

Hulladékhő hasznosítás - hűtés és fűtés összekapcsolása

Segédlet az elemzéshez és gyakorlati példák bemutatása



**Magyar Mérnöki Kamara
Kiadványsorozata 77.**

Hulladékhő hasznosítás - hűtés és fűtés összekapcsolása

**Segédlet az elemzéshez és gyakorlati példák
bemutatása**

**MMK FAP azonosító:
2021/108-ENT**

Budapest, 2021. november

A sorozat szerkesztője:
WAGNER ERNŐ
a Magyar Mérnöki Kamara elnöke

Készült a Magyar Mérnöki Kamara Energetikai Tagozatának gondozásában, a 2021. évi Feladat Alapú Pályázatok pénzügyi keretéből.

A kiadvány a Magyar Mérnöki Kamara tulajdona. Másolása, teljes terjedelmében való közzététele csak a Kamara engedélyével lehetséges. Minden jog fenntartva.

Szerzők:
Dr. Zsebik Albin
Novák Dániel
Papp Ábrahám

Lektorálta:
Metzing József

Kiadó:
Magyar Mérnöki Kamara
1117 Budapest, Szerémi út 4.
info@mmk.hu, www.mmk.hu

TARTALOMJEGYZÉK

Vezetői összefoglaló	6
1. Bevezető	7
2. Szűkületi pont - Pinch point elemzés.....	8
2.1. A t – Q diagram szerkesztése	8
2.2. Egyesített hőmérsékletgörbék szerkesztése	12
2.3. Példa az egyesített hőmérsékletgörbék szerkesztésére	16
2.4. Példa a táblázatos módszer alkalmazására	20
2.5. Hőcserélőkapcsolás kialakítása	26
3. Sűrített levegő kompresszor hulladékhőjének hasznosítása.....	36
3.1. Kompresszor hulladékhőjének hasznosítás HMV melegítésre	40
3.2. A javaslat gazdasági elemzése	43
4. Hulladékhő hasznosítása hőszivattyúval	44
5. Összefoglalás.....	47
6. Irodalomjegyzék	48

Vezetői összefoglaló

Az energiagazdálkodás hatékonyságának növelése fontos feladat és kihívás mind a vállalatok, mind a mérnökök számára. Az előírt/célként meghatározott évenkénti energiamegtakarítás érdekében jogszabályokban rögzített szakpolitikai intézkedések csak akkor lesznek eredményesek, ha szakszerűen valósítják meg.

Hulladékhőnek nevezzük a hűtéssel elvont, vagy a technológiai folyamat végén hasznosítás nélkül a környezetbe távozó hőt. Összetett technológiai folyamatokban gyakran van szükség hűtésre és ezzel párhuzamosan fűtésre.

Az energiagazdálkodás hatékonyságának növelése érdekében célszerű a fentebb hivatkozott hulladékhőt hasznosítani, a hűtést és a fűtést összekapcsolni.

A különböző technológiai folyamatokban a hulladékhő hasznosítása jelentős energiahatékonyság növelő intézkedés lehet, ezért elméleti és gyakorlati lehetőségeinek megismerése fontos mind a tervező, mind az üzemeltető mérnökök számára.

A segédlet a cégeknél energetikusként dolgozó vagy energetikai auditori, szakreferensi feladatokat végző mérnökök számára nyújt segítséget a hatékony hőhasznosítási mód meghatározásához, a hűtés és a fűtés összekapcsolásához.

A „szűkületi pont” elemzés elméletével és példákon keresztül gyakorlati alkalmazási lehetőségével igyekszik megismertetni az érdeklődő mérnökkollégákat.

1. Bevezető

A hőhasznosítás maximalizálása érdekében alkalmazott grafikus módszer, a „szűkületi pont”, vagy a magyar szakirodalomban is használt „pinch point” elemzés az áramok adatainak ismeretében keresi a fűtés és hűtés összekapcsolására legmegfelelőbb módot. Az elméletileg elérhető maximális energiahasznosítás meghatározását az ún. $t - Q$ (hőmérséklet – (fűtési/hűtési) teljesítmény vagy hőmérséklet - energia) diagram segíti.

A hőhasznosításba bevonni tervezett közegek hőmérsékletének $t - Q$ diagramon történő ábrázolását követően a hőcserélők típusának és méretének kiválasztása, az optimális üzemeltetési paramétereik meghatározása, a hálózat megtervezésére képezi az elemzés tárgyát.

A módszer nevében szereplő elemzés szó arra is utal, hogy a grafikus eljárás hőcserélő rendszerek tervezésére és a már üzemelő vizsgálatára, majd annak eredménye alapján, teljesítménynövelést biztosító változtatások meghatározására is alkalmazható.

A segédlet főbb fejezetei, az érintett témakörei:

1. A $t - Q$ diagram szerkesztése.
2. Az egyesített hőmérsékletgörbék szerkesztése.
3. Példa az egyesített hőmérsékletgörbék szerkesztésére.
4. Példa a táblázatos módszer alkalmazására.
5. Példa a hőcserélő kapcsolat kialakítására.
6. További gyakorlati példák bemutatása.
 - a. Sűrített levegő kompresszor hulladékhőjének hasznosítása.
 - b. Hulladékhő hasznosítása hőszivattyúval.

2. Szűkületi pont - Pinch point elemzés

A hőhasznosítás maximalizálása érdekében alkalmazott grafikus módszer, a „szűkületi pont”, vagy a magyar szakirodalomban is használt „pinch point” elemzés az áramok adatainak ismeretében keresi a fűtés és hűtés összekapcsolására legmegfelelőbb módot. Az elméletileg elérhető maximális energiahasznosítás meghatározását az ún. $t - Q$ (hőmérséklet - (fűtési/hűtési) teljesítmény vagy hőmérséklet - energia) diagram segíti.

A hőhasznosításba bevonni tervezett közegek hőmérsékletének $t - Q$ diagramon történő ábrázolását követően a hőcserélők típusának és méretének kiválasztása, az optimális üzemeltetési paramétereik meghatározása, a hálózat megtervezésére képezi az elemzés tárgyát.

A módszer nevében szereplő elemzés szó arra is utal, hogy a grafikus eljárás hőcserélő rendszerek tervezésére és a már üzemelők vizsgálatára, majd annak eredménye alapján, teljesítménynövelést biztosító változtatások meghatározására is alkalmazható.

2.1. A $t - Q$ diagram szerkesztése

A $t - Q$ diagram 1. 1. ábra látható legegyszerűbb változata az ellenáramú hőcserélő, hőcserélő - felület ($t - F$) diagramjához hasonló. Az ábrán szemléltetésre került a felületi hőcserélő, az elemzés magyarázatában hivatkozott ágáramok és kapcsolata, valamint a munkaközegek hőmérséklete.

Az elemzésnél feltételezzük, hogy a hőcsere folyamatban csak a két áramló közeg vesz részt és a környezet felé nincs hőveszteség. Így az energia megmaradás tétele következtében írható, hogy a 2-es indexű, felmelegedő, - a folyamatban hidegáram, vagy hűtőközeg, (a továbbiakban: hidegáram h indexel jelölve) - által felvett hő egyenlő az 1-es indexű, csökkenő hőmérsékletű, - a folyamatban forró, vagy melegáram, vagy fűtőközeg, (a továbbiakban: melegáram m indexel jelölve) - közeg által leadott hővel, azaz:

$$Q = m_2 c_2 (t_{2ki} - t_{2be}) = m_1 c_1 (t_{1be} - t_{1ki}) \quad (1)$$

A $W = m c = V \rho c$ szorzatot az áramló közeg hőkapacitás áramának nevezzük, melyet a tömegáram (m) és a fajhő (c) vagy a térfogatáram (V), a sűrűség (ρ) és a fajhő szorzataként számítunk ki.

Az elemzésnél a folyamatba, vagy hőcserélőbe belépő közeget „be”, a kilépő közeget „ki”, vagy „cél” indexel jelöljük. Ez utóbbit a hőmérséklet jelölésnél azért alkalmazzuk, hogy általa is hangsúlyozzuk, hogy a fűtés, vagy hűtés során ezt a hőmérsékletet kell elérni.

Az összetettebb folyamatokban több meleg- és hidegárammal, valamint hőcserélő szakasszal fogunk foglalkozni, ezért ezek jelölésére bevezetjük az $i = 1 - n$ (1-től n -ig) és $k = 1 - n$ (1-től m -ig) indexeket.

A magyarázatot az egy hőcserélő esetében folytatva vezessük be a

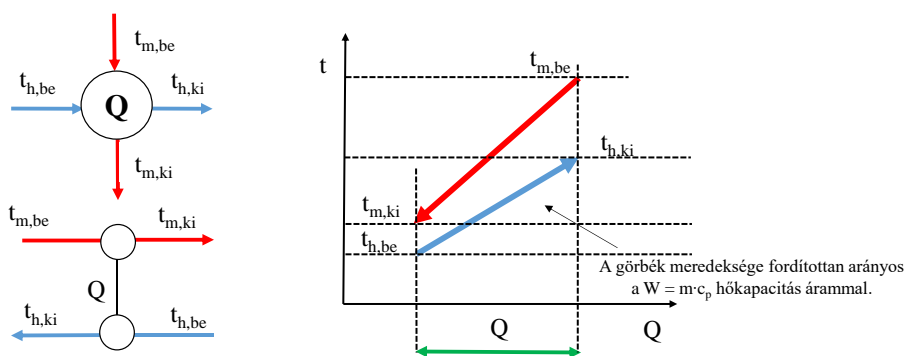
$$\Delta t_1 = \Delta t_m = t_{1be} - t_{1ki} \text{ és a } \Delta t_2 = \Delta t_h = t_{2ki} - t_{2be} \text{ jelöléseket.}$$

Ezekkel a két közeg közti hőáram

$$Q = W_1 \Delta t_1 = W_2 \Delta t_2, \text{ vagy } Q = W_m \Delta t_m = W_h \Delta t_h \quad (2)$$

Az (1) vagy (2) egyenletet a hőcserélő hőmérlegének, a Q hőáramot a hőcserélő hőteljesítményének nevezzük. A hőáram egyenlőség miatt a folyamatban résztvevő közegek közül a kisebb hőkapacitás áramú közegnek lesz nagyobb a hőmérséklet változása, ezzel összhangban a diagramon a nagyobb dőlésszöge.

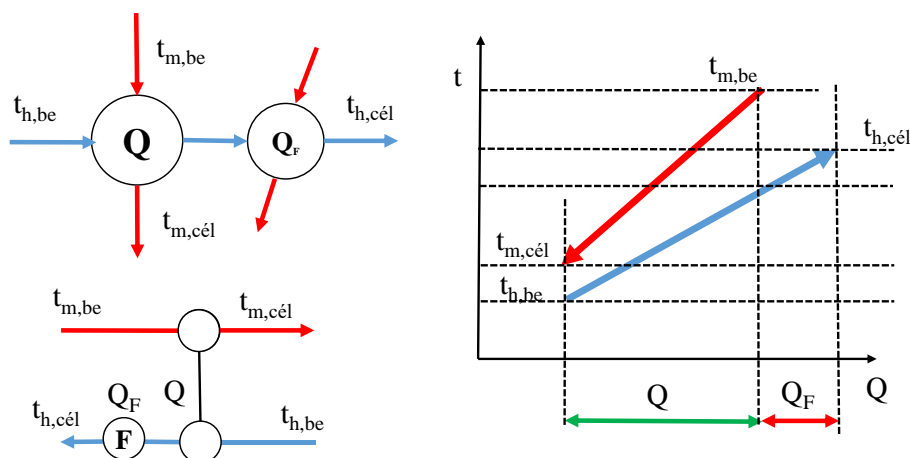
Ez a tény, amint azt majd később tapasztaljuk, fontos szerepet kap a hőhasznosítás érdekében a hőcserélők felületének és a rajtuk átáramló közegek térfogatáramának meghatározásában.



1. ábra Egy hőcserélő $t - Q$ diagramja az ágáramok kapcsolásának szemléltetésével és a munkaközeg paraméterekkel

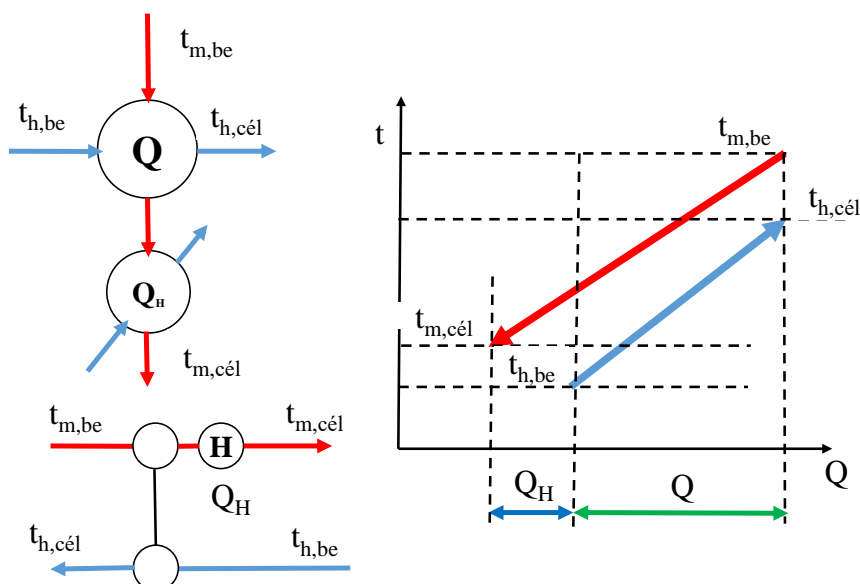
A 2. ábra olyan hőhasznosítást szemléltet, amikor a technológiai folyamat által a hidegág igényelt hőmérsékletének, $t_{h,cél}$ eléréséhez már kiegészítő fűtést kell alkalmazni. Ezt a tervezés során egy új hőcserélővel, meglevő energiaellátás esetén a korábbi hőforrással lehet megoldani. Az ábrán a kiegészítő fűtést igénylő

hőhasznosítás $t - Q$ diagramja, az ágáramok kapcsolása és a munkaközeg paraméterek láthatók.



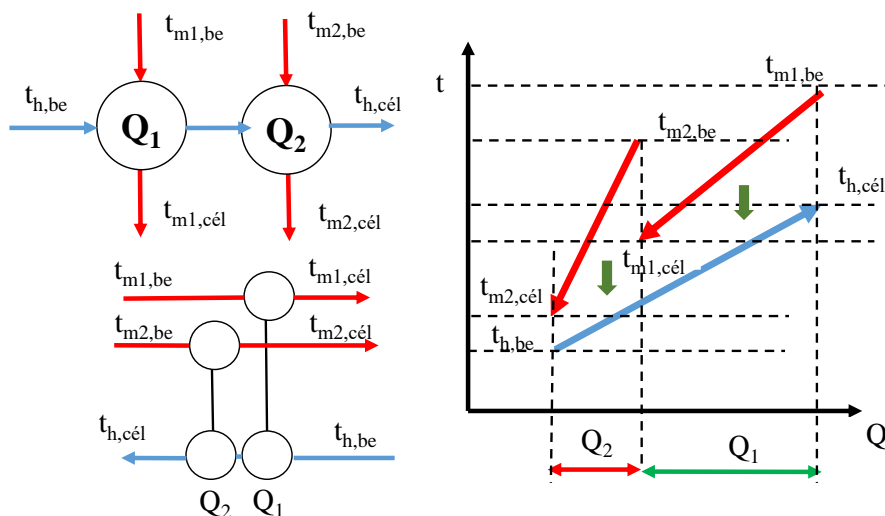
2. ábra Kiegészítő fűtést igénylő hőhasznosítás $t - Q$ diagramja az ágáramok kapcsolásának szemléltetésével és a munkaközeg paraméterekkel

A 3. ábra olyan hőhasznosítást szemléltet, amikor a technológiai folyamat által a melegág igényelt hűtött hőmérsékletének, $t_{m,cél}$ eléréséhez kell kiegészítő hűtést alkalmazni. Ezt a tervezés során egy új hűtési hőcserélővel, meglevő energiaellátás esetén a korábbi hűtőberendezéssel lehet megoldani. Az ábrán a kiegészítő hűtést igénylő hőhasznosítás $t - Q$ diagramja, az ágáramok kapcsolása és a munkaközeg paraméterek láthatók.



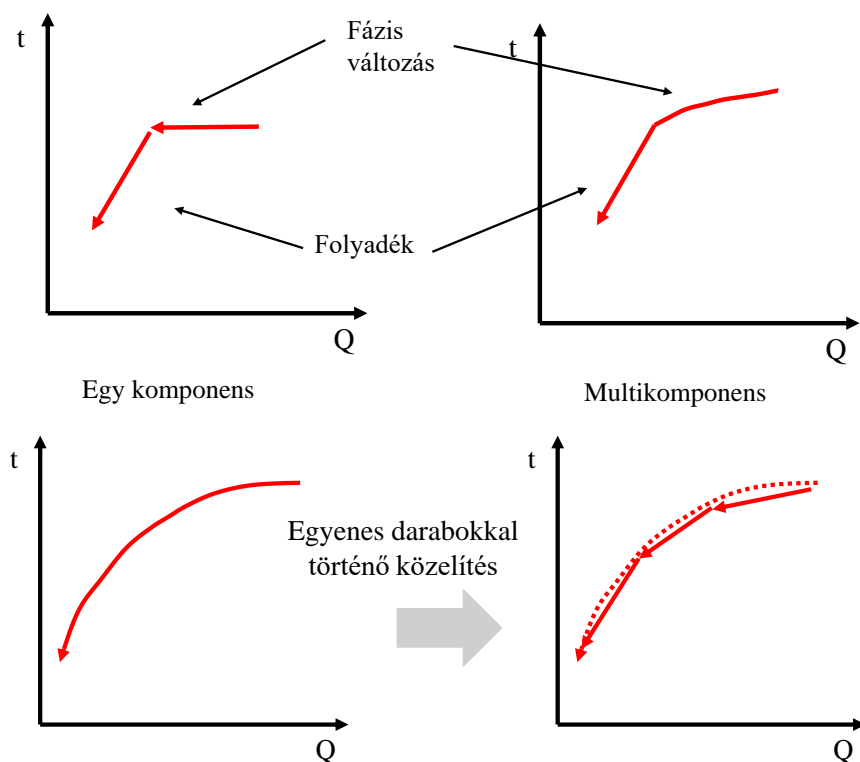
3. ábra Kiegészítő hűtést igénylő hőhasznosítás $t - Q$ diagramja az ágáramok kapcsolásának szemléltetésével és a munkaközeg paraméterekkel

Az 4. ábra két meleg és egy hideg ág összekapcsolását, a közegek paramétereit és $t - Q$ diagramját szemlélteti.



4. ábra Két meleg és egy hideg ág összekapcsolása és $t - Q$ diagramja a munkaközeg paraméterek szemléltetésével

A hőtermelésnél, egyszerű hőhasznosításnál egykomponensű, vegyi folyamatoknál többkomponensű anyagáramok vesznek részt a technológiai folyamatokban. Ezek $t - Q$ diagramját és a hőmérsékletváltozás lineáris közelítését szemlélteti az 5. ábra.



5. ábra Egy és több komponensű anyagok $t - Q$ diagramja, a hőmérsékletváltozás közelítése egyenes szakaszokkal

2.2. Egyesített hőmérsékletgörbék szerkesztése

A gyakorlatban gyakran előfordul, hogy több ágáramot célszerű összekapcsolni egy ágárammal. Ennek szerkesztési módját ismertetjük az alábbiakban.

A $t - Q$ diagramon a teljes, illetve az általunk kiválasztott és vizsgálni kívánt, hőcserélő-hőáram rendszer termodinamikai mérlegét tükröző, egyesített hőmérsékletgörbe megszerkesztése a következő:

Első lépésben összegyűjtjük a rendszer valamennyi hőáramának adatait (t_{be} , $t_{cél}$, hőkapacitás áram). Az áramokat három csoportra bontjuk.

Az első két csoportban vannak, egymástól elválasztva,

- a fűtésre hasznosítható forró, és/vagy meleg, valamint
- a hűtésre hasznosítható hideg áramok,

amelyeket az energiagazdálkodás hatékonyságának növelése érdekében lehetséges és célszerű összekapcsolni. (A hidegárammal hűteni a melegáramot, a melegárammal fűteni a hidegáramot, s ezzel energiahordozót megtakarítani.)

