési DN50 K1_1			Fűtési visszatérő DN50		
Bemeneő adatok						Bemeneő adatok		
t1	63,1561	°C				t1	53,1768	°C
t2	9,5	°C				t2	9,5	°C
r1	27,25	mm	→	r1	0,02725	m		
r2	30,15	mm	→	r2	0,03015	m		
r3	60,15	mm	→	r3	0,06015	m		
h	22	m				h	22	m
λ1	50	W/mK				λ1	50	W/mK
λ2	0,035	W/mK				λ2	0,035	W/mK
Cp 63°C	4184,145	J/kgK				Cp 55°C	4180,89	J/kgK
μ 63°C	0,000446	kg/ms				μ 55°C	0,0005	kg/ms
κ 63°C	0,657231	W/mK				κ 55°C	0,6492	W/mK
ρ 63°C	981,6405	kg/m3				ρ 55°C	985,7064	kg/m3
u	0,577	m/s				u	0,577	m/s
dh	0,0545	m				dh	0,0545	m
hr	1	W/m2K				hr	1	W/m2K
clev	1,013	kJ/kgK				clev	1,013	kJ/kgK
L0	1	m				L0	1	m
plev	1,217	kg/m3				plev	1,217	kg/m3
vszél	0,277778	m/s				vszél	0,277778	m/s
Számított adatok						Számított adatok		
Pr	2,839604	-				Pr	3,220032	-
Re	69257,17	-				Re	62038,15	-
Nu	234,4644	-				Nu	222,9528	-
hi	2827,473	W/m2K				hi	2655,798	W/m2K
G	0,338056	kg/m2s				G	0,338056	kg/m2s
hc	4,544653	W/m2K				hc	4,544653	W/m2K
h0	5,544653	W/m2K				h0	5,544653	W/m2K
Hővezetési tényező értéke						Hővezetési tényező értéke		
U	0,730888	W/m2K	←	U/1	1,368199	W/m2K		
Az egységnyi hőveszteség						Az egységnyi hőveszteség		
Qee	14,82127	W/m				Qve	12,06427	W/m
A hőveszteség a telj. csövön						A hőveszteség a telj. csövön		
Qet	326,0679	W				Qvt	265,414	W
A korrigált fűt telj.						A korrigált fűt telj.		
Qe*	122,0154	kW				Qv*	122,2612	kW
A korrigált közeg hőm.						A korrigált közeg hőm.		
t1*	63,13635	°C				t2*	53,15909	°C

Fűtési előremenő DN20			Fűtési DN20 K1_1			Fűtési visszatérő DN20					
Bemeneő adatok						Bemeneő adatok					
t1	63,13635	°C				t1	55	°C			
t2	9,5	°C				t2	9,5	°C			
r1	11,15	mm	→	r1	0,01115	m					
r2	13,45	mm	→	r2	0,01345	m					
r3	33,45	mm	→	r3	0,03345	m					
h	5	m				h	5	m			
λ1	50	W/mK				λ1	50	W/mK			
λ2	0,035	W/mK				λ2	0,035	W/mK			
Cp 63°C	4184,145	J/kgK				Cp 55°C	4180,89	J/kgK			
μ 63°C	0,000446	kg/ms				μ 55°C	0,0005	kg/ms			
κ 63°C	0,657231	W/mK				κ 55°C	0,6492	W/mK			
ρ 63°C	981,6405	kg/m3				ρ 55°C	985,7064	kg/m3			
u	0,577	m/s				u	0,577	m/s			
dh	0,0223	m				dh	0,0223	m			
hr	1	W/m2K				hr	1	W/m2K			
clev	1,013	kJ/kgK				clev	1,013	kJ/kgK			
L0	1	m				L0	1	m			
plev	1,217	kg/m3				plev	1,217	kg/m3			
vszél	0,277778	m/s				vszél	0,277778	m/s			
Számított adatok						Számított adatok					
Pr	2,839604	-				Pr	3,220032	-			
Re	28338,25	-				Re	25384,42	-			
Nu	114,7106	-				Nu	109,0786	-			
hi	3380,779	W/m2K				hi	3175,509	W/m2K			
G	0,338056	kg/m2s				G	0,338056	kg/m2s			
hc	4,544653	W/m2K				hc	4,544653	W/m2K			
h0	5,544653	W/m2K				h0	5,544653	W/m2K			
Hővezetési tényező értéke						Hővezetési tényező értéke					
U	0,950487	W/m2K	←	U/1	1,052092	W/m2K					
Az egységnyi hőveszteség			A korrigált fűt telj.			Az egységnyi hőveszteség			A korrigált fűt telj.		
Qee	10,71474	W/m				Qe*	121,9618	kW			
A hőveszteség a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.			A hőveszteség a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.		
Qet	53,57369	W				t1*	63,13278	°C			
						Qvt	45,44436	W			
						t2*	53,1768	°C			

Fűtési előremenő DN65			Fűtési DN65 K1_2			Fűtési visszatérő DN65											
Bemeneő adatok						Bemeneő adatok											
t1	64,98735	°C				t1	55	°C									
t2	9,5	°C				t2	9,5	°C									
r1	35,15	mm	→	r1	0,03515	m	→	r1	0,03515	m							
r2	38,05	mm	→	r2	0,03805	m	→	r2	0,03805	m							
r3	73,2	mm	→	r3	0,0732	m	→	r3	0,0732	m							
h	36	m				h	36	m									
λ1	50	W/mK				λ1	50	W/mK									
λ2	0,035	W/mK				λ2	0,035	W/mK									
Cp 65°C	4185,17	J/kgK				Cp 55°C	4180,89	J/kgK									
μ 65°C	0,000433	kg/ms				μ 55°C	0,0005	kg/ms									
κ 65°C	0,659017	W/mK				κ 55°C	0,6492	W/mK									
ρ 65°C	980,5653	kg/m3				ρ 55°C	985,7064	kg/m3									
u	0,577	m/s				u	0,577	m/s									
dh	0,0703	m				dh	0,0703	m									
hr	1	W/m2K				hr	1	W/m2K									
clev	1,013	kJ/kgK				clev	1,013	kJ/kgK									
L0	1	m				L0	1	m									
plev	1,217	kg/m3				plev	1,217	kg/m3									
vszél	0,277778	m/s				vszél	0,277778	m/s									
Számított adatok						Számított adatok											
Pr	2,751523	-				Pr	3,220032	-									
Re	91867,08	-				Re	80023,53	-									
Nu	291,1573	-				Nu	273,3129	-									
hi	2729,412	W/m2K				hi	2523,964	W/m2K									
G	0,338056	kg/m2s				G	0,338056	kg/m2s									
hc	4,544653	W/m2K				hc	4,544653	W/m2K									
h0	5,544653	W/m2K				h0	5,544653	W/m2K									
Hővezetési tényező értéke						Hővezetési tényező értéke											
U	0,64531	W/m2K	←	U/1	1,549643	W/m2K	←	U/1	1,549705	W/m2K							
Az egységnyi hővesztés			A korrigált fűt telj.			Az egységnyi hővesztés			A korrigált fűt telj.								
Qee	16,46847	W/m	Qe*			26,64537	kW	Qve			13,50372	W/m	Qv*			26,7521	kW
A hővesztés a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.			A hővesztés a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.								
Qet	592,865	W	t1*			63,21099	°C	Qvt			486,1338	W	t2*			53,2147	°C

össz. előre1 dt vesztés a 80-as csőig		/	össz. előre2 dt vesztés a 80-as csőig		
dtv	1,867219542		°C	dtv	1,789006089

A hővesztés a teljes K1-es kazán szakaszon		
QfK1	2,527011066	kW

A hővesztés az A épületrészben		
QfA	2,181460455	kW

A hővesztés az B épületrészben		
QfB	0,345550611	kW

Fűtési előremenő DN80		
Bemeneő adatok		

t1	#HIV!	°C
t2	#HIV!	°C
r1	41,25	mm
r2	44,45	mm
r3	85,7	mm
h	36	m
λ1	50	W/mK
λ2	0,035	W/mK
Cp 65°C	4185,17	J/kgK
μ 65°C	0,000433	kg/ms
κ 65°C	0,659017	W/mK
ρ 65°C	980,5653	kg/m ³
u	#HIV!	m/s
dh	0,0825	m
hr	1	W/m ² K
clev	1,013	kJ/kgK
L0	1	m
plev	1,217	kg/m ³
vszél	0,277778	m/s

Számított adatok		
------------------	--	--

Pr	2,751523	-
Re	#HIV!	-
Nu	#HIV!	-
hi	#HIV!	W/m ² K
G	0,338056	kg/m ² s
hc	4,544653	W/m ² K
h0	5,544653	W/m ² K

Hővezetési tényező értéke		
---------------------------	--	--

U	#HIV!	W/m ² K
---	-------	--------------------

Az egységnyi hőveszteség		
--------------------------	--	--

Qee	#HIV!	W/m
-----	-------	-----

A hőveszteség a telj. csövön		
------------------------------	--	--

Qet	#HIV!	W
-----	-------	---

Fűtési DN80		
-------------	--	--

r1	0,04125	m
r2	0,04445	m
r3	0,0857	m

Fő bemeneő adatok		
-------------------	--	--

Qpont	150	kW
-------	-----	----

Fő számított adatok		
---------------------	--	--

Vpont	#HIV!	m ³ /h
-------	-------	-------------------

v	#HIV!	m/s
---	-------	-----

Qpont K2_1	#HIV!	kW
------------	-------	----

Qpont K2_2	#HIV!	kW
------------	-------	----

Qpont K2_2	#HIV!	kW
------------	-------	----

Qpont K2_2	#HIV!	kW
------------	-------	----

Qpont K2_2	#HIV!	kW
------------	-------	----

Qpont K2_2	#HIV!	kW
------------	-------	----

Qpont K2_2	#HIV!	kW
------------	-------	----

Qpont K2_2	#HIV!	kW
------------	-------	----

Qpont K2_2	#HIV!	kW
------------	-------	----

Qpont K2_2	#HIV!	kW
------------	-------	----

Qpont K2_2	#HIV!	kW
------------	-------	----

Qpont K2_2	#HIV!	kW
------------	-------	----

Qpont K2_2	#HIV!	kW
------------	-------	----

Qpont K2_2	#HIV!	kW
------------	-------	----

Qpont K2_2	#HIV!	kW
------------	-------	----

Qpont K2_2	#HIV!	kW
------------	-------	----

Qpont K2_2	#HIV!	kW
------------	-------	----

Qpont K2_2	#HIV!	kW
------------	-------	----

Qpont K2_2	#HIV!	kW
------------	-------	----

Qpont K2_2	#HIV!	kW
------------	-------	----

Qpont K2_2	#HIV!	kW
------------	-------	----

Qpont K2_2	#HIV!	kW
------------	-------	----

Qpont K2_2	#HIV!	kW
------------	-------	----

Qpont K2_2	#HIV!	kW
------------	-------	----

Qpont K2_2	#HIV!	kW
------------	-------	----

Qpont K2_2	#HIV!	kW
------------	-------	----

Qpont K2_2	#HIV!	kW
------------	-------	----

Qpont K2_2	#HIV!	kW
------------	-------	----

Qpont K2_2	#HIV!	kW
------------	-------	----

Qpont K2_2	#HIV!	kW
------------	-------	----

Qpont K2_2	#HIV!	kW
------------	-------	----

Qpont K2_2	#HIV!	kW
------------	-------	----

Qpont K2_2	#HIV!	kW
------------	-------	----

Qpont K2_2	#HIV!	kW
------------	-------	----

Qpont K2_2	#HIV!	kW
------------	-------	----

Qpont K2_2	#HIV!	kW
------------	-------	----

Qpont K2_2	#HIV!	kW
------------	-------	----

Qpont K2_2	#HIV!	kW
------------	-------	----

Qpont K2_2	#HIV!	kW
------------	-------	----

Qpont K2_2	#HIV!	kW
------------	-------	----

Qpont K2_2	#HIV!	kW
------------	-------	----

Qpont K2_2	#HIV!	kW
------------	-------	----

Fűtési visszatérő DN80		
Bemeneő adatok		

t1	#HIV!	°C
t2	#HIV!	°C
r1	41,25	mm
r2	44,45	mm
r3	85,7	mm
h	36	m
λ1	50	W/mK
λ2	0,035	W/mK
Cp 55°C	4180,89	J/kgK
μ 55°C	0,0005	kg/ms
κ 55°C	0,6492	W/mK
ρ 55°C	985,7064	kg/m ³
u	#HIV!	m/s
dh	0,0825	m
hr	1	W/m ² K
clev	1,013	kJ/kgK
L0	1	m
plev	1,217	kg/m ³
vszél	0,277778	m/s

Számított adatok		
------------------	--	--

Pr	3,220032	-
Re	#HIV!	-
Nu	#HIV!	-
hi	#HIV!	W/m ² K
G	0,338056	kg/m ² s
hc	4,544653	W/m ² K
h0	5,544653	W/m ² K

Hővezetési tényező értéke		
---------------------------	--	--

U	#HIV!	W/m ² K
---	-------	--------------------

Az egységnyi hőveszteség		
--------------------------	--	--

Qve	#HIV!	W/m
-----	-------	-----

A hőveszteség a telj. csövön		
------------------------------	--	--

Qvt	#HIV!	W
-----	-------	---

Fűtési DN80		
-------------	--	--

r1	0,04125	m
r2	0,04445	m
r3	0,0857	m

Fűtési DN80		
-------------	--	--

r1	0,04125	m
r2	0,04445	m
r3	0,0857	m

Fűtési DN80		
-------------	--	--

r1	0,04125	m
----	---------	---

Fűtési DN80		
-------------	--	--

r1	0,04125	m
----	---------	---

Fűtési DN80		
-------------	--	--

r1	0,04125	m
----	---------	---

Strangok	
----------	--

K2.1	25
K2.2	5
Össz.:	30

össz. vissz. dt veszteség a 80-...	
------------------------------------	--

dtv	#HIV!
-----	-------

Fűtési előremenő DN32			Fűtési DN32			Fűtési visszatérő DN32					
Bemeneő adatok						Bemeneő adatok					
t1	#HIV!	°C				t1	#HIV!	°C			
t2	#HIV!	°C				t2	#HIV!	°C			
r1	18,6	mm	→	r1	0,0186	m			r1	0,0186	m
r2	21,2	mm	→	r2	0,0212	m			r2	0,0212	m
r3	41,2	mm	→	r3	0,0412	m			r3	0,0412	m
h	11,86	m							h	11,86	m
λ1	50	W/mK							λ1	50	W/mK
λ2	0,035	W/mK							λ2	0,035	W/mK
Cp 65°C	4185,17	J/kgK							Cp 55°C	4180,89	J/kgK
μ 65°C	0,000433	kg/ms							μ 55°C	0,0005	kg/ms
κ 65°C	0,659017	W/mK							κ 55°C	0,6492	W/mK
ρ 65°C	980,5653	kg/m3							ρ 55°C	985,7064	kg/m3
u	#HIV!	m/s							u	#HIV!	m/s
dh	0,0372	m							dh	0,0372	m
hr	1	W/m2K							hr	1	W/m2K
clev	1,013	kJ/kgK							clev	1,013	kJ/kgK
L0	1	m							L0	1	m
plev	1,217	kg/m3							plev	1,217	kg/m3
vszél	0,277778	m/s							vszél	0,277778	m/s
Számított adatok						Számított adatok					
Pr	2,751523	-				Pr	3,220032	-			
Re	#HIV!	-				Re	#HIV!	-			
Nu	#HIV!	-				Nu	#HIV!	-			
hi	#HIV!	W/m2K				hi	#HIV!	W/m2K			
G	0,338056	kg/m2s				G	0,338056	kg/m2s			
hc	4,544653	W/m2K				hc	4,544653	W/m2K			
h0	5,544653	W/m2K				h0	5,544653	W/m2K			
Hővezetési tényező értéke						Hővezetési tényező értéke					
U	#HIV!	W/m2K	←	U/1	#HIV!	W/m2K			U	#HIV!	W/m2K
Az egységnyi hőveszteség						Az egységnyi hőveszteség					
Qee	#HIV!	W/m				Qve	#HIV!	W/m			
A hőveszteség a telj. csövön						A hőveszteség a telj. csövön					
Qet	#HIV!	W				Qvt	#HIV!	W			
A korrigált fűt telj.						A korrigált fűt telj.					
Qe*	#HIV!	kW				Qv*	#HIV!	kW			
A korrigált közeg hőm.						A korrigált közeg hőm.					
t1*	#HIV!	°C				t2*	#HIV!	°C			

Fűtési előremenő DN20			Fűtési DN20			Fűtési visszatérő DN20								
Bemeneő adatok						Bemeneő adatok								
t1	#HIV!	°C				t1	#HIV!	°C						
t2	#HIV!	°C				t2	#HIV!	°C						
r1	11,15	mm	→	r1	0,01115	m	r1	11,15	mm	→	r1	0,01115	m	
r2	13,45	mm	→	r2	0,01345	m	r2	13,45	mm	→	r2	0,01345	m	
r3	33,45	mm	→	r3	0,03345	m	r3	33,45	mm	→	r3	0,03345	m	
h	3	m				h	3	m						
λ1	50	W/mK				λ1	50	W/mK						
λ2	0,035	W/mK				λ2	0,035	W/mK						
Cp 65°C	4185,17	J/kgK				Cp 55°C	4180,89	J/kgK						
μ 65°C	0,000433	kg/ms				μ 55°C	0,0005	kg/ms						
κ 65°C	0,659017	W/mK				κ 55°C	0,6492	W/mK						
ρ 65°C	980,5653	kg/m3				ρ 55°C	985,7064	kg/m3						
u	#HIV!	m/s				u	#HIV!	m/s						
dh	0,0223	m				dh	0,0223	m						
hr	1	W/m2K				hr	1	W/m2K						
clev	1,013	kJ/kgK				clev	1,013	kJ/kgK						
L0	1	m				L0	1	m						
plev	1,217	kg/m3				plev	1,217	kg/m3						
vszél	0,277778	m/s				vszél	0,277778	m/s						
Számított adatok						Számított adatok								
Pr	2,751523	-				Pr	3,220032	-						
Re	#HIV!	-				Re	#HIV!	-						
Nu	#HIV!	-				Nu	#HIV!	-						
hi	#HIV!	W/m2K				hi	#HIV!	W/m2K						
G	0,338056	kg/m2s				G	0,338056	kg/m2s						
hc	4,544653	W/m2K				hc	4,544653	W/m2K						
h0	5,544653	W/m2K				h0	5,544653	W/m2K						
Hővezetési tényező értéke						Hővezetési tényező értéke								
U	#HIV!	W/m2K	←	U/1	#HIV!	W/m2K	U	#HIV!	W/m2K	←	U/1	#HIV!	W/m2K	
Az egységnyi hőveszteség			A korrigált fűt telj.			Az egységnyi hőveszteség			A korrigált fűt telj.					
Qee	#HIV!	W/m				Qe*	#HIV!	kW	Qve	#HIV!	W/m			
A hőveszteség a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.			A hőveszteség a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.					
Qet	#HIV!	W				t1*	#HIV!	°C	Qvt	#HIV!	W			
									t2*	#HIV!	°C			