A harmadik csoportba soroljuk a technológiai igények kielégítéséhez a kiinduló állapotban az üzemeltető által előállított, fűtő, hűtő áramokat. Ezeket a folyamatok indításához, a hőhasznosítás nélküli önálló üzemeltetéséhez, a fűtési és hűtési teljesítmény szükséges pótlásához a fűtés/hűtés összekapcsolását követően is felhasználjuk.

A következő lépésben a teljes rendszer működése során előforduló, igényként vagy célként meghatározott legalacsonyabb és legmagasabb hőmérséklet értékeket határozzuk meg.

A grafikus szerkesztést az első két csoport egyesített hőmérsékletgörbéjének elkészítésével kezdjük. Két meleg- és egy hidegáram esetére mutatjuk be (6. ábra). A $t - Q$ diagramba berajzoljuk a hidegáramot, melynek ismerjük a hőmérséklet értékeit és hőteljesítmény igényét (t_{hbe} , $t_{hcél}$ és Q_h).

Ezek ismeretében meghatározható a hőkapacitásárama

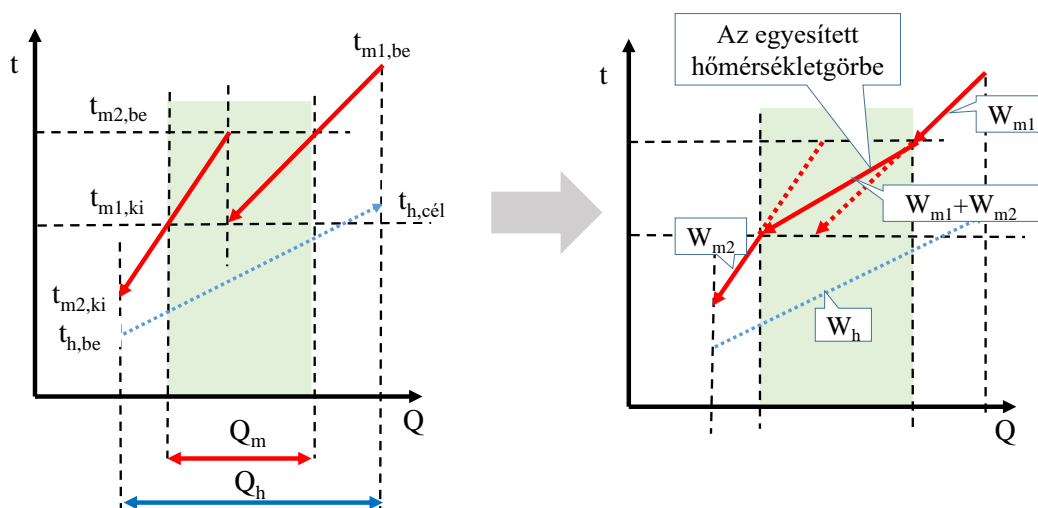
$$W_h = Q_h / \Delta t_h = Q_h / (t_{hcél} - t_{hbe}) \quad (3)$$

A melegáramok esetében ismertek a hőmérsékletek és a rendelkezésre álló hőteljesítmények ($t_{m1,be}$, $t_{m1,ki}$, Q_{m1} , $t_{m2,be}$, $t_{m2,ki}$, Q_{m2}).

Ezek ismeretében meghatározható a melegágak hőkapacitásárama

$$W_{m1} = Q_{m1} / \Delta t_{m1} = Q_{m1} / (t_{m1,be} - t_{m1,ki}) \quad (4)$$

$$W_{m2} = Q_{m2} / \Delta t_{m2} = Q_{m2} / (t_{m2,be} - t_{m2,ki}) \quad (5)$$



6. ábra Egyesített hőmérsékletgörbe szerkesztésének szemléltetése

A 6. ábra szemlélteti, hogy a melegágakat $t_{m2,be}$, és $t_{m1,ki}$, közötti hőmérséklet tartományban az irreverzibilis entrópia növekedés elkerülése érdekében célszerű párhuzamosan kapcsolni. A párhuzamos kapcsolással hasznosítható hő

$$Q_m = (W_{m1} + W_{m2}) (t_{m2,be} - t_{m1,ki}) \quad (6)$$

Ez a kifejezés a következőképpen általánosítható:

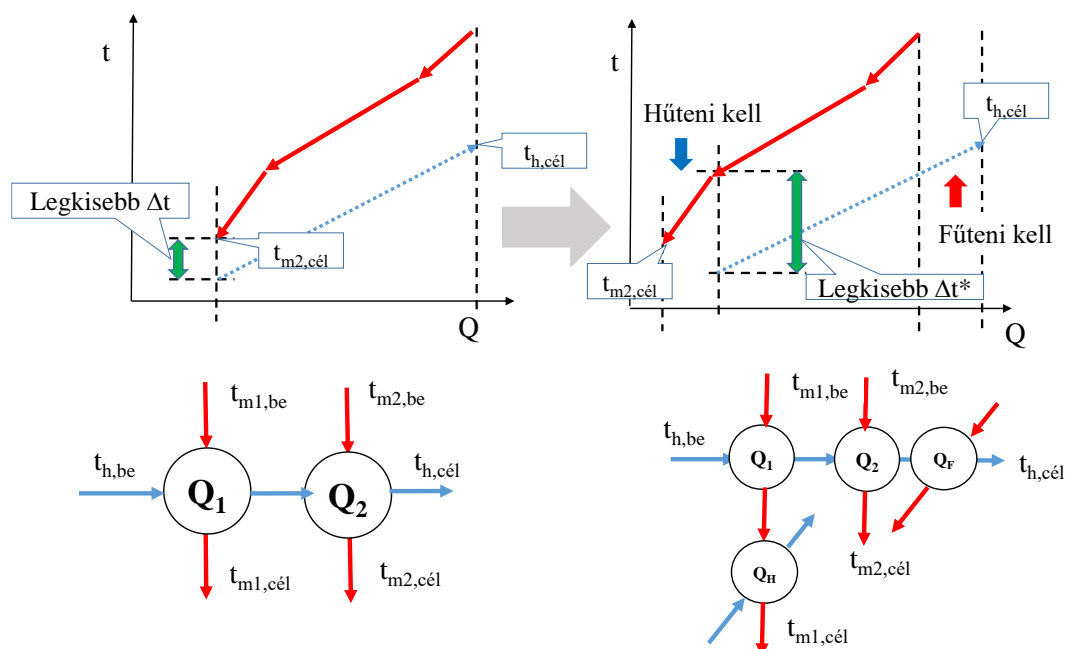
Abban az esetben, ha a hőmérsékletváltozásnak k-adik, t_{kbe} szakaszbelépő és t_{kki} szakaszkilépő hőmérsékletű, n számú párhuzamosan kapcsolt szakaszon, különböző hőkapacitás áramú, melegáram megy át, a leadott hő a vizsgált szakaszon az alábbi egyenlet segítségével számolható ki

$$Q_{k,n} = \sum W_{mi} (t_{kbe} - t_{kki}) \quad (7)$$

Itt jegyezzük meg, hogy az egyesített hőmérsékletgörbe szerkesztésével információt veszítünk.

A meleg ágak egyesített hőmérsékletgörbéje és a hideg ág hőmérséklet változását szemléltető, az 7. ábrán látható t - Q diagram rámutat arra, hogy a hűtendő meleg közeg hője akkor lenne teljes mértékben hasznosítható a hideg közeg fűtésére, ha olyan méretű hőcserélőket választunk, amelyek a hőátvitelt az ábra bal oldalán legkisebb Δt -ként jelölt hőmérséklet különbséggel lehetővé teszik. Ha ez csak nagy

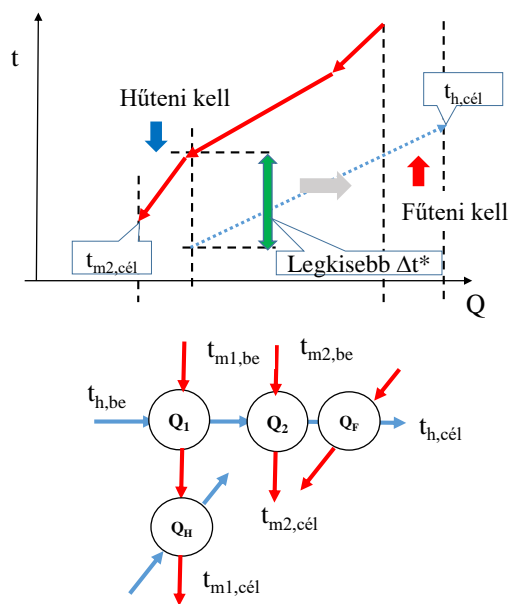
költséggel lenne biztosítható, mérlegelnünk kell a hőmérsékletkülönbség növelését. A hőhasznosítás Δt^* hőmérséklet különbséggel történő megvalósítása esetén, (az ábra jobb oldalsó része,) a meleg ágban áramló közeget hőmérsékletének célértékét Q_H teljesítményű hűtőberendezéssel, a hideg ágban áramló közeget hőmérsékletének célértékét Q_F teljesítményű fűtőberendezéssel kell biztosítani.



7. ábra Egyesített hőmérsékletgörbe elmozdítása balra

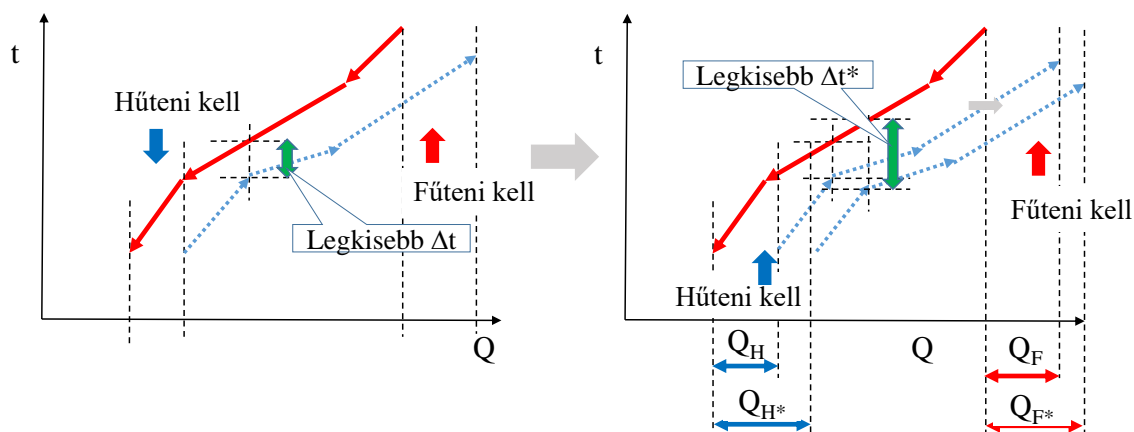
Tekintettel arra, hogy a kiinduló állapotban a hűtési és a fűtési teljesítményigény azonos volt, a Δt megnövelése Δt^* hőmérsékletkülönbségre a kiegészítő fűtés és hűtés azonos teljesítményű hűtő- és fűtőberendezést igényel.

A hidegáram hőmérsékletgörbe jobbra történő elmozdítása ugyanazt eredményezi, mint a meleg ágak egyesített hőmérsékletgörbéjének elmozdítása balra (8. ábra).



8. ábra A hideg áram hőmérsékletgörbe elmozdítása jobbra

A gyakorlatban mind a meleg, mind a hideg áramoknak lehet egyesített hőmérsékletgörbéje. Ezek mozgatásával a fentebb ismerttetettekkel összhangban kell megkeresnünk azt a hőmérsékletkülönbséget, amely esetében a hőhasznosítás a műszaki és gazdasági kritériumok alapján a legkedvezőbb (9. ábra). A legkisebb hőmérsékletkülönbség keresésénél a hőhasznosító hőcserélők beruházási költsége mellett jelentős szerepe van annak, hogy a hőhasznosítás mellett mennyi lesz a kiegészítő fűtés és hűtés üzemeltetési költsége.



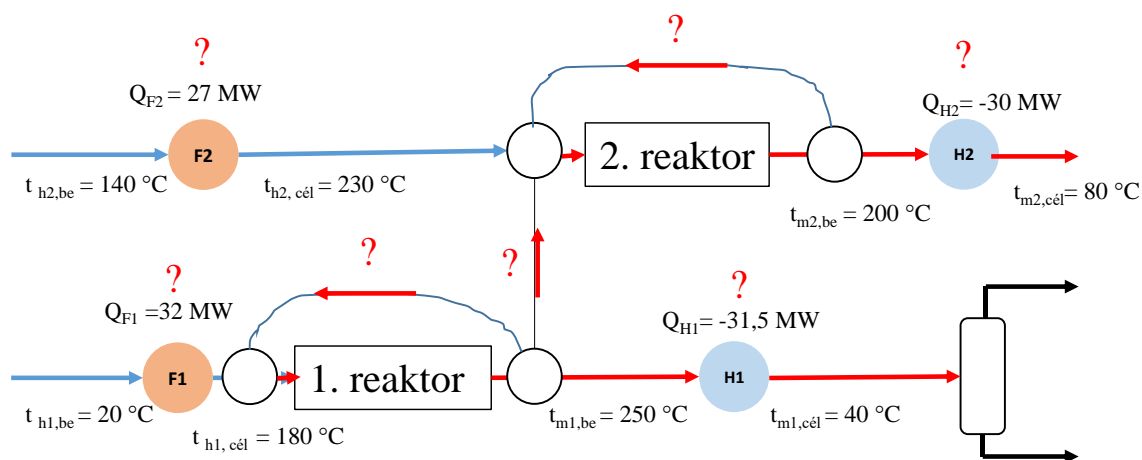
9. ábra Az egyesített hőmérsékletgörbék mozgatásának szemléltetése

A fentiekben ismerttetettek összefoglalásaként a szűkületi pont elemzés lépései és megállapításai:

1. A hőátvitelhez szükséges, a gazdasági szempontból is célszerű Δt_{\min} értékének meghatározása (műszaki, gazdasági és környezetvédelmi kritériumok alapján történő optimalizálás).
2. Meg kell rajzolni a meleg áram összetett görbáját és ezt rögzíteni.
3. Meg kell rajzolni a hideg áram görbáját, majd olyan helyre mozgatni úgy, hogy a legkisebb hőmérsékletkülönbség megegyezzen a rögzített Δt_{\min} értékkel.
4. Az a hőmérséklet, ahol a $\Delta t = \Delta t_{\min}$ a SZŰKÜLETI, vagy PINCH pont.
5. A diagram jobb oldalán kialakul a minimálisan szükséges fűtési igény, míg a diagram bal oldalán a minimálisan szükséges kiegészítő hűtési igény.

2.3. Példa az egyesített hőmérsékletgörbék szerkesztésére

Az egyesített hőmérsékletgörbe szerkesztését az alábbi példán mutatjuk be. A vizsgált rendszerben önálló ágakon két reaktor üzemel. Ahhoz, hogy az 1. reaktorba a közeg beléphessen, a technológiai folyamatban $t_{h1be}=20\text{ °C}$ hőmérsékletéről $t_{h1cél}=180\text{ °C}$ hőmérsékletre kell felmelegíteni. A felmelegítést az F1 berendezés végzi, amelynek a folyamat során a hőteljesítménye 32 MW. A reaktorban végbemenő folyamat során a termék felmelegszik és a reaktorból $t_{m1be}=250\text{ °C}$ hőmérsékleten távozik. Erről a hőmérsékletéről hűtőberendezéssel kell $t_{m1cél}=40\text{ °C}$ hőmérsékletre hűteni. A hűtést a H1 berendezés végzi, amelynek a folyamat során a hőteljesítménye 31,5 MW (10. ábra).



10. ábra A vizsgált rendszer elemei hőmérséklet és hőteljesítmény adatai

A 2. reaktorba belépő közeg üzemviteli hőmérséklete $t_{h2cél}=230\text{ °C}$. Ezt a hőmérsékletet $t_{h1be}=140\text{ °C}$ -ról a folyamat során a 27 MW hőteljesítményű F2 berendezéssel biztosítják.

A reaktorban lejátszódó folyamat után a kilépő termék hőmérséklete $t_{m2be}=200\text{ °C}$. Erről a hőmérsékletről hűtőberendezéssel kell $t_{m2cél}=80\text{ °C}$ hőmérsékletre hűteni. A hűtést a H2 berendezés végzi, amelynek a folyamat során a hőteljesítménye 30 MW.

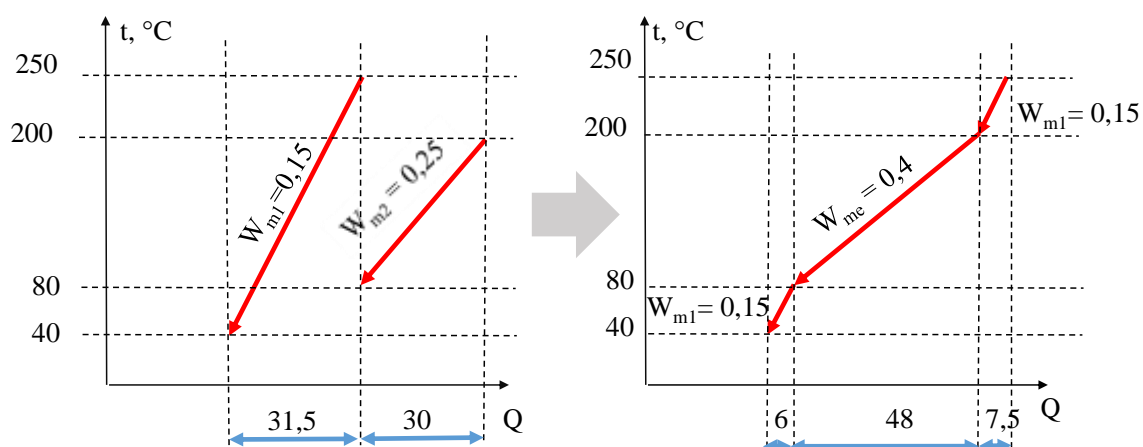
A rendszer fentebb felsorolt paramétereit a 1. táblázatban foglaltuk össze. Az ágak W jelű hőkapacitás áramait a (3) képlettel számoltuk.

1. táblázat A vizsgált rendszer kiinduló adatai

Rendszerelem	Ágtípus	$t_{be}, \text{°C}$	t_{be} ill. $t_{cél}, \text{°C}$	Q, MW	$W, \text{MW/°C}$
1. reaktor betáp	hideg	20	180	32	0,2
1. reaktor kilép	meleg	250	40	-31,5	0,15
2. reaktor betáp	hideg	140	230	27	0,3
2. reaktor kilép	meleg	200	80	-30	0,25

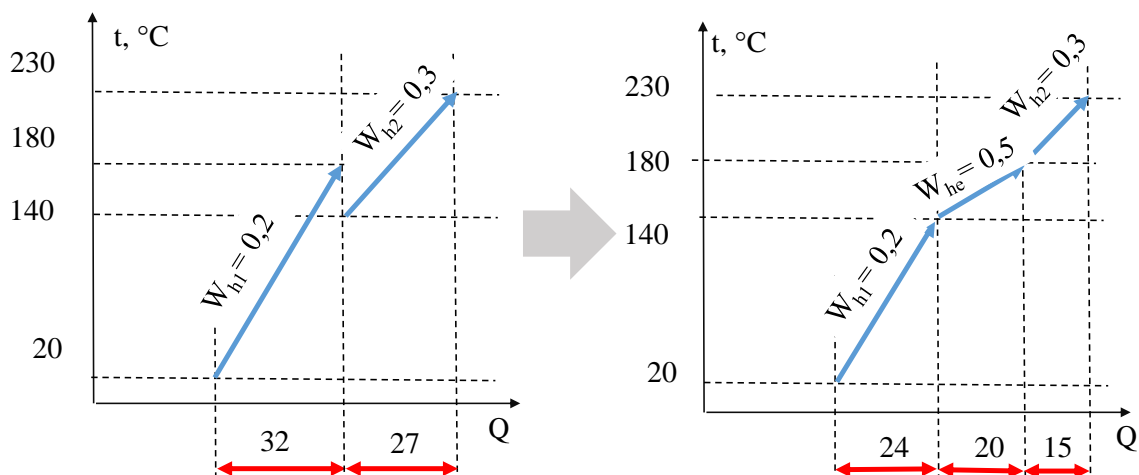
A feladat annak meghatározása, hogyan oldható meg a fűtés és hűtés összekapcsolása, a két folyamat összekapcsolása után mennyi lesz a kiegészítő fűtés és hűtés teljesítményigénye,

Az 11. ábra a meleg áramok önálló és az azonos hőmérséklet tartományban az egyesített hőmérsékletgörbét, valamint a hőkapacitás áramok értékeit tartalmazza.