Fűtési előremenő DN15			Fűtési DN15			Fűtési visszatérő DN15								
Bemeneő adatok						Bemeneő adatok								
t1	#HIV!	°C				t1	#HIV!	°C						
t2	#HIV!	°C				t2	#HIV!	°C						
r1	8,65	mm	→	r1	0,00865	m	r1	8,65	mm	→	r1	0,00865	m	
r2	10,65	mm	→	r2	0,01065	m	r2	10,65	mm	→	r2	0,01065	m	
r3	30,65	mm	→	r3	0,03065	m	r3	30,65	mm	→	r3	0,03065	m	
h	4	m				h	4	m						
λ1	50	W/mK				λ1	50	W/mK						
λ2	0,035	W/mK				λ2	0,035	W/mK						
Cp 65°C	4185,17	J/kgK				Cp 55°C	4180,89	J/kgK						
μ 65°C	0,000433	kg/ms				μ 55°C	0,0005	kg/ms						
κ 65°C	0,659017	W/mK				κ 55°C	0,6492	W/mK						
ρ 65°C	980,5653	kg/m3				ρ 55°C	985,7064	kg/m3						
u	#HIV!	m/s				u	#HIV!	m/s						
dh	0,0173	m				dh	0,0173	m						
hr	1	W/m2K				hr	1	W/m2K						
clev	1,013	kJ/kgK				clev	1,013	kJ/kgK						
L0	1	m				L0	1	m						
plev	1,217	kg/m3				plev	1,217	kg/m3						
vszél	0,277778	m/s				vszél	0,277778	m/s						
Számított adatok						Számított adatok								
Pr	2,751523	-				Pr	3,220032	-						
Re	#HIV!	-				Re	#HIV!	-						
Nu	#HIV!	-				Nu	#HIV!	-						
hi	#HIV!	W/m2K				hi	#HIV!	W/m2K						
G	0,338056	kg/m2s				G	0,338056	kg/m2s						
hc	4,544653	W/m2K				hc	4,544653	W/m2K						
h0	5,544653	W/m2K				h0	5,544653	W/m2K						
Hővezetési tényező értéke						Hővezetési tényező értéke								
U	#HIV!	W/m2K	←	U/1	#HIV!	W/m2K	U	#HIV!	W/m2K	←	U/1	#HIV!	W/m2K	
Az egységnyi hőveszteség			A korrigált fűt telj.			Az egységnyi hőveszteség			A korrigált fűt telj.					
Qee	#HIV!	W/m				Qe*	#HIV!	kW	Qve	#HIV!	W/m			
A hőveszteség a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.			A hőveszteség a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.					
Qet	#HIV!	W				t1*	#HIV!	°C	Qvt	#HIV!	W			

Fűtési előremenő DN65			Fűtési DN65 K2.1			Fűtési visszatérő DN65								
Bemeneő adatok						Bemeneő adatok								
t1	#HIV!	°C				t1	#HIV!	°C						
t2	#HIV!	°C				t2	#HIV!	°C						
r1	35,15	mm	→	r1	0,03515	m	r1	35,15	mm	→	r1	0,03515	m	
r2	38,05	mm	→	r2	0,03805	m	r2	38,05	mm	→	r2	0,03805	m	
r3	73,2	mm	→	r3	0,0732	m	r3	73,2	mm	→	r3	0,0732	m	
h	20	m				h	20	m						
λ1	50	W/mK				λ1	50	W/mK						
λ2	0,035	W/mK				λ2	0,035	W/mK						
Cp 65°C	4185,17	J/kgK				Cp 55°C	4180,89	J/kgK						
μ 65°C	0,000433	kg/ms				μ 55°C	0,0005	kg/ms						
κ 65°C	0,659017	W/mK				κ 55°C	0,6492	W/mK						
ρ 65°C	980,5653	kg/m3				ρ 55°C	985,7064	kg/m3						
u	#HIV!	m/s				u	#HIV!	m/s						
dh	0,0703	m				dh	0,0703	m						
hr	1	W/m2K				hr	1	W/m2K						
clev	1,013	kJ/kgK				clev	1,013	kJ/kgK						
L0	1	m				L0	1	m						
plev	1,217	kg/m3				plev	1,217	kg/m3						
vszél	0,277778	m/s				vszél	0,277778	m/s						
Számított adatok						Számított adatok								
Pr	2,751523	-				Pr	3,220032	-						
Re	#HIV!	-				Re	#HIV!	-						
Nu	#HIV!	-				Nu	#HIV!	-						
hi	#HIV!	W/m2K				hi	#HIV!	W/m2K						
G	0,338056	kg/m2s				G	0,338056	kg/m2s						
hc	4,544653	W/m2K				hc	4,544653	W/m2K						
h0	5,544653	W/m2K				h0	5,544653	W/m2K						
Hővezetési tényező értéke						Hővezetési tényező értéke								
U	#HIV!	W/m2K	←	U/1	#HIV!	W/m2K	U	#HIV!	W/m2K	←	U/1	#HIV!	W/m2K	
Az egységnyi hőveszteség			A korrigált fűt telj.			Az egységnyi hőveszteség			A korrigált fűt telj.					
Qee	#HIV!	W/m				Qe*	#HIV!	kW	Qve	#HIV!	W/m			
A hőveszteség a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.			A hőveszteség a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.					
Qet	#HIV!	W				t1*	#HIV!	°C	Qvt	#HIV!	W			
												t2*	#HIV!	°C

Fűtési előremenő DN50			Fűtési DN50 K2.1			Fűtési visszatérő DN50								
Bemeneő adatok						Bemeneő adatok								
t1	#HIV!	°C				t1	#HIV!	°C						
t2	#HIV!	°C				t2	#HIV!	°C						
r1	27,25	mm	→	r1	0,02725	m	r1	27,25	mm	→	r1	0,02725	m	
r2	30,15	mm	→	r2	0,03015	m	r2	30,15	mm	→	r2	0,03015	m	
r3	60,15	mm	→	r3	0,06015	m	r3	60,15	mm	→	r3	0,06015	m	
h	22	m				h	22	m						
λ1	50	W/mK				λ1	50	W/mK						
λ2	0,035	W/mK				λ2	0,035	W/mK						
Cp 63°C	4184,145	J/kgK				Cp 55°C	4180,89	J/kgK						
μ 63°C	0,000446	kg/ms				μ 55°C	0,0005	kg/ms						
κ 63°C	0,657231	W/mK				κ 55°C	0,6492	W/mK						
ρ 63°C	981,6405	kg/m3				ρ 55°C	985,7064	kg/m3						
u	#HIV!	m/s				u	#HIV!	m/s						
dh	0,0545	m				dh	0,0545	m						
hr	1	W/m2K				hr	1	W/m2K						
clev	1,013	kJ/kgK				clev	1,013	kJ/kgK						
L0	1	m				L0	1	m						
plev	1,217	kg/m3				plev	1,217	kg/m3						
vszél	0,277778	m/s				vszél	0,277778	m/s						
Számított adatok						Számított adatok								
Pr	2,839604	-				Pr	3,220032	-						
Re	#HIV!	-				Re	#HIV!	-						
Nu	#HIV!	-				Nu	#HIV!	-						
hi	#HIV!	W/m2K				hi	#HIV!	W/m2K						
G	0,338056	kg/m2s				G	0,338056	kg/m2s						
hc	4,544653	W/m2K				hc	4,544653	W/m2K						
h0	5,544653	W/m2K				h0	5,544653	W/m2K						
Hővezetési tényező értéke						Hővezetési tényező értéke								
U	#HIV!	W/m2K	←	U/1	#HIV!	W/m2K	U	#HIV!	W/m2K	←	U/1	#HIV!	W/m2K	
Az egységnyi hőveszteség			A korrigált fűt telj.			Az egységnyi hőveszteség			A korrigált fűt telj.					
Qee	#HIV!	W/m				Qe*	#HIV!	kW	Qve	#HIV!	W/m			
A hőveszteség a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.			A hőveszteség a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.					
Qet	#HIV!	W				t1*	#HIV!	°C	Qvt	#HIV!	W			