11. ábra A melegáram egyesített hőmérsékletgörbéje

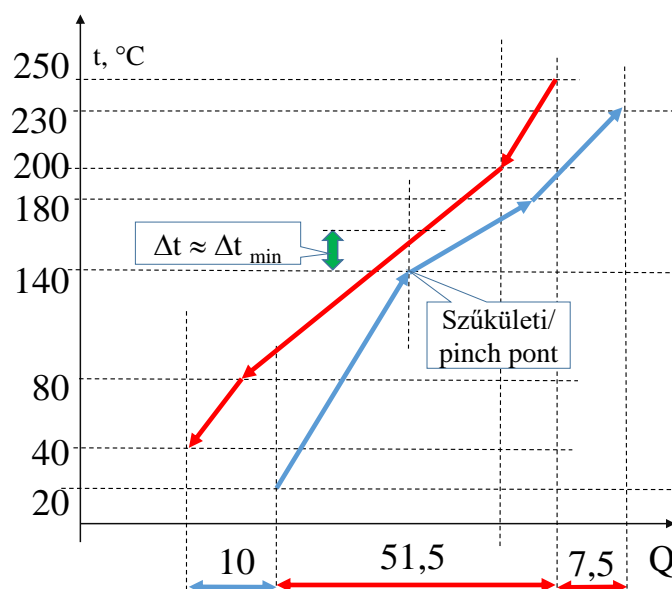
Az 12. ábra a hideg áramok önálló és az azonos hőmérséklet tartományban az egyesített hőmérsékletgörbét, valamint a hőkapacitás áramok értékeit tartalmazza.



12. ábra A hidegáram egyesített hőmérsékletgörbéje

A vizsgált rendszer esetében hőhasznosításhoz elfogadható minimális hőmérséklet különbséget $\Delta t_{\min}=10\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ban határoztuk. Ez esetben a hideg- és melegáramok egyesített hőmérsékletgörbéit a $t - Q$ diagramon addig közelítjük, amíg a hideg-, vagy melegág kezdőpontjában a két görbe közötti függőleges metszetben a hőmérséklet különbség közel azonos lesz a Δt_{\min} előre meghatározott értékével (13. ábra). (A szűkületi/pinch pontot mindig a hideg-, vagy melegág kezdőpontjához illesztjük.)

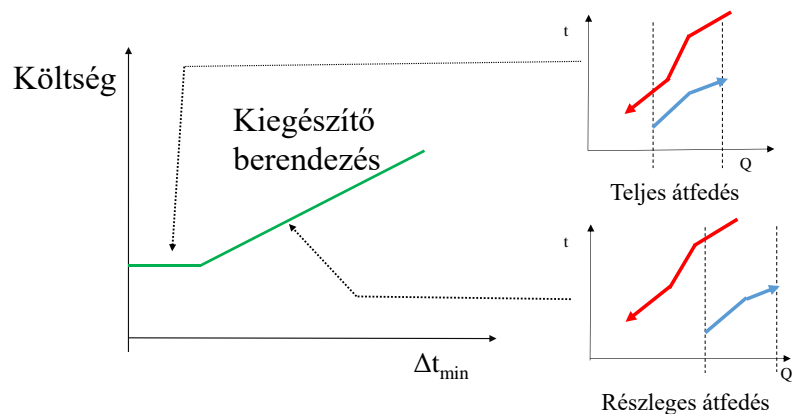
A görbék mozgatása által elvégzett illesztéssel meghatározásra kerül az is, hogy a hőhasznosítás mellett milyen teljesítményű ún. külső fűtési és hűtési berendezésekre van szükség ($Q_H=10\text{ MW}$, $Q_F=7,5\text{ MW}$).



13. ábra Az egyesített hőmérsékletgörbék illesztése

A szűkületi/pinch pont a hidegágon a $t_h=140^\circ\text{C}$, a meleg ágon a $t_m=140^\circ\text{C} + \Delta t_{\min}=150^\circ\text{C}$ hőmérsékletnél van.

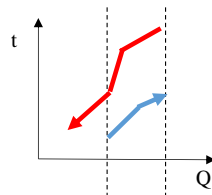
Az üzemeltetési költség és a hőhasznosítás Δt_{\min} minimális hőmérsékletkülönbség kapcsolatát az 14. ábra szemlélteti. Amíg a minimális hőmérsékletkülönbség lehetővé teszi valamelyik egyesített hőmérsékletgörbe átfedését, a folyamat üzemeltetési költsége állandó lesz. A határérték átlépését követően az üzemeltetési költség a hőmérséklet különbség függvényében emelkedni fog. A részleges átfedés esetében lehet olyan állapot, amikor a technológiai folyamat biztosításához a hőhasznosítás mellett csak kiegészítő fűtésre, vagy hűtésre van szükség.



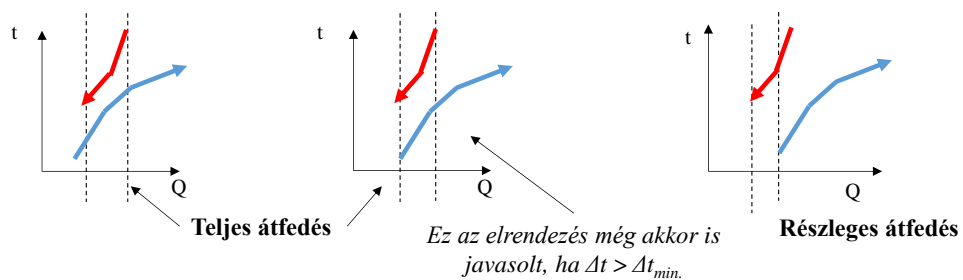
14. ábra Az üzemeltetési költség és a minimális hőmérsékletkülönbség kapcsolata

Az 15. ábra az átfedések speciális eseteit szemlélteti.

- A hideg ág teljes átfedése miatt csak kiegészítő hűtőberendezésre van szükség.



- Az alábbiakban különböző példák láthatók, ahol a hideg áram teljesen átfedi a melegáramot. Ez esetben csak kiegészítő fűtőberendezésre van szükség.



15. ábra A részleges átfedések speciális esetei

A szűkületi/pinch pont módszer alkalmazásával kapcsolatosan az alábbiak állapíthatók meg.

1. A szűkületi/pinch pont egy hőmérséklet.
2. A pont az elemzett hőmérséklet tartományt két részre osztja.
3. A fűtőberendezéseket csak a szűkületi/pinch pont fölött, a hűtőberendezéseket meg csak alatta lehet alkalmazni.
4. A hideg-, vagy melegági egyesített hőmérsékletgörbén ott helyezkedik el a szűkületi/pinch pont, ahol a hőátvitelt biztosító hőmérsékletkülönbség megegyezik az elemzéshez meghatározott minimális hőmérsékletkülönbséggel, $\Delta t = \Delta t_{\min}$.

2.4. Példa a táblázatos módszer alkalmazására

Az egyesített hőmérséklet görbék használata mellett a fűtés, hűtés összekapcsolására használatos egy ún. táblázatos módszer.

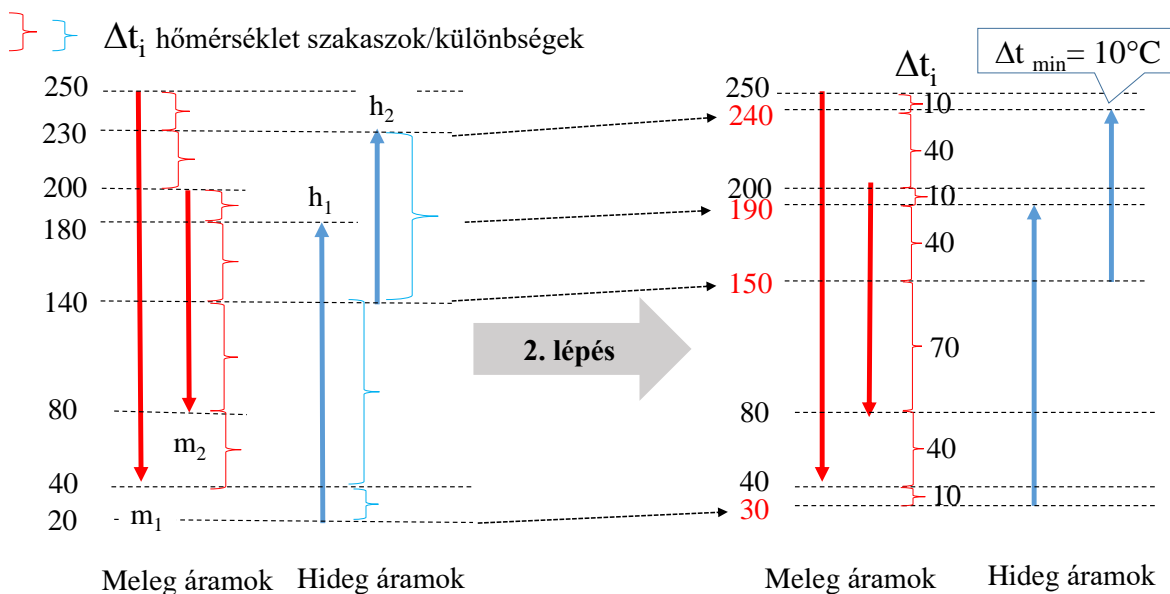
Lépései a következők:

1. A meleg és hideg áramokat (m_i és h_i) hőmérséklet szakaszokra kell osztani, majd a hidegágakat a meghatározott Δt_{\min} hőmérsékletkülönbség megtartásával a meleg ághoz kell csúsztatni, Vagy a Δt_{\min} felével korrigálunk mindkét irányban.
2. Meg kell határozni a szakaszok hőmérlegét.
3. Szakaszonként ki kell számolni a rendelkezésre álló többlethőigényt, vagy hiányt. Ezáltal kiadódik hol, milyen teljesítményű kiegészítő hőforrást kell a rendszerbe iktatni.
4. A meghatározott külső betáplálás figyelembevételével ellenőrizni kell a többletet/hiányt. Ezáltal kiadódik, milyen teljesítményű kiegészítő hűtőberendezést kell a rendszerbe iktatni.

Példaként az eredmény összehasonlíthatósága érdekében az előző fejezetben ismertetett példa adataival számolunk.

A meleg és hideg áramokat (m_i és h_i) hőmérséklet szakaszokra osztjuk, majd a hidegágakat a meghatározott Δt_{\min} hőmérsékletkülönbség megtartásával a meleg

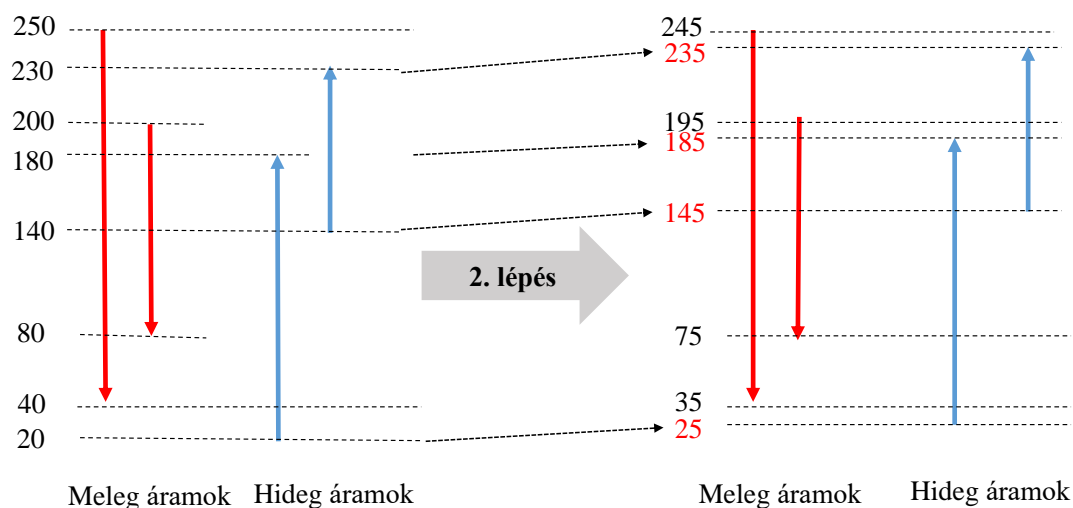
ághoz csúztatjuk (16. ábra). Meghatározzuk az egyes szakaszokhoz tartozó hőmérséklet különbségeket, Δt_i .



16. ábra Az ághőmérsékletek csoportosítása és szakaszolása

A másik lehetőség az, hogy a meleg áramok hőmérsékletét a Δt_{\min} felével toljuk lejjebb, alacsonyabb hőmérsékletekhez és a hideg áramok hőmérsékletét Δt_{\min} felével toljuk feljebb. Ezt a módszert az előzőhöz képest gyakrabban használják. Az előnye az, hogy kicsit könnyebben értethető meg a lényege a korrekciókra, miszerint azt szeretnénk elérni, hogy az eltolások után az egyesített görbék **egy** helyen metsszék egymást.

A másik előnye, hogy az eltolást követően a kaszkád számítások után megkapunk egy hőmérsékletet, s ha egyirányú korrekciót végeztünk, akkor a kapott hőmérsékletet is egy irányba kell korrigálni. Itt viszont előfordulhat, hogy nem a megfelelő irányba korrigáljuk annak érdekében, hogy a szűkületi pont két oldalát megkapjuk. A két oldali korrekció esetén ez kisebb valószínűséggel fordul elő, mivel tudjuk, hogy fel és le ugyanannyival kell az egyeneseket eltolni.



17. ábra Az ághőmérsékletek csoportosítása és szakaszolása (kétoldali korrekció)

A további számítások meg fognak egyezni, ugyanis a szakaszok tulajdonságai nem fognak változni, mivel a két görbe egymáshoz viszonyított helyzete ugyanaz lesz. Így ugyanazokat az értékeket kell kapni, mint az egyoldali korrekcióval.

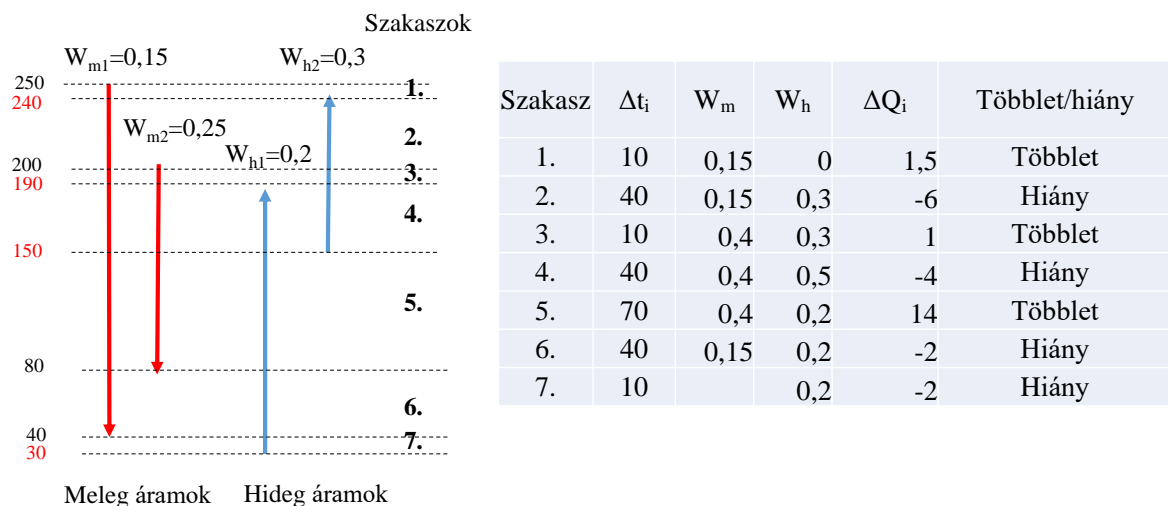
A meleg és hideg ágakon a hőkapacitás áramokat (W_{mi} és W_{hi}) már az előző példa esetében meghatároztuk. Azokon a hőmérséklet szakaszokon, ahol párhuzamosan két ág halad, a hőkapacitás áramot a két ág hőkapacitás áramainak összege adja.

A hőmérséklet szakaszok hőmérlegét a következő összefüggéssel határozzuk meg

$$\Delta Q_i = \Delta t_i (W_{mi} - W_{hi}) \quad (8)$$

Attól függően, hogy az aktuális szakaszhoz tartozó az egyesített hőkapacitás áram a meleg, vagy hideg ágban nagyobb, a hőmérleg eredménye pozitív vagy negatív lesz. Ez azt jelzi, hogy a fűtésre hőtöbblet, vagy hiány áll rendelkezésre.

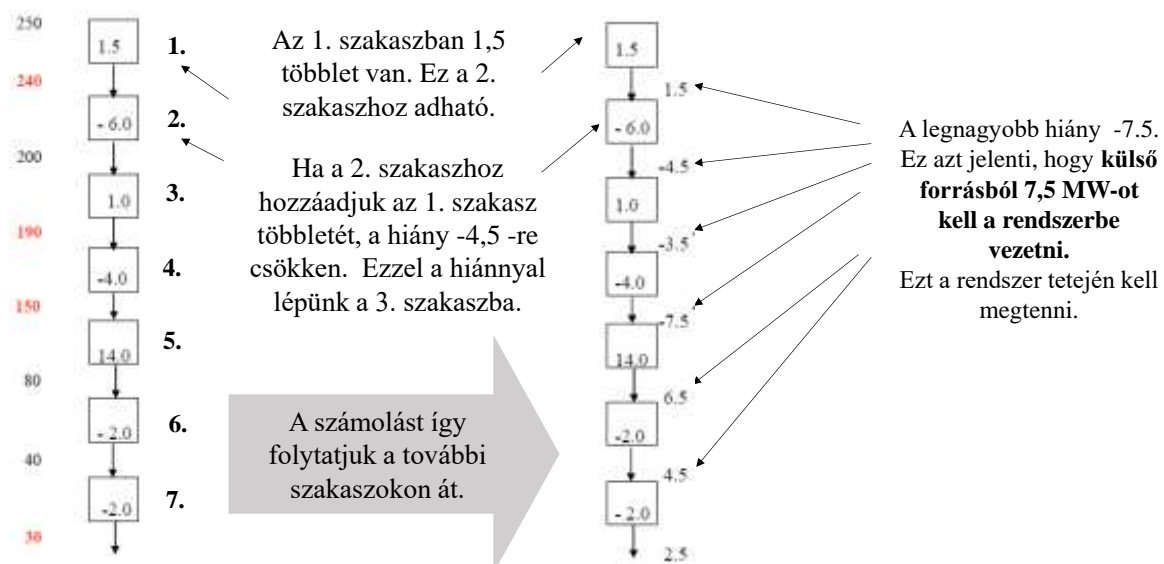
A számítás eredményét az 18. ábra mutatja.



18. ábra A hőmérleg számítás eredményének szemléltetése

Az 19. ábra bal oldalán a félkövérrel jelzett szakasz sorszámok és hőmérsékletek között négyzetbe illesztve a szakaszokhoz tartozó hőmérlegek láthatók. Az ábra jobb oldalán, fentről lefelé haladva a négyzetek mellett a hőmérlegek kumulált értékei vannak.

A kezdeti 1,5 MW többlet fentről lefelé haladva, már a 2. szakaszban -4,5 MW hiányt eredményez. A hiány az 5. szakasz előtt éri el legnagyobb értékét. A hőhasznosítás mellett ezt a **-7,5 MW** hiányt kell külső hőforrással pótolni. **Ez a kiegészítő fűtés hőteljesítmény igénye.**

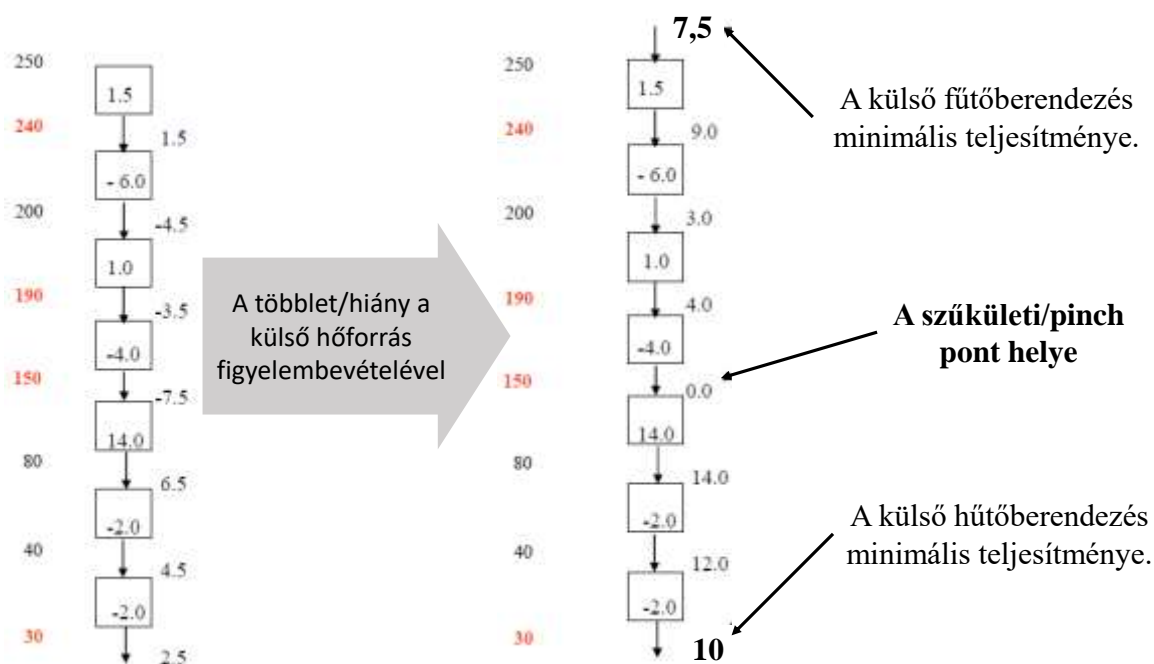


19. ábra: A hőmérleg számítás eredményének szemléltetése

Az 20. ábra bal oldalán a négyzetbe illesztve a szakaszokhoz tartozó hőmérlegek, mellette ezek kumulált értékei láthatók. Az ábra jobb oldalán, a 7,5 MW teljesítményű

kiegészítő hőforrás feltételezésével, - a hőmérlegek összegzését ezzel kezdve - vannak feltüntetve az egyesített hőmérlegek. A kumulált hőmérleg zéró értéke jelzi a szűkületi/pinch pont helyét.

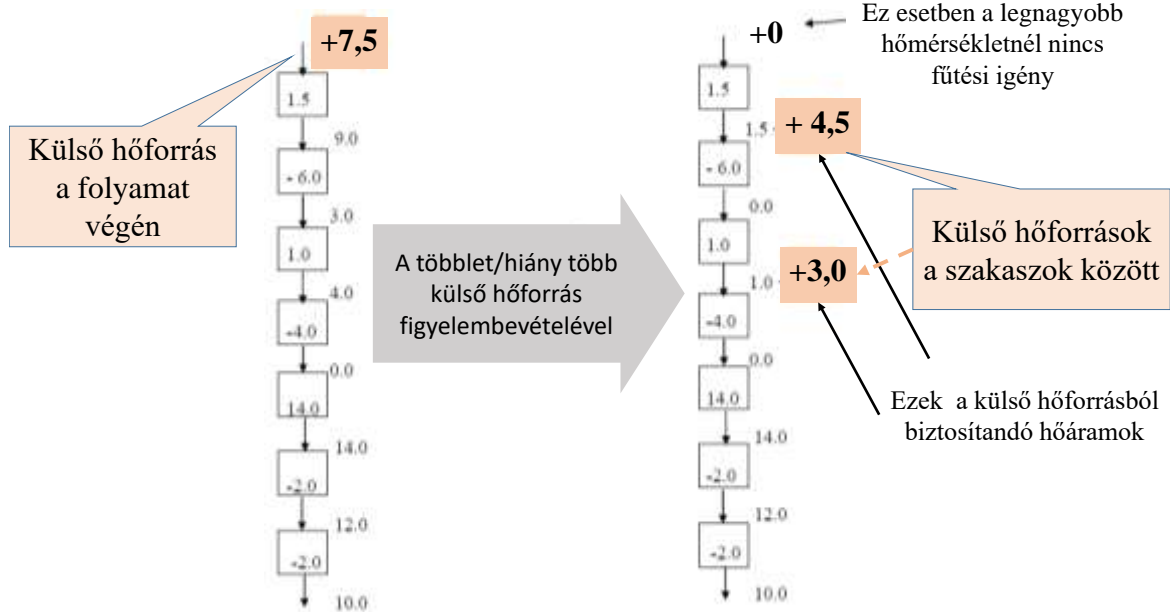
Az oszlop alján megjelenő eredmény, esetünkben 10 MW lesz a kiegészítő fűtés hőteljesítmény igénye.



20. ábra: A kiegészítő hűtés teljesítmény igényének meghatározása

Az 21. ábra bal oldalán a négyzetbe illesztve a szakaszokhoz tartozó hőmérlegek, mellette ezek kumulált értékei láthatók annak feltételezésével, hogy a rendszerben 7,5 MW teljesítményű kiegészítő hőtermelő lett beillesztve (az előző ábra jobb oldala).

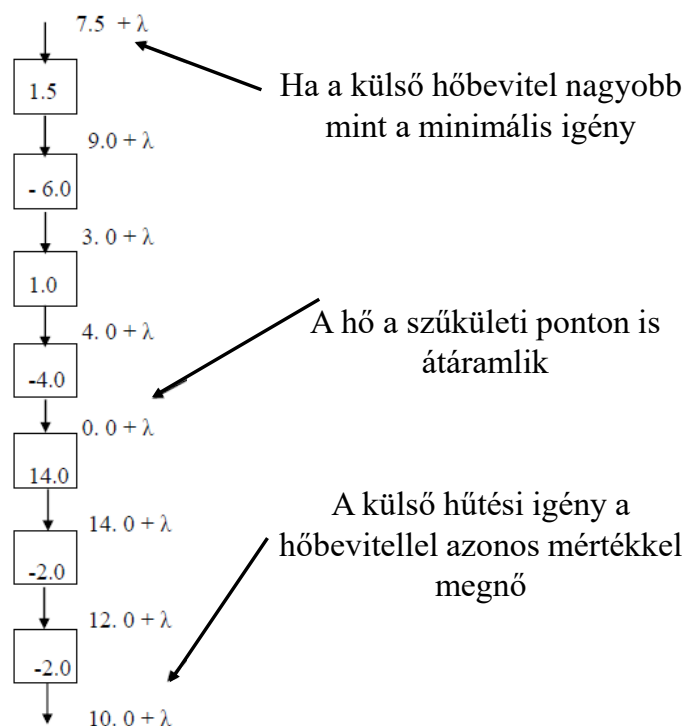
Az ábra jobb oldalán azt feltételezzük, hogy a kiegészítő hőtermelő nem a folyamat végén, hanem azon szakasz előtt van elhelyezve, ahol a hiány elkerülése érdekében erre szükség van. Így illeszthető a rendszerbe egy 4,5 MW és egy 3 MW teljesítményű kiegészítő hőtermelő. A hőtermelők megosztásnak akkor van különös jelentősége, ha a bontással jelentős mértékben alacsonyabb hőmérsékleten kell közeget melegíteni.



21. ábra: A kiegészítő hűtés teljesítmény igényének meghatározása

A hőhasznosító rendszer kiépítését követően körültekintően kell a kiegészítő hőtermelőt üzemeltetni. Szem előtt kell tartani, hogy amennyivel a külső hőbevitel nagyobb lesz az igényelt 7,5 MW-nál, annyival nagyobb lesz a külső hűtési igény. **Az 22. ábrán a λ jelöli a többlet hő végig vonulását a rendszeren.**

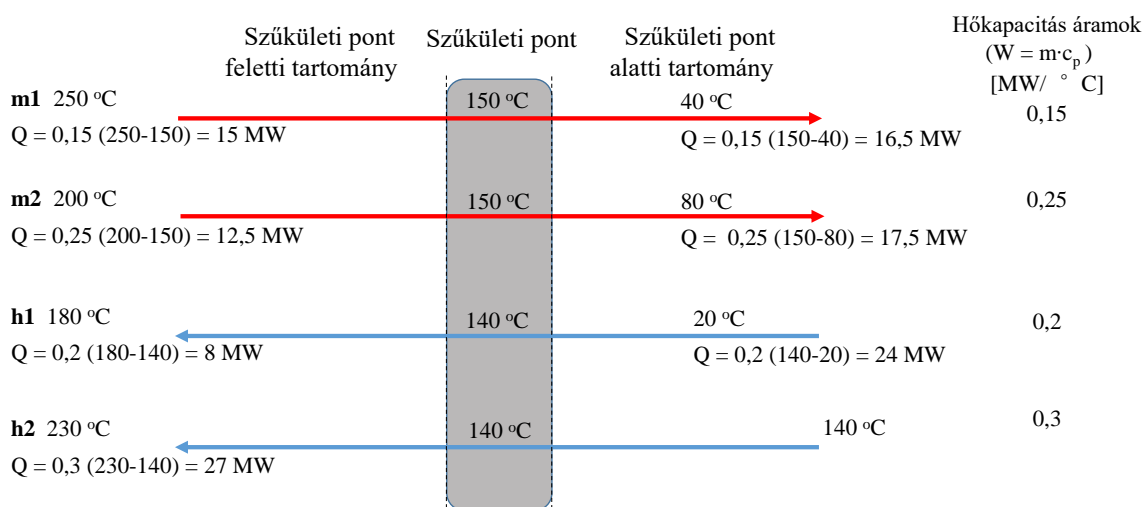
Figyelni kell arra, hogy a szűkületi/pinch ponton ne legyen hőáram. Ha van, az szintén a külső hűtési igényt növeli, a rendszerbe fölöslegesen beépített hőcserélők, vagy a figyelmetlen üzemeltetésre utal.



22. ábra A kiegészítő hűtés teljesítmény igényének meghatározása

2.5. Hőcserélőkapcsolás kialakítása

A hőcserélők pontos összekapcsolásához először képzeljük magunk elé az összekapcsolni kívánt áramokat a hőmérsékleteivel, illetve a hőkapacitás-áramukkal. Az átláthatóság érdekében még a szűkületi/pinch pontot is célszerű feltüntetni (23. ábra). A szűkületi pont bal oldalán lesz a meleg, a jobb oldalán a hideg oldal.

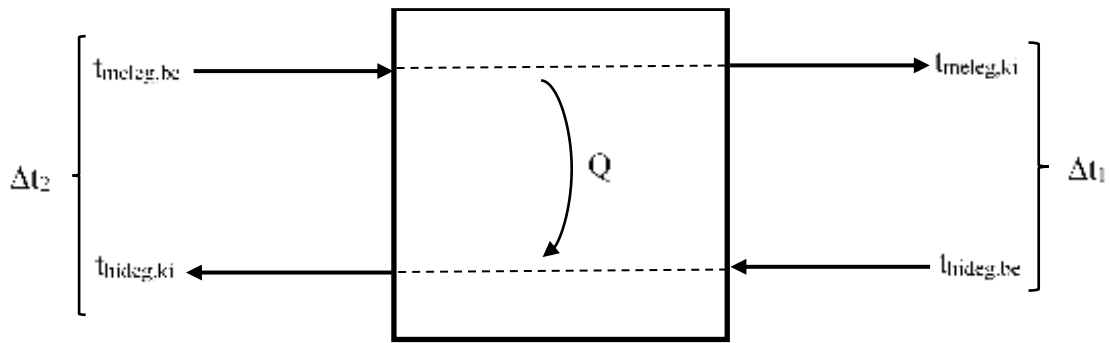


23. ábra A hőcserélő kapcsolat kiindulási ábrája

Az ábrára hivatkozva magyarázzuk el a hőcserélők kapcsolásának szabályait.

1. Nem szabad kiegészítő hűtést használni a szűkületi pont meleg oldalán (az ábrán a bal oldal). Ez azt jelenti, hogy az összes meleg áramot a szűkületi pontig a rendelkezésre álló hideg áramokkal kell lehűteni.
2. A szűkületi pont hideg oldalán ellenkezőleg, itt nem szabad kiegészítő fűtést használni. Az igényelt (cél)hőmérsékletek elérésére csak kiegészítő hűtés alkalmazható.
3. A szűkületi ponton keresztül nem köthetünk össze semmit, az tiltott!

Ezen kívül a rendszerben a kapcsolt hőcserélők esetén nem lehet egy esetben sem a hőcserélők profilja esetén kisebb hőmérséklet különbség mint 10 °C az előzőleg megállapított Δt_{\min} érték. Van, ahol ezt az irodalomban CP szabályként használják a következő levezetés alapján:



24. ábra A CP szabály levezetésének alapja

$$Q = W_{meleg} \times (t_{meleg,be} - t_{meleg,ki}) \quad (9)$$

$$Q = W_{hideg} \times (t_{hideg,ki} - t_{hideg,be}) \quad (10)$$

$$(t_{meleg,be} - t_{meleg,ki}) = \frac{Q}{W_{meleg}} \quad (11)$$

$$(t_{hideg,ki} - t_{hideg,be}) = \frac{Q}{W_{hideg}} \quad (12)$$

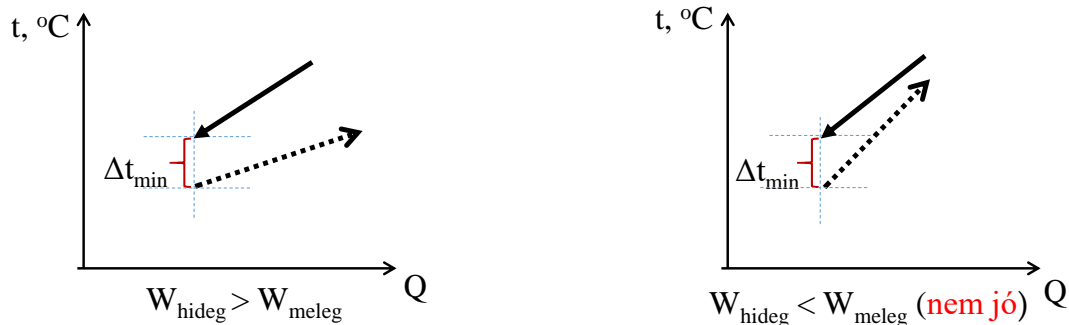
$$(\Delta t_2 - \Delta t_1) = Q \times \left(\frac{1}{W_{meleg}} - \frac{1}{W_{hideg}} \right) = Q \times \frac{W_{hideg} - W_{meleg}}{W_{hideg} \times W_{meleg}} \quad (13)$$

a pinch kapcsolás meleg oldalán: $\Delta t_1 = \Delta t_{\min}$; $\Delta t_2 > \Delta t_1$ ezért $W_{hideg} > W_{meleg}$

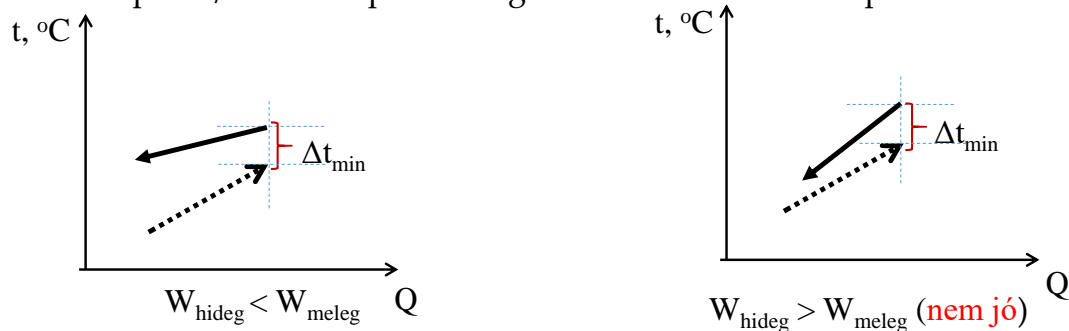
a pinch kapcsolás hideg oldalán: $\Delta t_2 = \Delta t_{\min}$; $\Delta t_1 > \Delta t_2$ ezért $W_{hideg} < W_{meleg}$

A pinch meleg oldala esetén a hőmérséklet profilok:

A pinch/szűkületi pont meleg oldalán a hőmérséklet profilok:



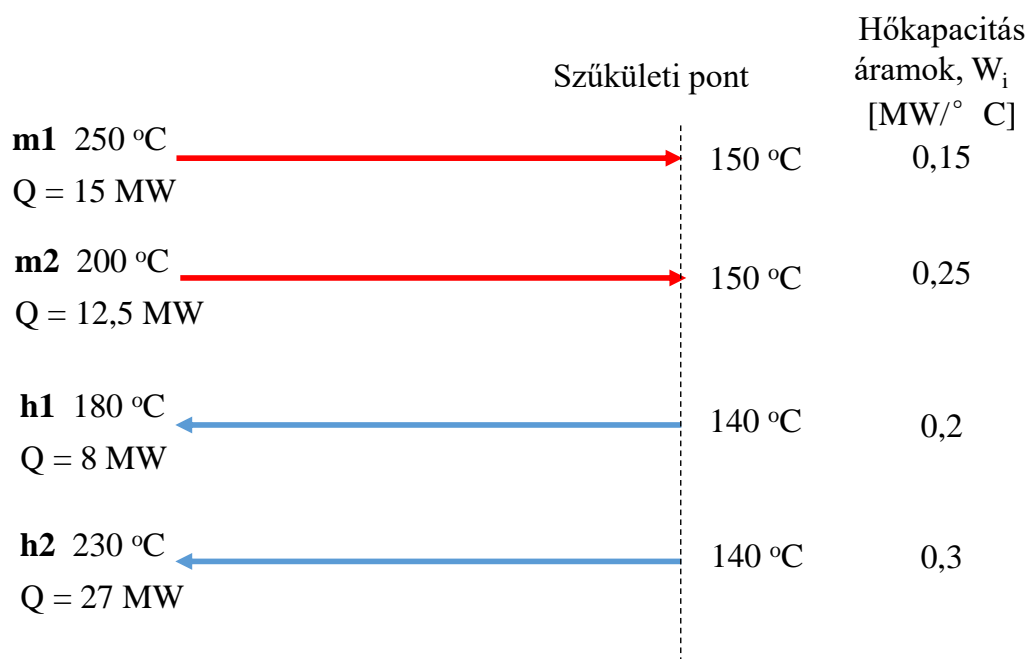
A pinch/szűkületi pont hideg oldalán a hőmérséklet profilok:



25. ábra A CP szabály miatti profilok

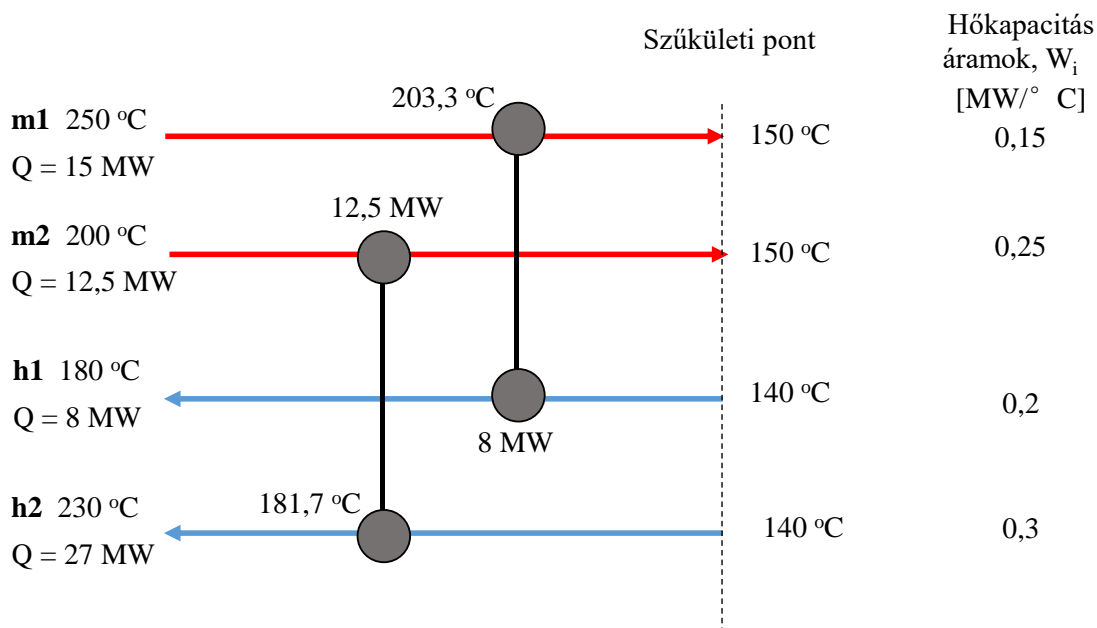
Ezen szabályok miatt kell szisztematikusan az úgynevezett pinch kapcsolásokkal kezdeni, hogy fentebb említett kritériumoknak eleget tegyünk. Ha ezek a pinch kapcsolások megvannak és teljesülnek a szabályok akkor utána szabadabban csatlakoztathatjuk a hőcserélőket ugyanis a szűkületi pontnál a hőmérsékletek rendben lesznek.