Fűtési előremenő DN20			Fűtési DN20 K2.1			Fűtési visszatérő DN20											
Bemeneő adatok						Bemeneő adatok											
t1	#HIV!	°C				t1	#HIV!	°C									
t2	#HIV!	°C				t2	#HIV!	°C									
r1	11,15	mm	→	r1	0,01115	m	r1	11,15	mm	→	r1	0,01115	m				
r2	13,45	mm	→	r2	0,01345	m	r2	13,45	mm	→	r2	0,01345	m				
r3	33,45	mm	→	r3	0,03345	m	r3	33,45	mm	→	r3	0,03345	m				
h	11	m				h	11	m									
λ1	50	W/mK				λ1	50	W/mK									
λ2	0,035	W/mK				λ2	0,035	W/mK									
Cp 63°C	4184,145	J/kgK				Cp 55°C	4180,89	J/kgK									
μ 63°C	0,000446	kg/ms				μ 55°C	0,0005	kg/ms									
κ 63°C	0,657231	W/mK				κ 55°C	0,6492	W/mK									
ρ 63°C	981,6405	kg/m3				ρ 55°C	985,7064	kg/m3									
u	#HIV!	m/s				u	#HIV!	m/s									
dh	0,0223	m				dh	0,0223	m									
hr	1	W/m2K				hr	1	W/m2K									
clev	1,013	kJ/kgK				clev	1,013	kJ/kgK									
L0	1	m				L0	1	m									
plev	1,217	kg/m3				plev	1,217	kg/m3									
vszél	0,277778	m/s				vszél	0,277778	m/s									
Számított adatok						Számított adatok											
Pr	2,839604	-				Pr	3,220032	-									
Re	#HIV!	-				Re	#HIV!	-									
Nu	#HIV!	-				Nu	#HIV!	-									
hi	#HIV!	W/m2K				hi	#HIV!	W/m2K									
G	0,338056	kg/m2s				G	0,338056	kg/m2s									
hc	4,544653	W/m2K				hc	4,544653	W/m2K									
h0	5,544653	W/m2K				h0	5,544653	W/m2K									
Hővezetési tényező értéke						Hővezetési tényező értéke											
U	#HIV!	W/m2K	←	U/1	#HIV!	W/m2K	U	#HIV!	W/m2K	←	U/1	#HIV!	W/m2K				
Az egységnyi hőveszteség			A korrigált fűt telj.			Az egységnyi hőveszteség			A korrigált fűt telj.								
Qee	#HIV!	W/m				Qe*	#HIV!	kW	Qve	#HIV!	W/m				Qv*	#HIV!	kW
A hőveszteség a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.			A hőveszteség a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.								
Qet	#HIV!	W				t1*	#HIV!	°C	Qvt	#HIV!	W				t2*	#HIV!	°C



Fűtési előremenő DN25			Fűtési DN25 K2.2			Fűtési visszatérő DN25							
Bemeneő adatok						Bemeneő adatok							
t1	#HIV!	°C				t1	#HIV!	°C					
t2	#HIV!	°C				t2	#HIV!	°C					
r1	14,25	mm	→	r1	0,01425	m							
r2	16,85	mm	→	r2	0,01685	m							
r3	36,85	mm	→	r3	0,03685	m							
h	19	m				h	19	m					
λ1	50	W/mK				λ1	50	W/mK					
λ2	0,035	W/mK				λ2	0,035	W/mK					
Cp 65°C	4185,17	J/kgK				Cp 55°C	4180,89	J/kgK					
μ 65°C	0,000433	kg/ms				μ 55°C	0,0005	kg/ms					
κ 65°C	0,659017	W/mK				κ 55°C	0,6492	W/mK					
ρ 65°C	980,5653	kg/m3				ρ 55°C	985,7064	kg/m3					
u	#HIV!	m/s				u	#HIV!	m/s					
dh	0,0285	m				dh	0,0285	m					
hr	1	W/m2K				hr	1	W/m2K					
clev	1,013	kJ/kgK				clev	1,013	kJ/kgK					
L0	1	m				L0	1	m					
plev	1,217	kg/m3				plev	1,217	kg/m3					
vszél	0,277778	m/s				vszél	0,277778	m/s					
Számított adatok						Számított adatok							
Pr	2,751523	-				Pr	3,220032	-					
Re	#HIV!	-				Re	#HIV!	-					
Nu	#HIV!	-				Nu	#HIV!	-					
hi	#HIV!	W/m2K				hi	#HIV!	W/m2K					
G	0,338056	kg/m2s				G	0,338056	kg/m2s					
hc	4,544653	W/m2K				hc	4,544653	W/m2K					
h0	5,544653	W/m2K				h0	5,544653	W/m2K					
Hővezetési tényező értéke						Hővezetési tényező értéke							
U	#HIV!	W/m2K	←	U/1	#HIV!	W/m2K	←	U/1	#HIV!	W/m2K			
Az egységnyi hőveszteség						Az egységnyi hőveszteség							
Qee	#HIV!	W/m				Qve	#HIV!	W/m			Qv*	#HIV!	kW
A hőveszteség a telj. csövön						A hőveszteség a telj. csövön					A korrigált közeg hőm.		
Qet	#HIV!	W				t1*	#HIV!	°C			t2*	#HIV!	°C

Fűtési előremenő DN20			Fűtési DN20 K2.2			Fűtési visszatérő DN20							
Bemeneő adatok						Bemeneő adatok							
t1	#HIV!	°C				t1	#HIV!	°C					
t2	#HIV!	°C				t2	#HIV!	°C					
r1	11,15	mm	→	r1	0,01115	m							
r2	13,45	mm	→	r2	0,01345	m							
r3	33,45	mm	→	r3	0,03345	m							
h	9	m				h	9	m					
λ1	50	W/mK				λ1	50	W/mK					
λ2	0,035	W/mK				λ2	0,035	W/mK					
Cp 63°C	4184,145	J/kgK				Cp 55°C	4180,89	J/kgK					
μ 63°C	0,000446	kg/ms				μ 55°C	0,0005	kg/ms					
κ 63°C	0,657231	W/mK				κ 55°C	0,6492	W/mK					
ρ 63°C	981,6405	kg/m3				ρ 55°C	985,7064	kg/m3					
u	#HIV!	m/s				u	#HIV!	m/s					
dh	0,0223	m				dh	0,0223	m					
hr	1	W/m2K				hr	1	W/m2K					
clev	1,013	kJ/kgK				clev	1,013	kJ/kgK					
L0	1	m				L0	1	m					
plev	1,217	kg/m3				plev	1,217	kg/m3					
vszél	0,277778	m/s				vszél	0,277778	m/s					
Számított adatok						Számított adatok							
Pr	2,839604	-				Pr	3,220032	-					
Re	#HIV!	-				Re	#HIV!	-					
Nu	#HIV!	-				Nu	#HIV!	-					
hi	#HIV!	W/m2K				hi	#HIV!	W/m2K					
G	0,338056	kg/m2s				G	0,338056	kg/m2s					
hc	4,544653	W/m2K				hc	4,544653	W/m2K					
h0	5,544653	W/m2K				h0	5,544653	W/m2K					
Hővezetési tényező értéke						Hővezetési tényező értéke							
U	#HIV!	W/m2K	←	U/1	#HIV!	W/m2K	←	U/1	#HIV!	W/m2K			
Az egységnyi hőveszteség						Az egységnyi hőveszteség							
Qee	#HIV!	W/m				Qve	#HIV!	W/m			Qv*	#HIV!	kW
A hőveszteség a telj. csövön						A hőveszteség a telj. csövön					A korrigált fűt telj.		
Qet	#HIV!	W				t1*	#HIV!	°C			A korrigált közeg hőm.		
						Qvt	#HIV!	W			t2*	#HIV!	°C

Fűtési előremenő DN15			Fűtési DN15 K2.2			Fűtési visszatérő DN15		
Bemeneő adatok						Bemeneő adatok		
t1	#HIV!	°C				t1	#HIV!	°C
t2	#HIV!	°C				t2	#HIV!	°C
r1	8,65	mm	→	r1	0,00865	m		
r2	10,65	mm	→	r2	0,01065	m		
r3	30,65	mm	→	r3	0,03065	m		
h	6	m				h	6	m
λ1	50	W/mK				λ1	50	W/mK
λ2	0,035	W/mK				λ2	0,035	W/mK
Cp 63°C	4184,145	J/kgK				Cp 55°C	4180,89	J/kgK
μ 63°C	0,000446	kg/ms				μ 55°C	0,0005	kg/ms
κ 63°C	0,657231	W/mK				κ 55°C	0,6492	W/mK
ρ 63°C	981,6405	kg/m3				ρ 55°C	985,7064	kg/m3
u	#HIV!	m/s				u	#HIV!	m/s
dh	0,0173	m				dh	0,0173	m
hr	1	W/m2K				hr	1	W/m2K
clev	1,013	kJ/kgK				clev	1,013	kJ/kgK
L0	1	m				L0	1	m
plev	1,217	kg/m3				plev	1,217	kg/m3
vszél	0,277778	m/s				vszél	0,277778	m/s
Számított adatok						Számított adatok		
Pr	2,839604	-				Pr	3,220032	-
Re	#HIV!	-				Re	#HIV!	-
Nu	#HIV!	-				Nu	#HIV!	-
hi	#HIV!	W/m2K				hi	#HIV!	W/m2K
G	0,338056	kg/m2s				G	0,338056	kg/m2s
hc	4,544653	W/m2K				hc	4,544653	W/m2K
h0	5,544653	W/m2K				h0	5,544653	W/m2K
Hővezetési tényező értéke						Hővezetési tényező értéke		
U	#HIV!	W/m2K	←	U/1	#HIV!	W/m2K		
Az egységnyi hővesztés						Az egységnyi hővesztés		
Qee	#HIV!	W/m				Qve	#HIV!	W/m
A hővesztés a telj. csövön						A hővesztés a telj. csövön		
Qet	#HIV!	W				Qvt	#HIV!	W
A korrigált fűt telj.						A korrigált fűt telj.		
Qe*	#HIV!	kW				Qv*	#HIV!	kW
A korrigált közeg hőm.						A korrigált közeg hőm.		
t1*	#HIV!	°C				t2*	#HIV!	°C

össz. előre1 dt vesztés a 80-as csőig			/	össz. előre2 dt vesztés a 80-as csőig		
dtv	#HIV!	°C		dtv	#HIV!	°C

A hővesztés a teljes K2-es kazán szakaszon		
QfK2	#HIV!	kW

A hővesztés a B épületrészben		
QfB	#HIV!	kW

A hővesztés a C épületrészben		
QfC	#HIV!	kW

elt. hőm. [°C]

t1
t2
dt
tk

HMV NA50 cső		
Bemeneő adatok		
t1	50	°C
t2	9,5	°C
r1	27,25	mm
r2	30,15	mm
r3	60,15	mm
h	16	m
λ1	13,8	W/mK
λ2	0,035	W/mK
Cp 50°C	4179,557	J/kgK
μ 50°C	0,000547	kg/ms
κ 50°C	0,643607	W/mK
ρ 50°C	988,0469	kg/m3
u	0,1	m/s
dh	0,0545	m
hr	1	W/m2K
clev	1,013	kJ/kgK
L0	1	m
plev	1,217	kg/m3
vszél	0,277778	m/s

Számított adatok		
Pr	3,551238	-
Re	9846,999	-
Nu	52,66049	-
hi	621,8835	W/m2K
G	0,338056	kg/m2s
hc	4,544653	W/m2K
h0	5,544653	W/m2K

Hővezetési tényező értéke		
U	0,729242	W/m2K

Az egységnyi hőveszteség		
Qhmv	11,16201	W/m

A hőveszteség a telj. csövön		
Qhmv _t	178,5921	W

HMV + Cirk. K1		
r1	0,02725	m
r2	0,03015	m
r3	0,06015	m

Fő bemeneő adatok		
Qp _{ont}	83,89831	kW

Fő számított adatok		
Vp _{ont}	7,226457	m3/h
Qp _{ont} K1_1	68,64407	kW
Qp _{ont} K1_2	15,25424	kW

A korrigált fűt telj.		
Qhmv*	83,71971	kW

A korrigált közeg hőm.		
t1*	49,97871	°C

Cirkuláció NA20 cső		
Bemeneő adatok		
t1	38,16059	°C
t2	9,5	°C
r1	11,15	mm
r2	13,45	mm
r3	33,45	mm
h	11,86	m
λ1	13,8	W/mK
λ2	0,035	W/mK
Cp 40°C	4178,556	J/kgK
μ 40°C	0,000653	kg/ms
κ 40°C	0,658096	W/mK
ρ 40°C	992,2237	kg/m3
u	1	m/s
dh	0,0223	m
hr	1	W/m2K
clev	1,013	kJ/kgK
L0	1	m
plev	1,217	kg/m3
vszél	0,277778	m/s

Számított adatok		
Pr	4,146062	-
Re	33885,61	-
Nu	148,2623	-
hi	4375,377	W/m2K
G	0,338056	kg/m2s
hc	4,544653	W/m2K
h0	5,544653	W/m2K

Hővezetési tényező értéke		
U	0,950372	W/m2K

Az egységnyi hőveszteség		
Qce	5,724729	W/m

A hőveszteség a telj. csövön		
Qct	67,89528	W

A korrigált fűt telj.		
Qc*	83,83041	kW

A korrigált közeg hőm.		
t2*	36,34378	°C

Strangok	
K1.1	27
K1.2	6
Össz.:	33

Strangok	
K2.1	25
K2.2	1
Össz.:	26

Felvett értékek		
v _{hmv}	0,1	m/s
v _{cirk}	1	m/s

as csőig
°C

össz. vissz. dt veszteség a 80- °C	
dt _v	3,656220456

HMV NA50 cső			HMV + Cirk. K1.1			Cirkuláció NA15 cső							
Bemeneő adatok						Bemeneő adatok							
t1	49,97871	°C				t1	38,16416	°C					
t2	9,5	°C				t2	9,5	°C					
r1	27,25	mm	→	r1	0,02725	m	r1	8,65	mm	→	r1	0,00865	m
r2	30,15	mm	→	r2	0,03015	m	r2	10,65	mm	→	r2	0,01065	m
r3	60,15	mm	→	r3	0,06015	m	r3	30,65	mm	→	r3	0,03065	m
h	22	m				h	6	m					
λ1	13,8	W/mK				λ1	50	W/mK					
λ2	0,035	W/mK				λ2	0,035	W/mK					
Cp 50°C	4179,557	J/kgK				Cp 40°C	4178,556	J/kgK					
μ 50°C	0,000547	kg/ms				μ 40°C	0,000653	kg/ms					
κ 50°C	0,643607	W/mK				κ 40°C	0,658096	W/mK					
ρ 50°C	988,0469	kg/m3				ρ 40°C	992,2237	kg/m3					
u	0,1	m/s				u	1	m/s					
dh	0,0545	m				dh	0,0173	m					
hr	1	W/m2K				hr	1	W/m2K					
clev	1,013	kJ/kgK				clev	1,013	kJ/kgK					
L0	1	m				L0	1	m					
plev	1,217	kg/m3				plev	1,217	kg/m3					
vszél	0,277778	m/s				vszél	0,277778	m/s					
Számított adatok						Számított adatok							
Pr	3,551238	-				Pr	4,146062	-					
Re	9846,999	-				Re	26287,94	-					
Nu	52,66049	-				Nu	121,0107	-					
hi	621,8835	W/m2K				hi	4603,279	W/m2K					
G	0,338056	kg/m2s				G	0,338056	kg/m2s					
hc	4,544653	W/m2K				hc	4,544653	W/m2K					
h0	5,544653	W/m2K				h0	5,544653	W/m2K					
Hővezetési tényező értéke						Hővezetési tényező értéke							
U	0,729242	W/m2K	←	U/1	1,371287	W/m2K	U	0,903387	W/m2K	←	U/1	1,106945	W/m2K
Az egységnyi hőveszteség			A korrigált fűt telj.			Az egységnyi hőveszteség			A korrigált fűt telj.				
Qhmv	11,15614	W/m		Qhmv*	68,39863	kW	Qce	4,986819	W/m		Qc*	68,44961	kW
A hőveszteség a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.			A hőveszteség a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.				
Qhmv _t	245,4351	W		t1*	48,15256	°C	Qct	29,92091	W		t2*	38,16059	°C

1,014358

HMV NA40 cső			HMV + Cirk. K1_1			
Bemeneő adatok						
t1	48,15256	°C				
t2	9,5	°C				
r1	21,55	mm	→	r1	0,02155	m
r2	24,15	mm	→	r2	0,02415	m
r3	44,15	mm	→	r3	0,04415	m
h	14	m				
λ1	13,8	W/mK				
λ2	0,035	W/mK				
Cp 50°C	4179,557	J/kgK				
μ 50°C	0,000547	kg/ms				
κ 50°C	0,643607	W/mK				
ρ 50°C	988,0469	kg/m3				
u	0,1	m/s				
dh	0,0431	m				
hr	1	W/m2K				
clev	1,013	kJ/kgK				
L0	1	m				
plev	1,217	kg/m3				
vszél	0,277778	m/s				
Számított adatok						
Pr	3,551238	-				
Re	7787,26	-				
Nu	43,64651	-				
hi	651,7677	W/m2K				
G	0,338056	kg/m2s				
hc	4,544653	W/m2K				
h0	5,544653	W/m2K				
Hővezetési tényező értéke						
U	1,058322	W/m2K	←	U/1	0,944892	W/m2K
Az egységnyi hővesztés			A korrigált fűt telj.			
Qhmv	11,34767	W/m		Qhmv*	68,23977	kW
A hővesztés a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.			
Qhmv _t	158,8673	W		t1*	48,13363	°C