Vizsgáljuk a szűkületi pont meleg oldalát:



26. ábra A szűkületi pont meleg oldala

A $W_{hideg} < W_{meleg}$ szabály alapján a szűkületi pont meleg oldalán 3 kapcsolás képzelhető el: c2-h1; c2-h2 és c1-h1. Mivel plusz hűtést a szűkületi pont felett nem alkalmazhatunk ezért minden meleg áramot kapcsolni kell egy megfelelő hideg áramhoz. Így a fenti 3 kapcsolásból a c2-h2 és a c1-h1 az, ami maradhat, ugyanis ellenkező esetben a h2-nek nem lenne pinch kapcsolása, egyik hideg áram sem hűtené le megfelelő hőmérsékletig (27. ábra).



27. ábra Pinch kapcsolások a meleg oldalon

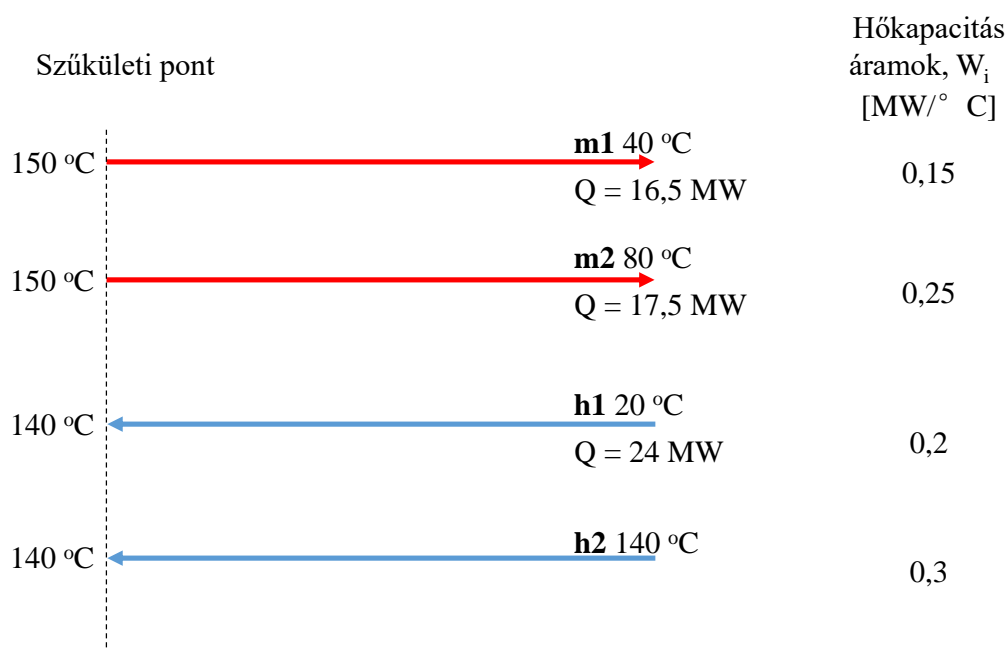
Ezután kiszámítjuk, hogy mely áramok esetén sikerült elérnünk a célhőmérsékletet és ott, ahol nem sikerült ott milyen hőmérsékletű lesz közeg a hőcserék után.

c1 teljesen le tud hűlni mivel az energiaigénye kisebb, mint h1 igénye ($8 \text{ MW} < 15 \text{ MW}$). Ekkor c1 elérte a pinch/szűkületi pontot a h1 pedig a következő hőmérsékletre melegszik fel:

$$8 \text{ MW} = 0,15 \frac{\text{MW}}{^\circ\text{C}} \times (X - 150^\circ\text{C}) \quad (14)$$

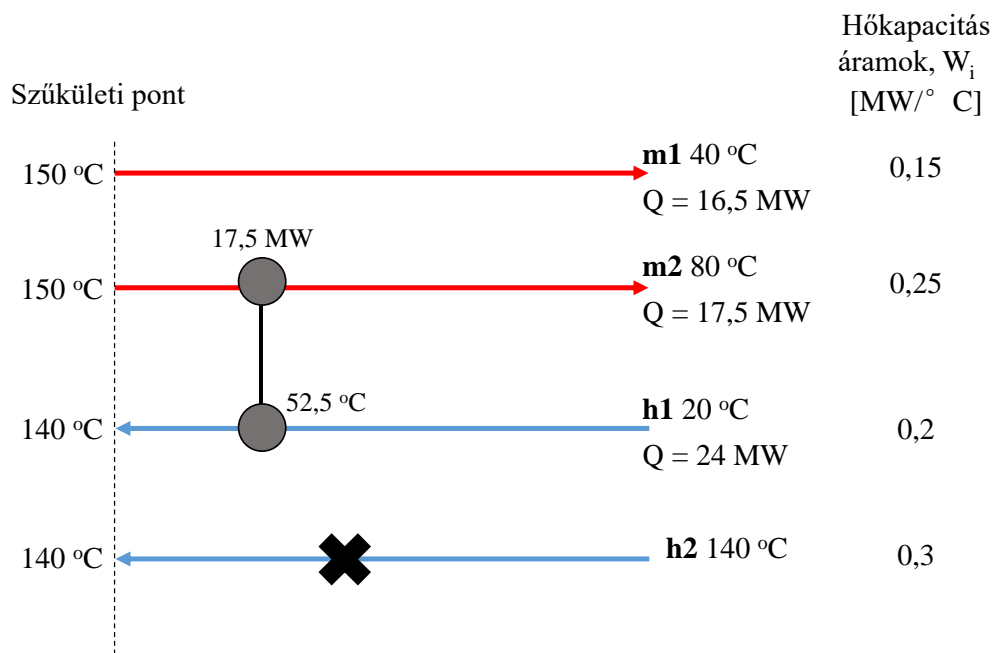
innen $X = 203,3 \text{ }^\circ\text{C}$; hasonló számítást a c2 esetén elvégezve azt kapjuk $181,7 \text{ }^\circ\text{C}$ -ra melegszik fel. Ezeket az ábrán is feltüntetjük.

Ezután elvégezzük a pinch kapcsolást a másik oldalon is a hideg oldalon, (28. ábra):



28. ábra A szűkületi pont hideg oldala

Itt látható, hogy a c2 árammal nem kell foglalkoznunk ugyanis a belépő hőmérséklet a pinch hőmérséklet. Itt is él a CP szabály, miszerint $W_{\text{hideg}} < W_{\text{meleg}}$ a pinch kapcsolások esetén, de itt csak egy kapcsolás lehetséges a szabály szerint, a h2-c1 (29. ábra).



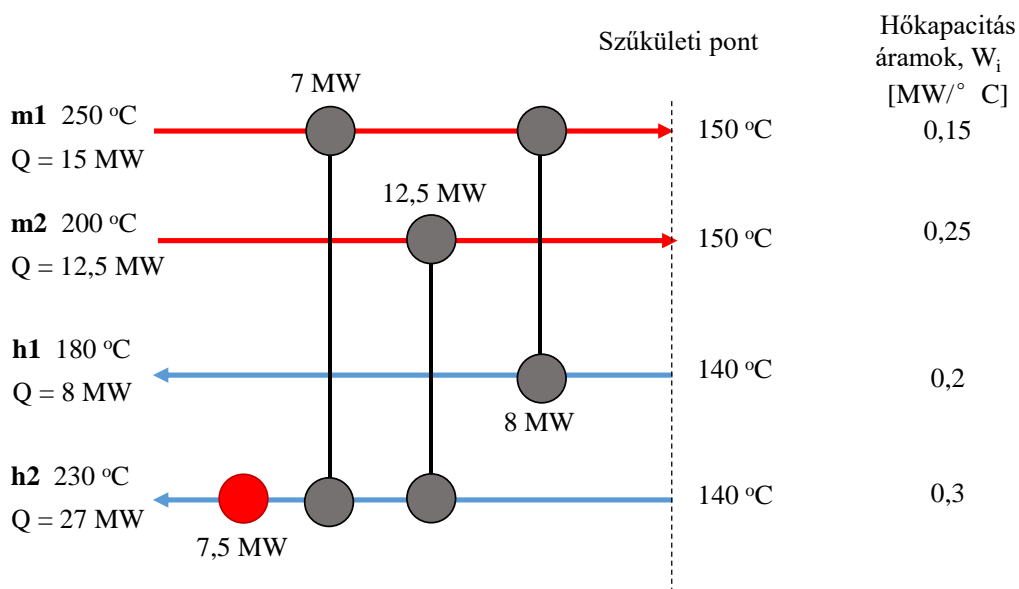
29. ábra Pinch kapcsolások a meleg oldalon

Ezen a hőcserélőn 17,5 MW hőcsere valósulhat meg, a h2 teljes mértékben lehűl a várt hőmérsékletre, a c1 pedig 52,5 °C lesz a lenti egyenlet megoldásaképp:

$$17,5 \text{ MW} = 0,2 \frac{\text{MW}}{^\circ\text{C}} \times (140^\circ\text{C} - X) \quad (15)$$

$$X = 52,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

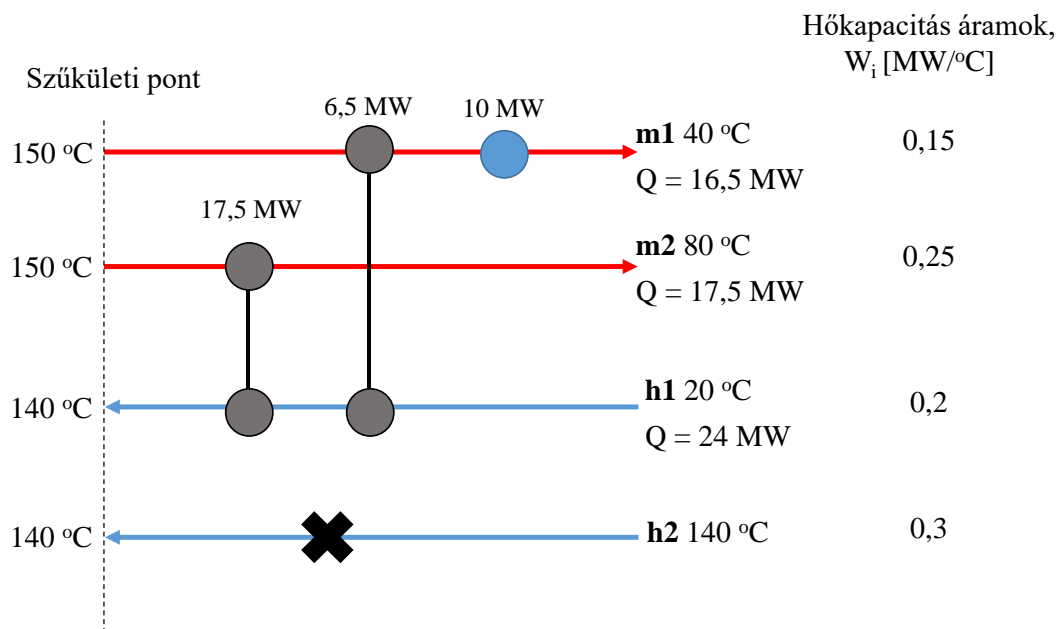
Ezután beköthetjük a nem pinch kapcsolásokat itt már nem kell a CP szabálynak szigorúan érvényesülni. a meleg oldalon a következő kapcsolásokkal bővül a rendszer:



30. ábra A teljes kapcsolat a szűkületi/pinch pont meleg oldalán

A h1 és c2 áramok kapcsolásával le tudjuk hűteni megfelelően a h1 áramot és egy plusz hőcserélővel felmelegítjük a c2-es áramot a célhőmérsékletre. Itt elegendő volt a minimális fűtési szükségletet használnunk (7,5 MW).

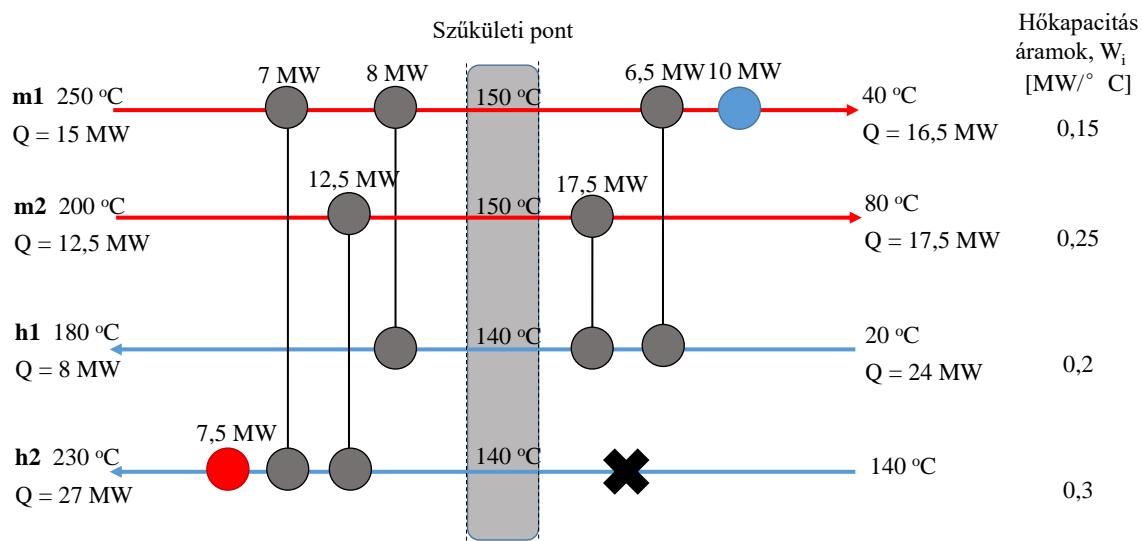
A hideg oldal a következőképp alakul:



31. ábra A teljes kapcsolás a szűkületi/pinch pont hideg oldalán

Itt bekötésre kerül a h1-c1 hőcserélő a c1 áram teljes lehűtésére és egy plusz hűtő is beszerelésre kerül a h1 végső hőmérsékletre való lehűtéséhez.

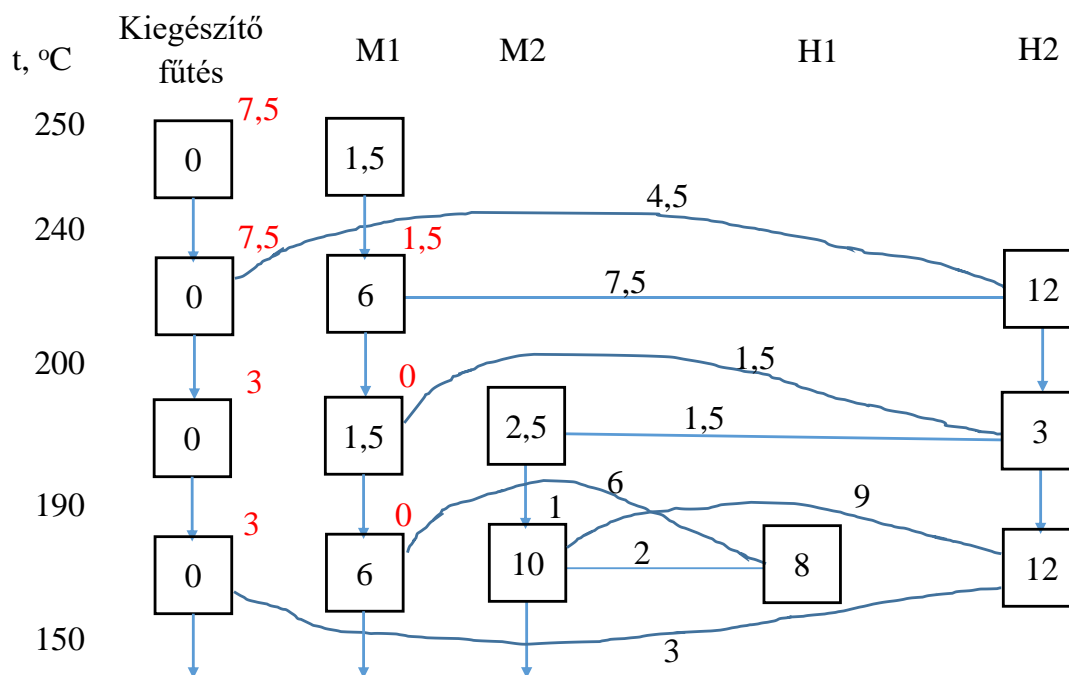
A teljes kapcsolás a következőképp alakul:



32. ábra A teljes kapcsolás a szűkületi/pinch pont hideg, illetve meleg oldalán

A példánkban szereplő feladat a levezetés alapján megoldható 7 db hőcserélővel. A kapcsolás alapján elegendő volt a minimális fűtési és hűtési szükségleteket alkalmaznunk. Ez lenne energetikailag a legmegfelelőbb elrendezés, kapcsolás adott pinch/szűkületi Δt_{\min} esetén.

A következőkben az 3.4 alfejezetben bevezetett kiegészítő hőcserélős kapcsolást mutatnám be és a koncepciót a számításhoz. Az 3.4. alfejezetben a minimális fűtési szükségletet felbontottuk 2 db, 4,5; illetve 3 MW-os ráfűtésre.



33. ábra A két hőcserélős kiegészítő fűtési megoldás számítása

Az ábrán az 3.4.-es fejezetben hasonló felosztás látható csak itt feltüntettem a hideg, illetve meleg áramok. A felosztott megoldásnak az lenne a lényege, hogy így a magas hőmérsékletű plusz fűtést nem teljes mértékben egy magasabb hőmérsékleten kéne bevinni a rendszerbe, hanem bizonyos mértékben alacsonyabb hőmérsékleten is bevinnénk egy kis hőt a rendszerbe így a végső magas hőmérsékletű ráfűtés kisebb lesz.