HMV NA25 cső			HMV + Cirk. K1_1			
Bemeneő adatok						
t1	48,13363	°C				
t2	9,5	°C				
r1	14,25	mm	→	r1	0,01425	m
r2	16,85	mm	→	r2	0,01685	m
r3	36,85	mm	→	r3	0,03685	m
h	5	m				
λ1	13,8	W/mK				
λ2	0,035	W/mK				
Cp 50°C	4179,557	J/kgK				
μ 50°C	0,000547	kg/ms				
κ 50°C	0,643607	W/mK				
ρ 50°C	988,0469	kg/m3				
u	0,1	m/s				
dh	0,0285	m				
hr	1	W/m2K				
clev	1,013	kJ/kgK				
L0	1	m				
plev	1,217	kg/m3				
vszél	0,277778	m/s				
Számított adatok						
Pr	3,551238	-				
Re	5149,348	-				
Nu	31,35043	-				
hi	707,9773	W/m2K				
G	0,338056	kg/m2s				
hc	4,544653	W/m2K				
h0	5,544653	W/m2K				
Hővezetési tényező értéke						
U	0,991749	W/m2K	←	U/1	1,00832	W/m2K
Az egységnyi hővesztés			A korrigált fűt telj.			
Qhmv	8,871243	W/m		Qhmv*	68,19541	kW
A hővesztés a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.			
Qhmvt	44,35622	W		t1*	48,12834	°C

HMV NA20 cső			HMV + Cirk. K1_1			Cirkuláció NA20 cső								
Bemeneő adatok						Bemeneő adatok								
t1	48,12834	°C				t1	40	°C						
t2	9,5	°C				t2	9,5	°C						
r1	11,15	mm	→	r1	0,01115	m	r1	11,15	mm	→	r1	0,01115	m	
r2	13,45	mm	→	r2	0,01345	m	r2	13,45	mm	→	r2	0,01345	m	
r3	33,45	mm	→	r3	0,03345	m	r3	33,45	mm	→	r3	0,03345	m	
h	2	m				h	27	m						
λ1	13,8	W/mK				λ1	50	W/mK						
λ2	0,035	W/mK				λ2	0,035	W/mK						
Cp 50°C	4179,557	J/kgK				Cp 40°C	4178,556	J/kgK						
μ 50°C	0,000547	kg/ms				μ 40°C	0,000653	kg/ms						
κ 50°C	0,643607	W/mK				κ 40°C	0,658096	W/mK						
ρ 50°C	988,0469	kg/m3				ρ 40°C	992,2237	kg/m3						
u	0,1	m/s				u	1	m/s						
dh	0,0223	m				dh	0,0223	m						
hr	1	W/m2K				hr	1	W/m2K						
clev	1,013	kJ/kgK				clev	1,013	kJ/kgK						
L0	1	m				L0	1	m						
plev	1,217	kg/m3				plev	1,217	kg/m3						
vszél	0,277778	m/s				vszél	0,277778	m/s						
Számított adatok						Számított adatok								
Pr	3,551238	-				Pr	4,146062	-						
Re	4029,139	-				Re	33885,61	-						
Nu	25,7639	-				Nu	148,2623	-						
hi	743,5794	W/m2K				hi	4375,377	W/m2K						
G	0,338056	kg/m2s				G	0,338056	kg/m2s						
hc	4,544653	W/m2K				hc	4,544653	W/m2K						
h0	5,544653	W/m2K				h0	5,544653	W/m2K						
Hővezetési tényező értéke						Hővezetési tényező értéke								
U	0,947357	W/m2K	←	U/1	1,055568	W/m2K	U	0,95067	W/m2K	←	U/1	1,05189	W/m2K	
Az egységnyi hőveszteség			A korrigált fűt telj.			Az egységnyi hőveszteség			A korrigált fűt telj.					
Qhmv	7,691229	W/m				Qhmv*	68,18003	kW	Qce	6,094042	W/m			
									Qc*	68,47953	kW			
A hőveszteség a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.			A hőveszteség a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.					
Qhmv _t	15,38246	W				t1*	48,12651	°C	Qct	164,5391	W			
									t2*	38,16416	°C			

K1_2

HMV NA32 cső			HMV + Cirk. K1_2			Cirkuláció NA15 cső							
Bemeneő adatok						Bemeneő adatok							
t1	49,97871	°C				t1	40	°C					
t2	9,5	°C				t2	9,5	°C					
r1	18,6	mm	→	r1	0,0186	m	r1	8,65	mm	→	r1	0,00865	m
r2	21,2	mm	→	r2	0,0212	m	r2	10,65	mm	→	r2	0,01065	m

r3	41,2	mm	→	r3	0,0412	m
h	2	m				
λ1	13,8	W/mK				
λ2	0,035	W/mK				
Cp 50°C	4179,557	J/kgK				
μ 50°C	0,000547	kg/ms				
κ 50°C	0,643607	W/mK				
ρ 50°C	988,0469	kg/m3				
u	0,1	m/s				
dh	0,0372	m				
hr	1	W/m2K				
clev	1,013	kJ/kgK				
L0	1	m				
plev	1,217	kg/m3				
vszél	0,277778	m/s				

Számított adatok

Pr	3,551238	-
Re	6721,254	-
Nu	38,79735	-
hi	671,2429	W/m2K
G	0,338056	kg/m2s
hc	4,544653	W/m2K
h0	5,544653	W/m2K

Hővezetési tényező értéke

U	1,035002	W/m2K	←	U/1	0,966182	W/m2K
---	----------	-------	---	-----	----------	-------

Az egységnyi hőveszteség

Qhmv	10,84538	W/m
------	----------	-----

A korrigált fűt telj.

Qhmv*	15,23255	kW
-------	----------	----

A hőveszteség a telj. csövön

Qhmv _t	21,69077	W
-------------------	----------	---

A korrigált közeg hőm.

t1*	48,1844	°C
-----	---------	----

r3	30,65	mm	→	r3	0,03065	m
h	11,86	m				
λ1	13,8	W/mK				
λ2	0,035	W/mK				
Cp 40°C	4178,556	J/kgK				
μ 40°C	0,000653	kg/ms				
κ 40°C	0,658096	W/mK				
ρ 40°C	992,2237	kg/m3				
u	1	m/s				
dh	0,0173	m				
hr	1	W/m2K				
clev	1,013	kJ/kgK				
L0	1	m				
plev	1,217	kg/m3				
vszél	0,277778	m/s				

Számított adatok

Pr	4,146062	-
Re	26287,94	-
Nu	121,0107	-
hi	4603,279	W/m2K
G	0,338056	kg/m2s
hc	4,544653	W/m2K
h0	5,544653	W/m2K

Hővezetési tényező értéke

U	0,903114	W/m2K	←	U/1	1,107279	W/m2K
---	----------	-------	---	-----	----------	-------

Az egységnyi hőveszteség

Qce	5,304604	W/m
-----	----------	-----

A korrigált fűt telj.

Qc*	15,19132	kW
-----	----------	----

A hőveszteség a telj. csövön

Qct	62,9126	W
-----	---------	---

A korrigált közeg hőm.

t2*	38,18888	°C
-----	----------	----

HMV NA25 cső			HMV + Cirk. K1_2		
Bemeneő adatok					
t1	48,1844	°C			
t2	9,5	°C			
r1	14,25	mm	→	r1	0,01425 m
r2	16,85	mm	→	r2	0,01685 m
r3	36,85	mm	→	r3	0,03685 m
h	11	m			
λ1	13,8	W/mK			
λ2	0,035	W/mK			
Cp 50°C	4179,557	J/kgK			
μ 50°C	0,000547	kg/ms			
κ 50°C	0,643607	W/mK			
ρ 50°C	988,0469	kg/m3			
u	0,1	m/s			
dh	0,0285	m			
hr	1	W/m2K			
clev	1,013	kJ/kgK			
L0	1	m			
ρlev	1,217	kg/m3			
vszél	0,277778	m/s			
Számított adatok					
Pr	3,551238	-			
Re	5149,348	-			
Nu	31,35043	-			
hi	707,9773	W/m2K			
G	0,338056	kg/m2s			
hc	4,544653	W/m2K			
h0	5,544653	W/m2K			
Hővezetési tényező értéke					
U	0,991749	W/m2K	←	U/1	1,00832 W/m2K
Az egységnyi hővesztés			A korrigált fűt telj.		
Qhmv	8,882902	W/m		Qhmv*	15,13483 kW
A hővesztés a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.		
Qhmv _t	97,71192	W		t1*	48,17276 °C

HMV NA15 cső			HMV + Cirk. K1_2		
Bemeneő adatok					
t1	48,17276	°C			
t2	9,5	°C			
r1	8,65	mm	→	r1	0,00865 m
r2	10,65	mm	→	r2	0,01065 m
r3	30,65	mm	→	r3	0,03065 m
h	3	m			
λ1	13,8	W/mK			
λ2	0,035	W/mK			
Cp 50°C	4179,557	J/kgK			
μ 50°C	0,000547	kg/ms			
κ 50°C	0,643607	W/mK			
ρ 50°C	988,0469	kg/m3			
u	0,1	m/s			
dh	0,0173	m			
hr	1	W/m2K			
clev	1,013	kJ/kgK			
L0	1	m			
plev	1,217	kg/m3			
vszél	0,277778	m/s			
Számított adatok					
Pr	3,551238	-			
Re	3125,745	-			
Nu	21,02832	-			
hi	782,3104	W/m2K			
G	0,338056	kg/m2s			
hc	4,544653	W/m2K			
h0	5,544653	W/m2K			
Hővezetési tényező értéke					
U	0,900058	W/m2K	←	U/1	1,111039 W/m2K
Az egységnyi hővesztés			A korrigált fűt telj.		
Qhmv	6,703262	W/m		Qhmv*	15,11472 kW
A hővesztés a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.		
Qhmv _t	20,10979	W		t1*	48,17036 °C

össz. HMV1 dt vesztés az 50-es csőig			össz. HMV2 dt vesztés az 50-es csőig		
dtv	1,873491763	°C	/	dtv	1,82963985 °C

A hmv hővesztés a teljes K1-es kazán szakaszon		
QhmvK1	1,107413559	kW

Az. össz. hőveszt. a teljes K1-es kazán szakaszon		
QhmvK1	13,49970721	kW

HMV NA50 cső			HMV + Cirk. K2			Cirkuláció NA15 cső								
Bemeneő adatok						Bemeneő adatok								
t1	50	°C				t1	37,22009	°C						
t2	9,5	°C				t2	9,5	°C						
r1	27,25	mm	→	r1	0,02725	m	r1	8,65	mm	→	r1	0,00865	m	
r2	30,15	mm	→	r2	0,03015	m	r2	10,65	mm	→	r2	0,01065	m	
r3	60,15	mm	→	r3	0,06015	m	r3	30,65	mm	→	r3	0,03065	m	
h	36	m				h	10	m						
λ1	13,8	W/mK				λ1	13,8	W/mK						
λ2	0,035	W/mK				λ2	0,035	W/mK						
Cp 50°C	4179,557	J/kgK				Cp 40°C	4178,556	J/kgK						
μ 50°C	0,000547	kg/ms				μ 40°C	0,000653	kg/ms						
κ 50°C	0,643607	W/mK				κ 40°C	0,658096	W/mK						
ρ 50°C	988,0469	kg/m3				ρ 40°C	992,2237	kg/m3						
u	0,1	m/s				u	1	m/s						
dh	0,0545	m				dh	0,0173	m						
hr	1	W/m2K				hr	1	W/m2K						
clev	1,013	kJ/kgK				clev	1,013	kJ/kgK						
L0	1	m				L0	1	m						
plev	1,217	kg/m3				plev	1,217	kg/m3						
vszél	0,277778	m/s				vszél	0,277778	m/s						
Számított adatok			Fő bemeneő adatok			Számított adatok			Fő számított adatok					
Pr	3,551238	-				Qpont	66,10169	kW	Vpont	5,693572	m3/h	Qpont K2_1	63,55932	kW
Re	9846,999	-				Qpont K2_2	2,542373	kW	Qpont K2_2	2,542373	kW	Qpont K2_2	2,542373	kW
Nu	52,66049	-												
hi	621,8835	W/m2K												
G	0,338056	kg/m2s												
hc	4,544653	W/m2K												
h0	5,544653	W/m2K												
Hővezetési tényező értéke			Hővezetési tényező értéke			Hővezetési tényező értéke			Hővezetési tényező értéke					
U	0,729242	W/m2K	←	U/1	1,371287	W/m2K	U	0,903114	W/m2K	←	U/1	1,107279	W/m2K	
Az egységnyi hőveszteség			A korrigált fűt telj.			Az egységnyi hőveszteség			A korrigált fűt telj.					
Qhmv	11,16201	W/m				Qhmv*	65,69986	kW	Qce	4,821119	W/m	Qc*	63,35881	kW
A hőveszteség a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.			A hőveszteség a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.					
Qhmv _t	401,8322	W				t1*	49,93921	°C	Qct	48,21119	W	t2*	37,2128	°C

össz. vissz. dt veszteség a 80-as csőig		
dtv	2,7872	°C

HMV NA50 cső			HMV + Cirk. K2_1			Cirkuláció NA20 cső							
Bemeneő adatok						Bemeneő adatok							
t1	49,93921	°C				t1	40	°C					
t2	9,5	°C				t2	9,5	°C					
r1	27,25	mm	→	r1	0,02725	m	r1	11,15	mm	→	r1	0,01115	m
r2	30,15	mm	→	r2	0,03015	m	r2	13,45	mm	→	r2	0,01345	m
r3	60,15	mm	→	r3	0,06015	m	r3	33,45	mm	→	r3	0,03345	m
h	28	m				h	25	m					
λ1	13,8	W/mK				λ1	13,8	W/mK					
λ2	0,035	W/mK				λ2	0,035	W/mK					
Cp 50°C	4179,557	J/kgK				Cp 40°C	4178,556	J/kgK					
μ 50°C	0,000547	kg/ms				μ 40°C	0,000653	kg/ms					
κ 50°C	0,643607	W/mK				κ 40°C	0,658096	W/mK					
ρ 50°C	988,0469	kg/m3				ρ 40°C	992,2237	kg/m3					
u	0,1	m/s				u	1	m/s					
dh	0,0545	m				dh	0,0223	m					
hr	1	W/m2K				hr	1	W/m2K					
clev	1,013	kJ/kgK				clev	1,013	kJ/kgK					
L0	1	m				L0	1	m					
plev	1,217	kg/m3				plev	1,217	kg/m3					
vszél	0,277778	m/s				vszél	0,277778	m/s					
Számított adatok						Számított adatok							
Pr	3,551238	-				Pr	4,146062	-					
Re	9846,999	-				Re	33885,61	-					
Nu	52,66049	-				Nu	148,2623	-					
hi	621,8835	W/m2K				hi	4375,377	W/m2K					
G	0,338056	kg/m2s				G	0,338056	kg/m2s					
hc	4,544653	W/m2K				hc	4,544653	W/m2K					
h0	5,544653	W/m2K				h0	5,544653	W/m2K					
Hővezetési tényező értéke						Hővezetési tényező értéke							
U	0,729242	W/m2K	←	U/1	1,371287	W/m2K	U	0,950372	W/m2K	←	U/1	1,052219	W/m2K
Az egységnyi hőveszteség			A korrigált fűt telj.			Az egységnyi hőveszteség			A korrigált fűt telj.				
Qhmv	11,14525	W/m		Qhmv*	63,24725	kW	Qce	6,092135	W/m		Qc*	63,40702	kW
A hőveszteség a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.			A hőveszteség a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.				
Qhmv _t	312,0671	W		t1*	47,53856	°C	Qct	152,3034	W		t2*	37,22009	°C

HMV NA40 cső			HMV + Cirk. K2_1			
Bemeneő adatok						
t1	47,53856	°C				
t2	9,5	°C				
r1	21,55	mm	→	r1	0,02155	m
r2	24,15	mm	→	r2	0,02415	m
r3	44,15	mm	→	r3	0,04415	m
h	11,86	m				
λ1	13,8	W/mK				
λ2	0,035	W/mK				
Cp 50°C	4179,557	J/kgK				
μ 50°C	0,000547	kg/ms				
κ 50°C	0,643607	W/mK				
ρ 50°C	988,0469	kg/m3				
u	0,1	m/s				
dh	0,0431	m				
hr	1	W/m2K				
clev	1,013	kJ/kgK				
L0	1	m				
plev	1,217	kg/m3				
vszél	0,277778	m/s				
Számított adatok						
Pr	3,551238	-				
Re	7787,26	-				
Nu	43,64651	-				
hi	651,7677	W/m2K				
G	0,338056	kg/m2s				
hc	4,544653	W/m2K				
h0	5,544653	W/m2K				
Hővezetési tényező értéke						
U	1,058322	W/m2K	←	U/1	0,944892	W/m2K
Az egységnyi hővesztés			A korrigált fűt telj.			
Qhmv	11,16741	W/m		Qhmv*	63,11481	kW
A hővesztés a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.			
Qhmt	132,4454	W		t1*	47,52278	°C

HMV NA25 cső			HMV + Cirk. K2_1			Cirkuláció NA15							
Bemeneő adatok						Bemeneő adatok							
t1	47,52278	°C				t1	37,54706	°C					
t2	9,5	°C				t2	9,5	°C					
r1	14,25	mm	→	r1	0,01425	m	r1	8,65	mm	→	r1	0,00865	m
r2	16,85	mm	→	r2	0,01685	m	r2	10,65	mm	→	r2	0,01065	m
r3	36,85	mm	→	r3	0,03685	m	r3	30,65	mm	→	r3	0,03065	m
h	6	m				h	8	m					
λ1	13,8	W/mK				λ1	50	W/mK					
λ2	0,035	W/mK				λ2	0,035	W/mK					
Cp 50°C	4179,557	J/kgK				Cp 55°C	4180,89	J/kgK					
μ 50°C	0,000547	kg/ms				μ 55°C	0,0005	kg/ms					
κ 50°C	0,643607	W/mK				κ 55°C	0,6492	W/mK					
ρ 50°C	988,0469	kg/m3				ρ 55°C	985,7064	kg/m3					
u	0,1	m/s				u	1	m/s					
dh	0,0285	m				dh	0,0173	m					
hr	1	W/m2K				hr	1	W/m2K					
clev	1,013	kJ/kgK				clev	1,013	kJ/kgK					
L0	1	m				L0	1	m					
plev	1,217	kg/m3				plev	1,217	kg/m3					
vszél	0,277778	m/s				vszél	0,277778	m/s					
Számított adatok						Számított adatok							
Pr	3,551238	-				Pr	3,220032	-					
Re	5149,348	-				Re	34105,44	-					
Nu	31,35043	-				Nu	138,1481	-					
hi	707,9773	W/m2K				hi	5184,146	W/m2K					
G	0,338056	kg/m2s				G	0,338056	kg/m2s					
hc	4,544653	W/m2K				hc	4,544653	W/m2K					
h0	5,544653	W/m2K				h0	5,544653	W/m2K					
Hővezetési tényező értéke						Hővezetési tényező értéke							
U	0,991749	W/m2K	←	U/1	1,00832	W/m2K	U	0,903458	W/m2K	←	U/1	1,106859	W/m2K
Az egységnyi hőveszteség			A korrigált fűt telj.			Az egységnyi hőveszteség			A korrigált fűt telj.				
Qhmv	8,730976	W/m		Qhmv*	63,06242	kW	Qce	4,879839	W/m		Qc*	63,26433	kW
A hőveszteség a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.			A hőveszteség a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.				
Qhmv _t	52,38586	W		t1*	47,51653	°C	Qct	39,03871	W		t2*	37,53819	°C