Az elején az előzőleg megállapított hőmérséklet tartományok között megállapítjuk a fűtési-hűtési szükségleteket, ami a következő kép néz ki a h1 es áram esetén. A két hőmérséklet 250 °C, illetve 240 °C tudjuk, hogy a hőkapacitás áram pedig 0,15 MW/°C. Ezek alapján kiszámolhatjuk a hőtéljesítményt a határok között:

$$Q = W \times (t_1 - t_2) = 0,15 \frac{\text{MW}}{^\circ\text{C}} \times (250^\circ\text{C} - 240^\circ\text{C}) = 1,5 \text{ MW} \quad (16)$$

tehát a kis rubrikába a 1,5 MW kerül. A h1 második rubrikájába pedig ezen analógia alapján:

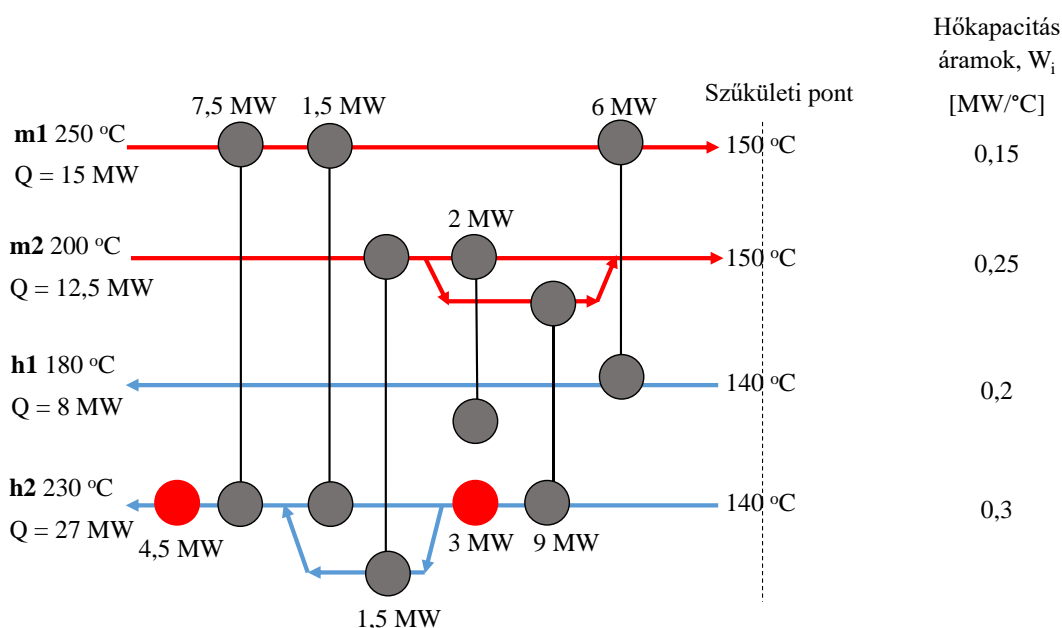
$$Q = W \times (t_1 - t_2) = 0,15 \frac{\text{MW}}{^\circ\text{C}} \times (240^\circ\text{C} - 200^\circ\text{C}) = 6 \text{ MW} \quad (17)$$

Ezeket a számításokat el kell végezzük az összes pinch/szűkületi pont feletti rubrikára az adott hőmérséklet tartományok között. Majd a kiegészítő fűtéshez is berajzoljuk a rubrikákat, de ide minden esetben 0-át kell írjunk mert ezt külön kell tekintenünk a technológiai hőcserélőktől. A rubrikák jobb felső sarka mellé pedig az addigi kumulált értékeket kell írjuk. (pl: h1 első és második rubrikája, a második rubrikánál ott szerepel a 1,5 MW, mint addigi kumulált teljesítmény)

Ezután el kell osztanunk a kiegészítő fűtést és össze kell kössük a meleg, illetve hideg áramokat, hogy null-szaldósok legyünk energetikailag!

Vegyük a 200-240 °C közötti tartományt itt a hideg oldalon 12 MW-ot kell teljesíteni ezt úgy tudjuk elérni, hogy a meleg oldalon a h1 áramból felhasználjuk a 6 + 1,5 = 7,5 MW-ot és kipótoljuk még 12 - 7,5 = 4,5 MW-al a kiegészítő fűtésből és ezt az elgondolást ismételjük meg minden hőmérséklet tartományba. Így látható, hogy ezáltal nem kell 7,5 MW magas hőmérsékletű, nagy exergiájú energiát bevinnünk a rendszerbe!

A hideg és meleg áramokat összekötő vonalak fogják a hőcserélőket jelenteni, ha megrajzoljuk a hőcserélő hálózatot ez alapján akkor a következőt kapjuk:



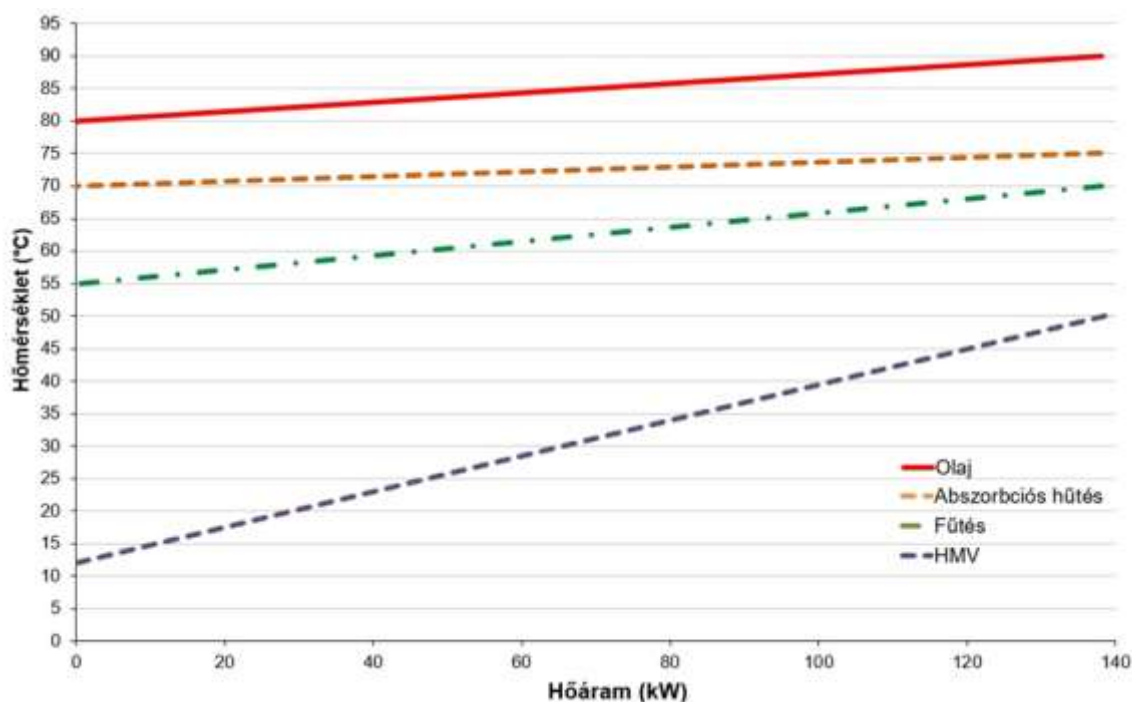
34. ábra A két hőcserélős kiegészítő fűtési megoldás kapcsolásának vázlata

A 34. ábráról látszik, hogy sajnos sokkal bonyolultabb, mint a kezdeti kapcsolásunk a pinch/szűkületi pont felett és mivel itt több split ágat, illetve több kisebb hőcserélőt kell alkalmaznunk ezért ez a megvalósítás elvetendő és a sima eredeti, 1 ráfűtéses megoldás az ajánlott.

3. Sűrített levegő kompresszor hulladékhőjének hasznosítása

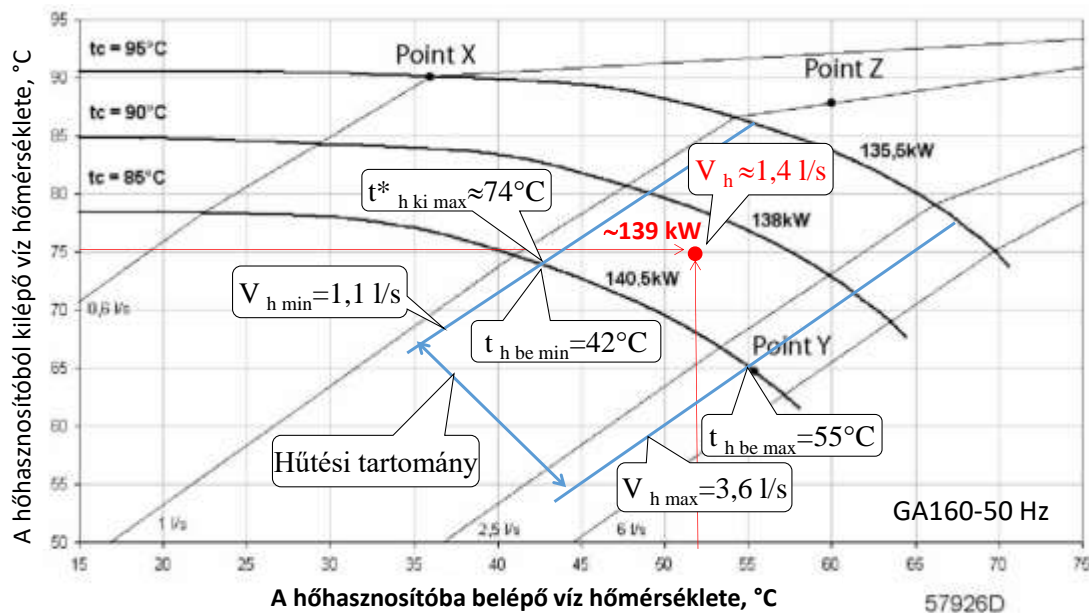
A levegő sűrítése során a kompresszorok energiafelhasználásának nagy része hő formájában víz, vagy léghűtéssel távozik a környezetbe. A kompresszorok hulladékhőjének a hűtés módjától függően 80 - 94%-ban visszanyerhető és felhasználható az adott üzem más részein. Gyakori példa, hogy a vízhűtésű kompresszoroknál egy hőhasznosító hőcserélő beépítésével a fűtési vagy HMV igények fedezésére hasznosítják a hőt, emellett akár a gőzfejlesztés előmelegítésére, vagy abszorpciós hűtőberendezések hajtására is felhasználható.

A 35. ábra egy vízhűtésű kompresszor különböző hőhasznosítási lehetőségeit mutatja be. A felső piros egyenes a hűtővíz hőmérsékletének változását és hőjének abszorpciós hűtésre rendelkezésre álló hőteljesítményt mutatja. Más hőmérsékletparaméterekkel ugyanez a hőteljesítmény hasznosítható fűtésre vagy HMV termelésre. Különböző hőmérsékleti tartományok esetén más és más térfogatáramokkal.



35. ábra Több hasznosítási lehetőség együttes ábrázolása kompresszor hulladékhő esetén

A hasznosítás megtervezéséhez elsőként meg kell vizsgálni az adott kompresszor jelleggörbáját. Egy példa a 36. ábrán látható.



36. ábra A kompresszor gépkönyvi adatai

Az ábra szerint a gépkönyvi adatokban rögzített korlátokra tekintettel ($V_{h \min} = 1,1$ l/s, $V_{h \max} = 3,6$ l/s) a kompresszor hűtővizéből a maximális mértékben hasznosítható hőteljesítmény 140,5 kW. Ehhez tartozó $t_{h \text{ be min}} = 42^\circ\text{C}$ és $t_{h \text{ be max}} = 54^\circ\text{C}$.

A diagram azt is mutatja, hogy a maximális mértékben hasznosítható hőteljesítmény esetén $t_{h \text{ be min}} = 42^\circ\text{C}$ belépő víz hőmérsékletnél a $t_{h \text{ ki max}}^* \approx 74^\circ\text{C}$. Ennél magasabb kilépő hőmérséklet is elérhető, de akkor kevesebb hő hasznosítható.

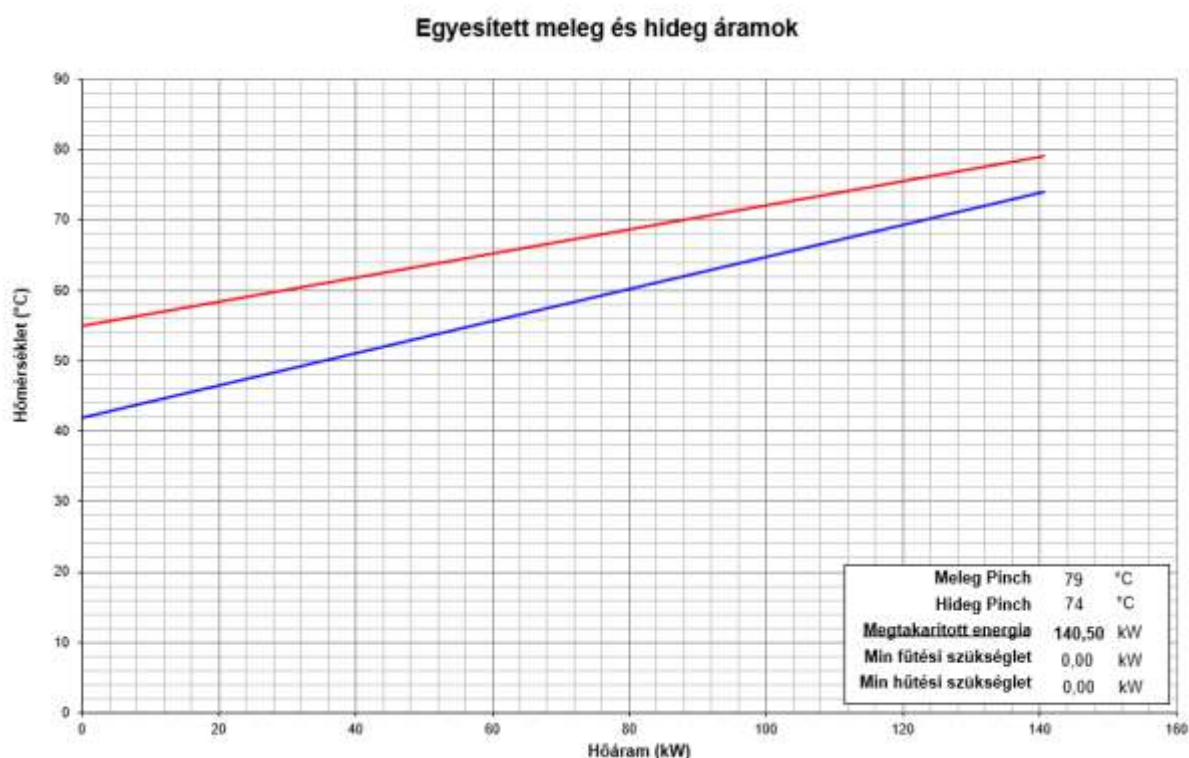
Például, ha $t_{h \text{ be}} = 52^\circ\text{C}$ és $t_{h \text{ cél}} = 75^\circ\text{C}$ hőmérsékletű víz esetén a hasznosítható hőteljesítmény $Q_h \approx 139$ kW.

Továbbiakban bemutatott példának a maximálisan hasznosítható hőteljesítményhez tartozó adatokkal dolgozunk mivel minél több hőt szeretnénk, illetve lenne célszerű hasznosítani.

Tehát $t_{h \text{ be}} = 42^\circ\text{C}$ $t_{h \text{ ki}} = 74^\circ\text{C}$ a hűtővíz fajhőjét 4,2 kJ/kgK-nak véve a tömegáram 1,04539 kg/s-nak adódik. Az olaj végső hőmérséklete limitált, mivel nem csapódhat ki ezért 55°C -nak vesszük a kimenő értékét a bemenő értékre pedig 79°C -al számolunk a $\Delta t_{\min} = 5^\circ\text{C}$ miatt.

Az olaj fajhőjét 2 kJ/kgK-nek véve a tömegárama 2,927 kg/s.

A folyamat t-Q diagramja a következő ábrán látható:



37. ábra Az energiamegtakarítás t-Q diagramon ábrázolva

A pontos energiamegtakarítás meghatározásához meg kell vizsgáljuk a tartamdiagramot:

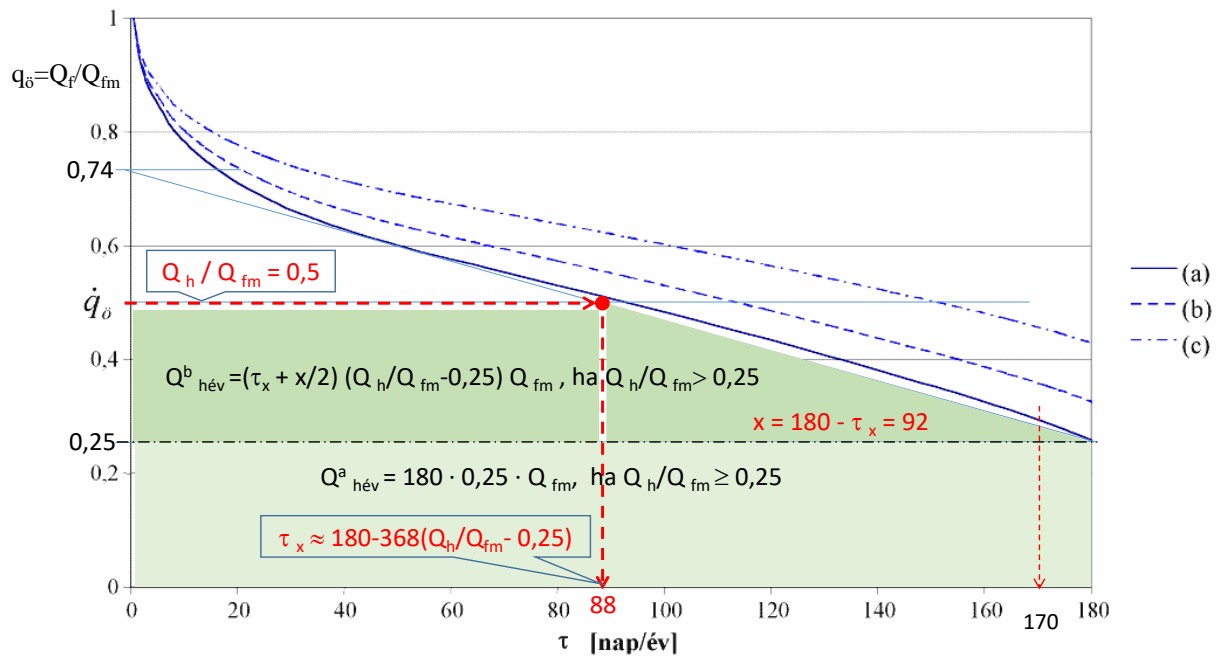
A megtakarítás számítását folyamatos kompresszor üzemvitelt feltételezve három alapesetre mutatjuk be:

1. A rendelkezésre álló hulladékhő, Q_h kevesebb, vagy azonos a hőszükséglet (a hőigény a méretezési külső levegőhőmérsékletnél) negyedénél, azaz, $Q_h \leq 0,25 Q_{fm}$.

Ez esetben a várható megtakarítás $Q_{hév} \text{ kWh / év} = Q_h \text{ kW} \cdot 180 \text{ nap/év} \cdot 24 \text{ h/nap}$

2. A rendelkezésre álló hulladékhő, Q_h több a hőszükséglet negyedénél, de kevesebb a háromnegyedénél, azaz, $0,25 Q_{fm} < Q_h < 0,75 Q_{fm}$.

Ez esetben a várható megtakarítást két lépésben határozzuk meg, és a 38. ábra segítségével szemléltetjük.



38. ábra A hőhasznosítás szemléltetése a fűtési tartamdiagramon

Első lépésként meghatározzuk az ábrán jelölt $Q^a_{hév}$ értéket

$$Q^a_{hév}, \text{ kWh/év} = 0,25 \cdot Q_{fm}, \text{ kW} \cdot 180 \text{ nap/év} \cdot 24 \text{ h/nap}$$

Majd kiszámoljuk a

$$\tau_x = 180 - 368 (Q_h / Q_{fm} - 0,25) \text{ időtartamot.}$$

Ezzel már meghatározható $Q^b_{hév}$ értéke

$$Q^b_{hév}, \text{ kWh/év} = (\tau_x, \text{ nap/év} + x/2 \text{ nap/év}) (Q_h / Q_{fm} - 0,25) \cdot Q_{fm}, \text{ kW} \cdot 24 \text{ h/nap}.$$

Mindösszesen megtakarítható évente $Q_{hév} = Q^a_{hév} + Q^b_{hév}$.

3. A rendelkezésre álló hulladékhő, Q_h több mint $0,74 Q_{fm}$, azaz, $Q_h \geq 0,74 Q_{fm}$.

Ez esetben a várható megtakarítást a $Q_{hév}, \text{ kWh/év} = 0,52 Q_{fm}, \text{ kW} \cdot 180 \text{ nap/év} \cdot 24 \text{ h/nap}$ összefüggéssel számoljuk.