HMV NA15 cső			HMV + Cirk. K2_1			Cirkuláció NA20 cső								
Bemeneő adatok						Bemeneő adatok								
t1	47,51653	°C				t1	40	°C						
t2	9,5	°C				t2	9,5	°C						
r1	8,65	mm	→	r1	0,00865	m	r1	11,15	mm	→	r1	0,01115	m	
r2	10,65	mm	→	r2	0,01065	m	r2	13,45	mm	→	r2	0,01345	m	
r3	30,65	mm	→	r3	0,03065	m	r3	33,45	mm	→	r3	0,03345	m	
h	2	m				h	42	m						
λ1	13,8	W/mK				λ1	50	W/mK						
λ2	0,035	W/mK				λ2	0,035	W/mK						
Cp 50°C	4179,557	J/kgK				Cp 40°C	4178,556	J/kgK						
μ 50°C	0,000547	kg/ms				μ 40°C	0,000653	kg/ms						
κ 50°C	0,643607	W/mK				κ 40°C	0,658096	W/mK						
ρ 50°C	988,0469	kg/m3				ρ 40°C	992,2237	kg/m3						
u	0,1	m/s				u	1	m/s						
dh	0,0173	m				dh	0,0223	m						
hr	1	W/m2K				hr	1	W/m2K						
clev	1,013	kJ/kgK				clev	1,013	kJ/kgK						
L0	1	m				L0	1	m						
plev	1,217	kg/m3				plev	1,217	kg/m3						
vszél	0,277778	m/s				vszél	0,277778	m/s						
Számított adatok						Számított adatok								
Pr	3,551238	-				Pr	4,146062	-						
Re	3125,745	-				Re	33885,61	-						
Nu	21,02832	-				Nu	148,2623	-						
hi	782,3104	W/m2K				hi	4375,377	W/m2K						
G	0,338056	kg/m2s				G	0,338056	kg/m2s						
hc	4,544653	W/m2K				hc	4,544653	W/m2K						
h0	5,544653	W/m2K				h0	5,544653	W/m2K						
Hővezetési tényező értéke						Hővezetési tényező értéke								
U	0,900058	W/m2K	←	U/1	1,111039	W/m2K	U	0,95067	W/m2K	←	U/1	1,05189	W/m2K	
Az egységnyi hőveszteség			A korrigált fűt telj.			Az egységnyi hőveszteség			A korrigált fűt telj.					
Qhmv	6,589516	W/m				Qhmv*	63,04924	kW	Qce	6,094042	W/m			
									Qc*	63,30337	kW			
A hőveszteség a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.			A hőveszteség a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.					
Qhmv _t	13,17903	W				t1*	47,51496	°C	Qct	255,9497	W			
									t2*	37,54706	°C			

HMV NA25 cső			HMV + Cirk. K2_2			Cirkuláció NA15 cső											
Bemeneő adatok						Bemeneő adatok											
t1	49,93921	°C				t1	40	°C									
t2	9,5	°C				t2	9,5	°C									
r1	14,25	mm	→	r1	0,01425	m	r1	8,65	mm	→	r1	0,00865	m				
r2	16,85	mm	→	r2	0,01685	m	r2	10,65	mm	→	r2	0,01065	m				
r3	36,85	mm	→	r3	0,03685	m	r3	30,65	mm	→	r3	0,03065	m				
h	5	m				h	5	m									
λ1	13,8	W/mK				λ1	13,8	W/mK									
λ2	0,035	W/mK				λ2	0,035	W/mK									
Cp 50°C	4179,557	J/kgK				Cp 40°C	4178,556	J/kgK									
μ 50°C	0,000547	kg/ms				μ 40°C	0,000653	kg/ms									
κ 50°C	0,643607	W/mK				κ 40°C	0,658096	W/mK									
ρ 50°C	988,0469	kg/m3				ρ 40°C	992,2237	kg/m3									
u	0,1	m/s				u	1	m/s									
dh	0,0285	m				dh	0,0173	m									
hr	1	W/m2K				hr	1	W/m2K									
clev	1,013	kJ/kgK				clev	1,013	kJ/kgK									
L0	1	m				L0	1	m									
plev	1,217	kg/m3				plev	1,217	kg/m3									
vszél	0,277778	m/s				vszél	0,277778	m/s									
Számított adatok						Számított adatok											
Pr	3,551238	-				Pr	4,146062	-									
Re	5149,348	-				Re	26287,94	-									
Nu	31,35043	-				Nu	121,0107	-									
hi	707,9773	W/m2K				hi	4603,279	W/m2K									
G	0,338056	kg/m2s				G	0,338056	kg/m2s									
hc	4,544653	W/m2K				hc	4,544653	W/m2K									
h0	5,544653	W/m2K				h0	5,544653	W/m2K									
Hővezetési tényező értéke						Hővezetési tényező értéke											
U	0,991749	W/m2K	←	U/1	1,00832	W/m2K	U	0,903114	W/m2K	←	U/1	1,107279	W/m2K				
Az egységnyi hővesztés			A korrigált fűt telj.			Az egységnyi hővesztés			A korrigált fűt telj.								
Qhmv	9,285849	W/m				Qhmv*	15,20781	kW	Qce	5,304604	W/m				Qc*	2,51585	kW
A hővesztés a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.			A hővesztés a telj. csövön			A korrigált közeg hőm.								
Qhmv _t	46,42925	W				t1*	48,18735	°C	Qct	26,52302	W				t2*	39,70006	°C

össz. HMV1 dt veszteség az 50-es csőig			össz. HMV2 dt veszteség az 50-es csőig			
dtv	2,485039527	°C	/	dtv	1,812647827	°C

A hmv hővesztés a teljes K2-es kazán szakaszon		
QhmvK2	1,480364898	kW

Az. össz. hőveszt. a teljes K2-es kazán szakaszon		
QhmvK1	17,25823246	kW

Az. össz. hőveszt. az A épületrészben		
QhmvA	0,860926182	kW

Az. össz. hőveszt. a B épületrészben		
QhmvB	0,696530779	kW

Az. össz. hőveszt. a C épületrészben		
QhmvC	1,030321496	kW

NYILATKOZAT

A diplomadolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: **Vas Áron István**
A Hallgató Neptun kódja: **T0RIP9**
A dolgozat címe: **Egy budapesti idősothon épületében a potenciálisan felhasználható energiák feltérképezése és hasznosítása**
A megjelenés éve: **2023**
A konzulens tanszék neve: **Épületgépészet és Energetika 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.

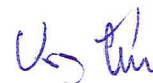
Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottam, tudomásul veszem, hogy a Záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

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 mindenkori szellemi tulajdonkezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

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

Kelt: **2023. év 05. hó 09. nap**



Hallgató aláírása

NYILATKOZAT

Alulírott Vas Áron István, a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Szent István Campus, Létesítménymérnök mesterképzés szak nappali/levelező* tagozat végzős hallgatója nyilatkozom, hogy a dolgozat saját munkám, melynek elkészítése során a felhasznált irodalmat korrekt módon, a jogi és etikai szabályok betartásával kezeltem. Hozzájárulok ahhoz, hogy Záródolgozatom/Szakdolgozatom/Diplomadolgozatom egyoldalas összefoglalója felkerüljön az Egyetem honlapjára és hogy a digitális verzióban (pdf formátumban) leadott dolgozatom elérhető legyen a témát vezető Tanszéken/Intézetben, illetve az Egyetem központi nyilvántartásában, a jogi és etikai szabályok teljes körű betartása mellett. A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen **nem***

Kelt: 2023 év 05 hó 09 nap

Hallgató

NYILATKOZAT

A dolgozat készítőjének konzulense nyilatkozom arról, hogy a Záródolgozatom/Szakdolgozatom/Diplomadolgozatom áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A Záródolgozatom/Szakdolgozatom/Diplomadolgozatom záróvizsgán történő védésre **javaslom** / nem javaslom*.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen **nem***

Kelt: 2023 év 05 hó 09 nap

Belső konzulens

*Kérjük a megfelelőt aláhúzni