Példa:

Tételezzük fel, hogy a hasznosítható hőteljesítmény $Q_h = 140 \text{ kW}$. Tételezzük fel továbbá, hogy az átlagos HMV igény, a hőszükséglet 8 %-a, $Q_{H MV} = 0,08 Q_{fm}$. A HMV átlagos igény kihasználási óraszámát $\tau_{mr} = 8000 \text{ h/év}$ -nek tekintjük.

Legyen a hulladékhő hasznosítására rendelkezésre álló fűtési rendszer hőszükséglete,

$$Q_{fm} = 400 \text{ kW}, \text{ a hozzá tartozó HMV hőigény, } Q_{HMV} = 0,08 \cdot 400 = 32 \text{ kW}.$$

Mivel $Q_h \geq Q_{HMV}$, a HMV melegítésre hasznosítható hő

$$Q^1_m = Q_{HMV} \tau_{mr} = 32 \cdot 8000 \approx 256\,000 \text{ kWh/év}.$$

A HMV melegítést előnyben részesítve a hasznosítható hőből a fűtésre $Q_{hf} = 140 - 32 = 108 \text{ kW}$ marad. Ezzel $q = Q_{hf}/Q_{fm} = 108/400 = 0,27$.

Mivel az arány nagyobb mint 0,25, a fűtésre hasznosítható részt két lépésben határozzuk meg.

$$Q^{a}_{hév} = 0,25 \cdot 400, \text{ kW} \cdot 180 \text{ nap/év} \cdot 24 \text{ h/nap} \approx 432\,000 \text{ kWh/év}$$

$$Q^{b}_{hév} = (173 + 7/2) (0,27 - 0,25) \cdot 400 \cdot 24 = 33\,880 \text{ kWh/év}$$

$$Q_{hév} = Q^{a}_{hév} + Q^{b}_{hév} = 466\,000 \text{ kWh/év}$$

A HMV melegítésre és a fűtésre hasznosítható hő, azaz a várható megtakarítás együtt

$$\Sigma Q_{hév} = 256\,000 + 466\,000 \approx 722\,000 \text{ kWh/év}.$$

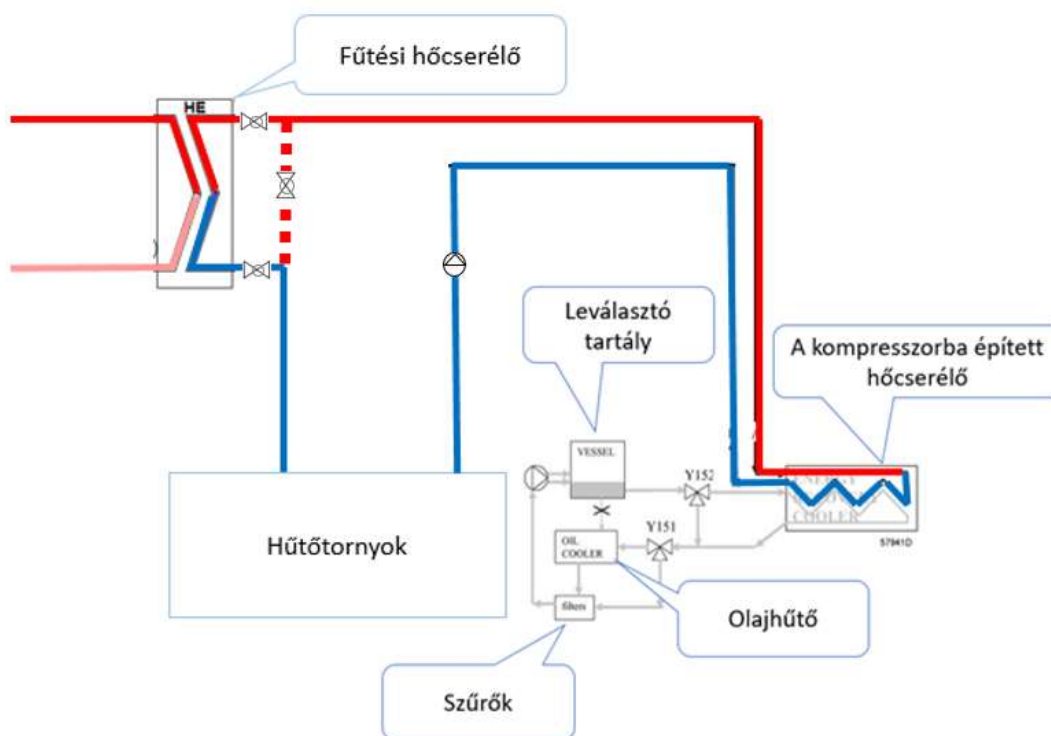
2.6. Kompresszor hulladékhőjének hasznosítás HMV melegítésre

A következőkben egy gyakorlati példát mutatunk be a kompresszorok hulladékhő hasznosítására.

Egy gyár telephelyén a gyártósorok sűrített levegő igényeit 5 darab vízhűtésű, csavarkompresszor elégíti ki 7 bar nyomásra komprimálva. A sűrített levegő utókezeléséről 3 darab hűtve szárító berendezés és az olaj-levegő szűrők gondoskodnak. A kompresszorok nyitott hűtőkörrel rendelkeznek. A kompresszorokon keresztül áramló, felmelegedett közeg nyitott rendszerű hűtőtornyokon keresztül hűl vissza.

A kompressziós hő nagy részét az olajrendszer veszi fel. A gyár hővisszanyerő rendszerét úgy tervezték, hogy a hőt meleg víz formájában ki lehessen nyerni anélkül, hogy ez befolyásolná a kompresszor teljesítményét. Az olajba jutott energia visszanyerése érdekében az olajhűtő elé hőcserélőt illesztettek alapesetben (39.ábra). Jelenleg a hasznosítható hő egy részét igény esetén a fűtési rendszerbe táplálja. A

fűtési rendszerben a visszatérő hőmérséklet alacsonyabb, mint az olaj hőmérséklete. Megállapítottuk, hogy a kompresszorok hulladékhőjét a telephelyen HMV előállításra is lehetne alkalmazni, mert az adott gyárban szinte folyamatos a HMV igény, az eltolt műszakoknak, és a napi 24 órás üzemeltetésének köszönhetően.



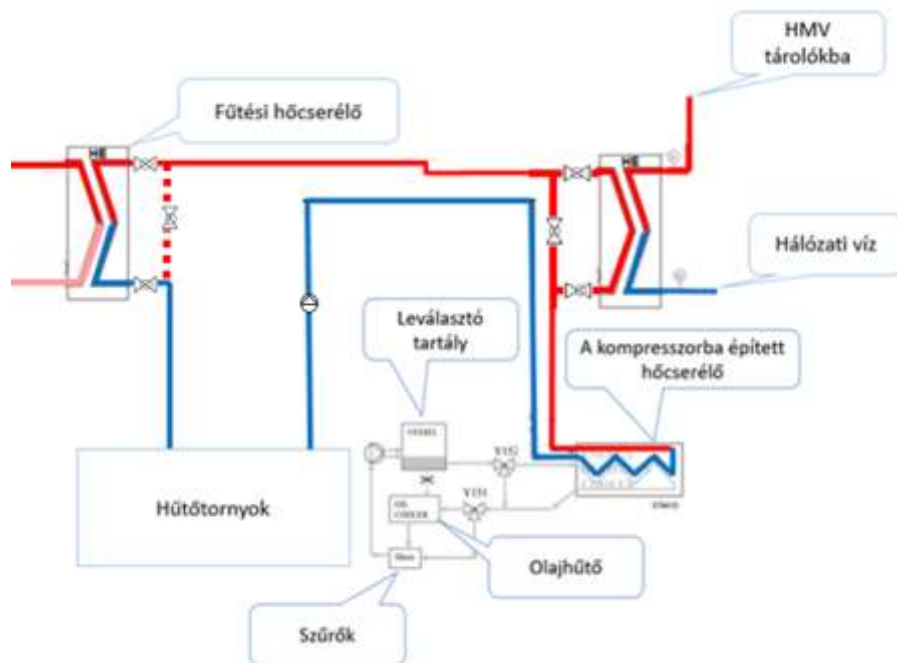
39. ábra Az alaphelyzet, - a korszerűsítés előtti állapot

A fenti ábra azt az alaphelyzetet mutatja, amikor a hőcserélő a fűtési rendszerre van kötve. Mivel nincs technológia földgázhasználat a földgázt csak fűtésre a kazánok használják. A fűtési idényben a HMV igény kielégítése is földgázzal történik, de a fűtési idényen kívül a HMV tárolókba illesztett villamos fűtőpatronnal történik. Ennek kiváltását lehetne a hulladékhővel megoldani.

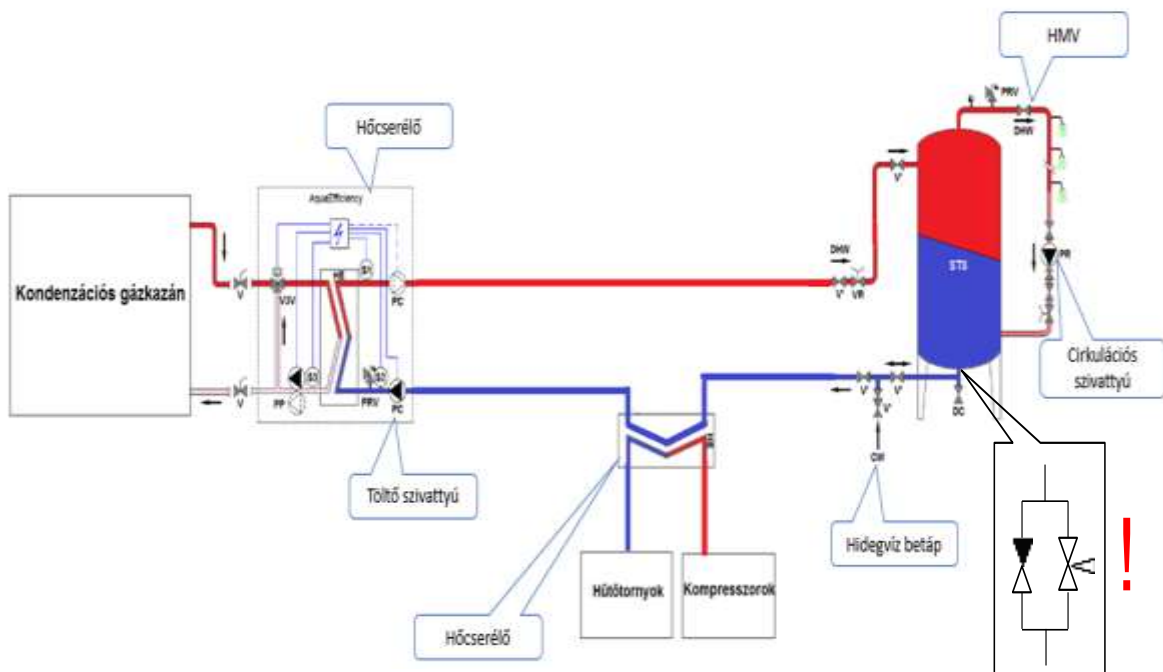
Ehhez a fűtési hőcserélő elé, egy plusz hőcserélőt kell beépíteni, (40. és 41. ábra) amely segítségével a kompresszor hulladékhője a fűtési idényen kívül a HMV termelésre fordítódik. Ezzel a kis módosítással a kompresszorok hulladékhőjének nagy részét nem kell a hűtőtoronyra vezetni, a hasznosított része villamosenergia megtakarítást eredményez.

Ezen példa segítségével reméljük sikerült az olvasó elé tárni nem csak az elméleti hulladékhő hasznosítás lehetőségét kompresszorok esetén, de egy gyakorlatias

példán is bemutattuk, hogy milyen lehetőségekre kell odafigyelni a hasznosítás során, ha hasonló helyzettel találkozunk.



40. ábra A felújítási javaslat kompresszor hulladékhőhasznosításra (1)



41. ábra A felújítási javaslat kompresszor hulladékhőhasznosításra (2)

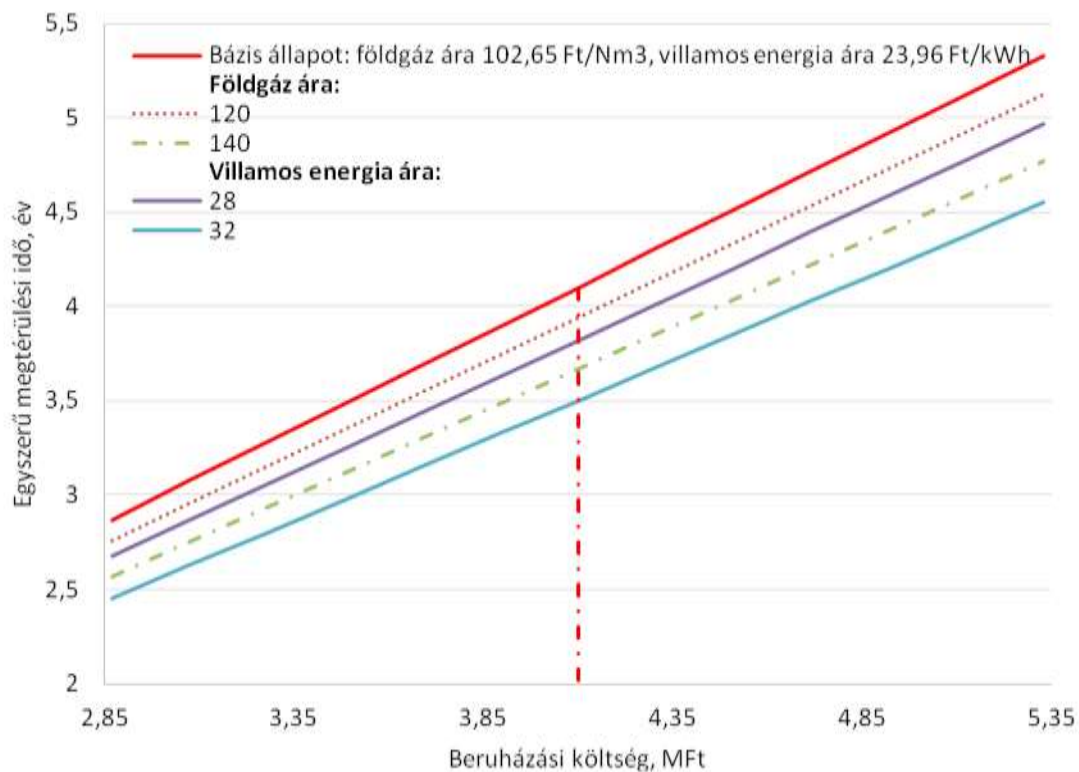
2.7. A javaslat gazdasági elemzése

A javasolt intézkedés várható hatása és eredménye a következő megfontolások alapján határoztuk meg:

A várható megtakarítás ~ 1 Mft/év.

A rendszerbe a javaslat szerint két új fő berendezés kerülne beépítésre, melynek költsége a beépítési díjjal együtt **4 100 000 Ft**.

Ezekkel az értékekkel az egyszerű megtérülési időt a vizsgálat idején aktuális földgáz és villamosenergia és további feltételezett árakkal a 42. ábra szemlélteti.

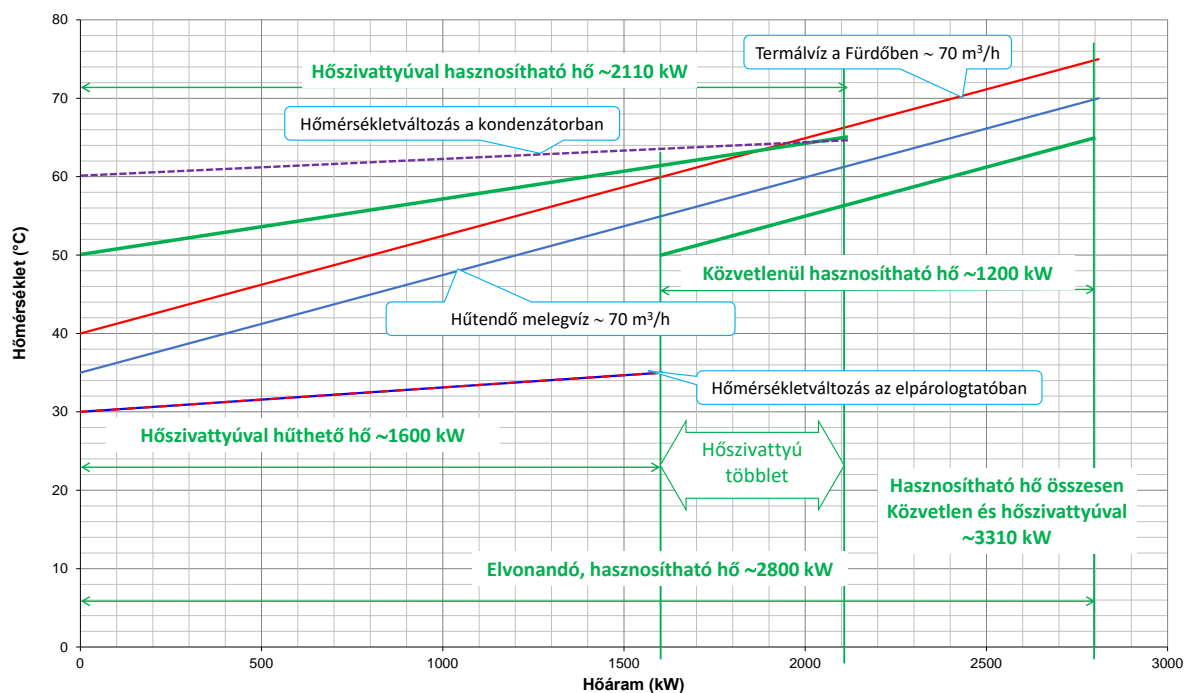


42. ábra Az egyszerű megtérülési idő változása a beruházási költség, és az energiaárak függvényében

Ha annak idején nem valósították meg a hőhasznosítást, a növekvő energiaárak a döntéshozókat bizonyára meggondolásra ösztönzik.

4. Hulladékhő hasznosítása hőszivattyúval

A következőkben a hőszivattyúval történő hulladékhőhasznosítást mutatjuk be termálvíz hőjének hasznosítása kapcsán. A meleg termálvíz hőjét nyáron a távhőhálózatba tápláljuk. Legyen a 75 °C hőmérsékletű termálvízzel felmelegített lágyított víz hőmérséklete 70 °C, (42. és 43. ábra). Ezt a vizet kell nekünk 35 °C-ra lehűteni, hogy vele a fentebb hivatkozott hőcserélővel a termálvíz a medencékbe engedhető hőmérsékletűre legyen hűthető. A termálvíz térfogatárama a kúthozammal megegyező 70 m³/h. Ezáltal adott a melegáram, (a 42. ábrán a piros vonal), ami azt mutatja, hogy 2800 kW hő áll rendelkezésre, ill. ennyit kell hűtéssel elvonni. A termálvíz hasznosításra rendelkezésre álló hőjéből 1200 kW a visszatérő víz felmelegítésével hasznosítható, további 1600 kW hő elvonásáról gondoskodni kell. Illetve meg kell vizsgálni a további hasznosítási lehetőséget. Nyáron a hőszolgáltató rendszerében a visszatérő víz hőmérséklete ~50 °C. Ezt kellene 60 °C hőmérsékletűre emelni. A melegítésére hőszivattyúkkal elvileg a hűtéssel elvonandó maradék, 1600 kW teljesítményű elvonandó hő hasznosítható.



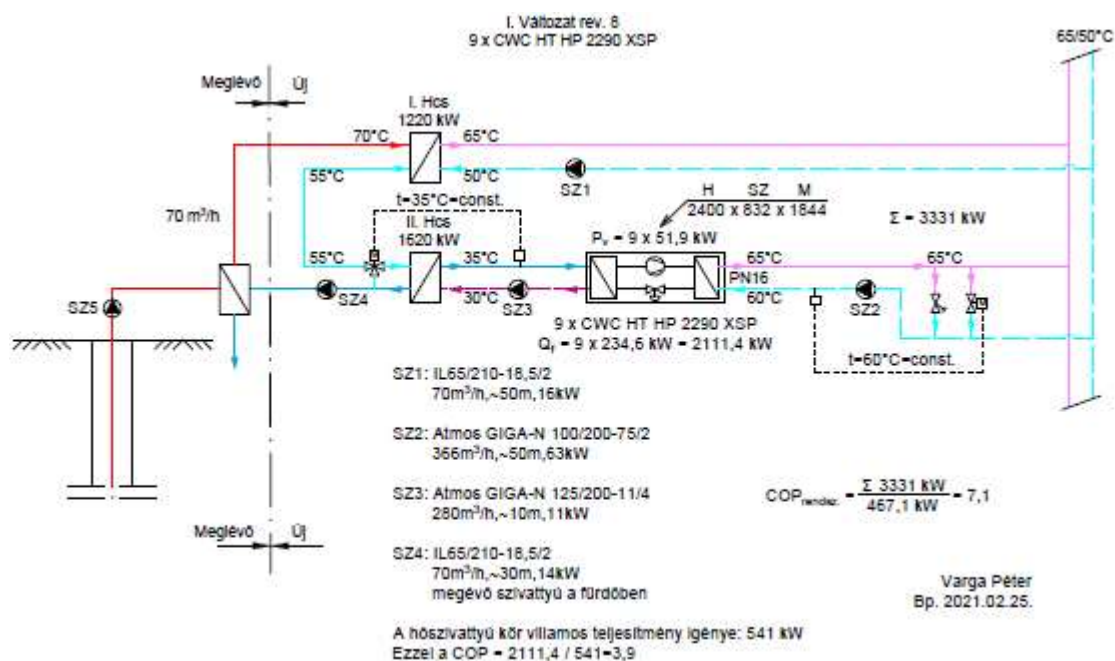
42. ábra A hőszivattyúval hasznosítható szemléltetése t – Q diagramon

A termálvizet elsőként egy hőcserélőn vezetjük át, ahol a távhővezeték 50 °C-ról 65 °C-ra melegszik fel és a termálvíz első körben lehűl 70 °C-ról 55 °C-ra. Az 55 °C-os vízzel közvetlen nem tudjuk melegíteni a távhővezetéket ezért hőszivattyút kell beépíteni. A hőszivattyú esetében biztosítani kell mind az elpárologtatóban, mind a kondenzátorban az előírt hőmérsékletet. Az általunk elemzett hőszivattyú esetén az elpárologtatóba belépő víz előírt hőmérséklete 35 °C, (ez esetben a kilépő 30 °C lesz).

Az elpárologtatóban keringtetett víz lesz a 42. ábrán látható t-Q diagramon a h₂ jelű hidegáram.

A diagramon, mint hasznos hő, ábrázoltuk a kondenzátor hőteljesítményét is. Tekintettel arra, hogy a kiválasztott típusú szivattyúnál ez is adott, a már felmelegített vízzel a távhő rendszer visszatérő vizét a hőszivattyúval felmelegített víz visszakeveréssel kell az előírt hőmérsékletűre melegíteni.

70 m³/h folyamatosan rendelkezésre álló melegáram hőjének hasznosításhoz 9 db hőszivattyúból álló blokkot állítottunk össze (43. ábra).



43. ábra A hőszivattyús blokk egyszerűsített kapcsolási vázlata

A 9 db hőszivattyúból álló blokk előnye, hogy a már meglevő berendezések mellé jobban beilleszthetők. Ha egy blokkban kerülne összeállításra a hőszivattyúk hely és villamosenergia igénye a 44. ábrán látható.

A 9 db hőszivattyú
helyigénye: $\sim 20 \times 4,5 \times 5$ m
villamosteljesítmény igénye: ~ 500 kW



44. ábra A hulladékhő hasznosítására szánt hőszivattyúk hely és villamosenergia igénye

5. Összefoglalás

Amint a bemutatott példákból látható, a hulladékhő hasznosítás elemzésére ismertetett szűkületi, vagy a magyar irodalomban is használt pinch pont technika az összetett vegyi folyamatok és az egyszerűbb megoldások elemzésére alkalmazható.

Összetettebb feladatnak tekinthető az elméleti részben tárgyalt két reaktoros folyamat elemzése, egyszerűbbnek a kompresszor hulladék hőjének hasznosítása és a hőszivattyú alkalmazása. Ez utóbbi mintául szolgálhat egyéb, a szennyvíztelepeken a példában bemutatottnál alacsonyabb hőmérsékleten rendelkezésre álló hulladékhő hasznosításának elemzésére is. Ez esetben azonban különös feladatot igényel az annak feltárása, hová helyezhető el a hőszivattyúval gazdasági okok miatt viszonylag alacsony hőmérsékletre felmelegíthető hő.

6. Irodalomjegyzék

- [1] Zsebik A.: Energiaveszteség-feltáró tanulmányok. JOMUTI Kft. Budapest, 2016.
- [2] Zsebik A.: LIFE17 IPE/HU/000017 Projektazonosító számú tanulmány. JOMUTI Kft. Budapest, 2021.
- [3] Zsebik A. - Novák D. - Papp Á: Hulladékhő hasznosítás. Oktatási segédanyag. Budapest, 2020.
- [4] L. March.: "Introduction to Pinch Technology," 1998.
- [5] J. D. Kumana.: "Pinch analysis for process energy optimization," Energy Engineering: Journal of the Association of Energy Engineering, vol. 99, no. 4, pp. 18–41, 2002
- [6] H. Jouhara, N. Khordehgah, S. Almahmoud, B. Delpech, A. Chauhan, and S. A. Tassou, "Waste heat recovery technologies and applications," Thermal Science and Engineering Progress, vol. 6. Elsevier Ltd, pp. 268–289, Jun. 01, 2018
- [7] S. Brückner, S. Liu, L. Miró, M. Radspieler, L. F. Cabeza, and E. Lävemann, "Industrial waste heat recovery technologies: An economic analysis of heat transformation technologies," Applied Energy, vol. 151, pp. 157–167, Aug. 2015
- [8] B. Linnhoff and J. R. Flower, "Synthesis of heat exchanger networks: I. Systematic generation of energy optimal networks," AIChE Journal, vol. 24, no. 4, pp. 633–642, Jul. 1978

A sorozat keretében eddig megjelent kiadványok

2017.

1.	NÉMETH András, MILÁVECH Richárd	Iparban használatos vízminőségek
2.	DR. SZILÁGYI Zsombor, DR. SZUNYOG István	Mérések a gáziparban
3.	DR. BARNÁ Lajos, EÖRDÖGHÉ DR. MIKLÓS Mária, DR. SZÁNTHÓ Zoltán, DR. BALLA József	A biztonságos ivóvízellátás megteremtésének tervezési eszközei
4.	BORBÁS Lajos Dr.	Felépítés elvű (additív) gyártástechnológiák a gépészetben
5.	BERENCSI Miklós, BERECHY Ákos, HORVÁTH László, KOVÁCS Gergely, MIHÁLFY Krisztina	Kerékpárosbarát közlekedéstervezés
6.	TÜDŐS Tibor, DR. VARJÚ György, DR. PETRI Kornél, GÁBOR András	A csillagpontkezelés legújabb külföldi és hazai eredményei (Útmutató és tervezési segédlet)
7.	DR. GARBAI László, DR. JASPER Andor, VÁRADI András	Fűtési és használati melegvíz-igények kockázati elvű méretezése példákkal
8.	KÁDI Ottó, DOHÁNY Máté, JÓZSA Bálint, LÁSZLÓ Csaba Tibor, JAKKEL Ottó	A közúti vasutak (villamos) tervezésével kapcsolatos kézikönyv

2018.

9.	BLAZSOVSZKY László	A gázfogyasztó készülékek égéstermék elvezetésével kapcsolatos szabályozások hiányosságai és ellentmondásai
10.	CSORDÁS Szilveszter, FORGÁCS Lajos Dr., PÓLYA Endre ifj., RÉV Zoltán, UDVARDY Péter	Orvostechnológiai továbbképzés ismeretanyaga
11.	NÁDASDY Tamás, EGYHÁZY Zita, KOVÁCS Ákos Sándor, SZECSŐ Dániel Géza	A közúti biztonsági audit (KBA) jelentések elkészítésének alkalmazási segédlete – A közúti infrastruktúra közlekedésbiztonsági kezeléséről szóló jogszabályhoz és útügyi műszaki előíráshoz kapcsolódó értelmezési, kidolgozási és elfogadtatási javaslatrendszer
12.	DR. SZILÁGYI Zsombor, HORÁNSZKY Beáta	Földgáz kereskedelem (mérnöki segédlet)
13.	DR. SZILÁGYI Zsombor	Az energiahordozók jövője – kőolaj, földgáz, megújulók
14.	S. VÍGH Judit, DOHÁNY Máté	Magános közlekedők baleseti súlyosságának csökkentése mobil applikáció segítségével
15.	DR. BALIKÓ Sándor, DR. CSÜRÖK Tibor, NOVÁK Dániel, ORBÁN Tibor, DR. ZSEBIK Albin	Ötletlapok I. – Energiahatékonyság növelő ötletek egyszerű energetikai és gazdasági számításai
16.	DARABOS Zoltán, KOLTAI Henrik, SZABÓ Tamás, SZÁSZ Béla, VAJDA Sándor	Felvonók felújítása és átalakítása – Műszaki segédlet
17.	TÜDŐS Tibor, KRUPPA Attila	Alapozásföldelők új tervezési elvei és kivitelezési módszerei – Tervezési segédlet és kivitelezési útmutató
18.	FENYVESI Zsolt	Tűzvédelmi tervek tartalmi szabályainak átdolgozása
19.	GÁBORI László Dr., BEINSCHRÓTH	Nagyméretű informatikai beruházásoknál

	József Dr., NÓGRÁDI Gábor, RÁTKAY Tamás	(fejlesztéseknél) ajánlott szoftveroldali tervdokumentációk tartalmi elemeinek meghatározása (I. – II. kötet)
20.	DR. DIVÓS Ferenc	Az élő fák stabilitása – mérnöki megközelítés – Élő fák, mint teherhordó faszerkezetek
21.	DR. KARÁCSONYI Zsolt	Faanyagok tartós szilárdsága
22.	BARNA Lajos Dr., ERDEI István, JASPER Andor Dr., TAKÁCS Gyula	Segédlet épületek csatorna-berendezéseinek tervezéséhez
23.	ANTÓK Péter István, FÜZÉR Ferenc, SÁRKÖZI András	Fényvezető kábelszakaszok műszaki-minőségi ajánlás gyűjteménye
24.	JANCSÓ Béla, DR. KULCSÁR Alexandra, NÉMETH Gábor, DR. VÍMI Zoltán, DÉRI Lajos, SZIMANDEL Dezső	Vízjogi engedélyezési eljárással kapcsolatos dokumentációk és engedélyeztetéssel kapcsolatos követelmények a 2018.01.01-én hatályba lépett 41/2017. (XII.29.) BM rendelet alapján
25.	DR. TAKÁCS Bence, DR. SIKI Zoltán, DR. ÉGETŐ Csaba, BÉNYI László	Mérnökgeodéziában alkalmazott alapponthálózatok – A jó gyakorlat bemutatása mintapéldákkal
26.	DR. MÓCZÁR Balázs, LAUFER Imre, TÓTH Gergő, WOLF Ákos	Korszerű támszerkezetek tervezése
27.	HALÁSZ Györgyné Dr., CSERVENYÁK Gábor, TUCZAI Attila, VIRÁG Zoltán	Különböző funkciójú épületek klímatechnikája II.
28.	KÁDI Ottó, JÓZSA Bálint	Kerékpáros balesetek létesítmények szerinti vizsgálata
29.	GARBAI László Dr., JASPER Andor Dr., PELLER József Bendegúz	Hőteljesítményátviteli tényező alkalmazása távhőrendszerek optimális szabályozásának modelljében
30.	GARBAI László Dr., SÁNTA Róber Dr., JASPER Andor Dr.	A kompresszoros hőszivattyúk optimalizálása – Tervezés és üzemeltetés
31.	LADÁNYI Gábor Dr.	Diagnosztika a karbantartásban
32.	MÉSZÁROS János, MOLNÁR Tibor, RITZL András	KIÜRÍTÉSI ÉS MENEKÜLÉSI ÚTVONALBA ÉPÍTETT AJTÓK tervezési segédlet (2018)
2019.		
33.	BLAZSOVSZKY László	Földgáz elosztóvezetékek üzemeltetése
34.	DR. SZILÁGYI Zsombor	A megújuló energiahordozók jövője Magyarországon
35.	FORGÁCS Lajos Dr., HAIDEGGER Tamás Dr., PÓLYA Endre ifj.	Új fejlesztések, innovatív megoldások az orvostechológia terén
36.	VARRÓ Beáta, DR. KIS András	Magyarországon előforduló, épületekbe beépített faanyagokat károsító gombák vizsgálata és azonosítása DNS diagnosztikával
37.	MANNINGER Marcell, SZEPESHÁZI Attila, SCHEURING Ferenc, MOLNÁR György	Munkatér határoló szerkezetek
38.	KORSÓS András, RÁDULY Zsolt	A közterületi és belterületi térfigyelő kamerarendszerek tervezési irányelvei
39.	GERGELY Edit, DR. BEZEGH András	Módszertani útmutató az üvegházhatású gázok közvetlen és közvetett kibocsátásának számítására
40.	DR. BEZEGH András, BITE Pálné Dr.,	Városi környezetvédelem (Fenntartható és okos városok)

GERGELY Edit

- | | | |
|-----|---|---|
| 41. | GÓDOR Balázs, DR. KÁSA László, SZÉKELY Bence | Híddaruk méretezési segédlete (2019.) |
| 42. | FÜRJES Andor Tamás, KOTSCHY András, NAGY Attila Balázs, CSOTT Róbert | Teremakusztikai méretezés gyakran előforduló szituációkban |
| 43. | DR. KARÁCSONYI Zsolt | Faanyagok tartós szilárdsága
Faanyagok szilárdságának változása az idő függvényében |
| 44. | DR. BALIKÓ Sándor, ORBÁN Tibor, VARGA Péter, DR. ZSEBIK Albin | Ötletlapok II. – Energiahatékonyság növelő ötletek egyszerű energetikai és gazdasági számításai |
| 45. | PRIMUSZ Péter, PhD. | Hajlékony útpályaszerkezetek méretezése talajstabilizációk figyelembevételével |
| 46. | NÉMETH Balázs, HÁMORI Sándor, KOSTYÁK Attila, VÍGH Gellért | Különböző funkciójú épületek klímatechnikája III.
Segédlet ipari épületek lég- és klímatechnikai rendszereinek tervezése |
| 47. | JANCSÓ Béla, KAVECZKI Gergely, KÓCZÁN Gábor, LABORCZI Tamás, KNOLMÁR Marcell, RAUM László | Csapadékvízgazdálkodás tervezési követelményei
Hogyan tervezzünk városi csapadékelvezető rendszereket |
| 48. | DOHÁNY Máté, SCHVANNER Norbert | Kerékpárosok sebességének felülvizsgálata jelzőlámpás csomópontokban |
| 49. | JÓZSA Bálint, S. VÍGH Judit | Sebességcsökkentés hatásainak vizsgálata gyorsforgalmi utakon |
| 50. | DR. ZSEBIK Albin, NOVÁK Dániel | Projektlapok I. – Energiahatékonyság növelő javaslatok projektlapjai |
| 51. | DR. MÓGA István | Beruházási projektek szabályozási és szabvány környezete, Tervezési követelmények meghatározása |
| 52. | DR. GÁBORI László, DR. BEINSCHRÓTH József, NÓGRÁDI Gábor, RÁTKAY Tamás | Informatikai Tervező szakmai minősítő rendszere (Informatikai szakmai terület illesztése a Mérnök Kamarai működési rendbe és rendszerekbe)
I. kötet: Konceptió és modell
II. kötet: Modell illesztése
III. kötet: Tudástár |
| 53. | VIRÁG Zoltán, GYURKOVICS Zoltán, SZAKÁL Szilárd, VIRÁG Zsolt, ORCSI Attila | Országos Tűzvédelmi Szabályzat épületgépész értelmezése a szakmai gyakorlatban
Segédlet a gyakorló épületgépész mérnökök számára I. |
- 2020.**
-
- | | | |
|-----|-------------------------------|---|
| 54. | DR. KISS Jenő, CSERMELY Gábor | JAVASLAT az egyszerű bejelentésű lakóépület megvalósításának – tervezés építés – módszerére |
| 55. | DR. SZILÁGYI Zsombor | A hidrogén a környezetbarát energiahordozó, Hidrogén az energetikában |

- | | | |
|-----|---|---|
| 56. | VARGA Tamás, DR. SZEDENIK Norbert, DR. KOVÁCS Károly, KRUPPA Attila, KULCSÁR Lajos, KAPITOR György, TURI Ádám | A nem norma szerinti villámvédelem egységes műszaki követelményrendszerének kialakítása és javaslat a teljes villámvédelmi szabályrendszer jövőbeli egységesítésére |
| 57. | KÁDI Ottó | A gyalogsközlekedés közúti keresztezései |
| 58. | MOLNÁR Szabolcs | „Hulladékból konnektorba” A települési szilárd hulladék energetikai hasznosításának lehetőségei |
| 59. | VÁRDAI Attila | Segédlet szabadidős létesítmények tartószerkezeti tervezéséhez |
| 60. | DR. BEJÓ László | Szénlábnyom-elemzés készítése a faiparban |
| 61. | JANCSÓ Béla, NÉMETH Gábor, SZIMANDEL Dezső | Szakmai útmutató vízilétesítmény tervezők számára a 2020 január 1-én hatályba lépett „VIZEK keretrendszer” használatához |
| 62. | FELLEGI Zsóka, KARAFI Balázs, KOCH Edina, KOVÁCS Gábor, MURINKÓ Gergő, TÓTH Gergely József | Munkagödörök és földművek víztelenítése |
| 63. | HOLÉCZY Ernő, OLÁH Róbert, DR. SIKI Zoltán, DR. TAKÁCS Bence, DR. TÓTH Zoltán, VARGA Tibor | Módszertani útmutató az elavult ingatlan-nyilvántartási térképek korszerű technológiákkal végzett felújításához |
| 64. | DR. GÁBORI László, DR. MOLNÁR Bálint, NÓGRÁDI Gábor, RÁTKAY Tamás | Az Informatikai Tervező tervezési segédlete |
| 65. | NÁDASDY Tamás, TOMASCHEK Tamás, PALÁSTY István, SZECSŐ Dániel Géza | Dinamikus forgalomirányítás tervezői segédlete gyorsforgalmi úthálózat esetén |
| 66. | LENGYEL István | Szakmai útmutató szolgalmi jogok alapításához (mérnöki segédlet) |
| 67. | NÉMETH Balázs, SZLOVÁK Krisztián, VÍGH Gellért | Épületgépészeti tervezéshez praktikus, gyakorlati adatbázis |
| 68. | FÜRJES Andor Tamás, BORSINÉ Arató Éva, NAGY Attila Balázs, ILLYÉS László, BORSI Gergely | Teremakusztikai méretezés gyakran előforduló szituációkban (példatár) |
| 69. | DR. BORBÁS Lajos, GONDA Zoltán | Optikai feszültségvizsgálat – Kísérleti eljárás a konstrukció fejlesztésére, szerkezetek anyagfelhasználásának és teherviselésének optimalizálására |

2021.

- | | | |
|-----|---|---|
| 70. | BLAZSOVSZKY László | A gázipar és a kéményseprő-ipar határterületeinek szabályozási anomáliái a szakmagyakorlók és a felhasználók szemszögéből |
| 71. | FORGÁCS Lajos Dr., NAGY Gábor, RÉV Zoltán | Kórháztervezés új szempontjai a 21. században - Korszerű kórházak infrastrukturális egységei |
| 72. | HOLÉCZY Ernő, KISS Albert Miklós, KOVÁCS István, Dr. TAKÁCS Bence Géza, Dr. TÓTH Zoltán | M.2.-2021. Mérnökgeodéziai tervezési segédlet |
| 73. | Dr. BEJÓ László | Az ipar 4.0 alkalmazási lehetőségei a faipar területén |
| 74. | BORBÉLY Dániel, HUDACSEK Péter, KARNER Balázs, KOVÁCS László, | Monitoring, a geotechnikai kockázatkezelés eszköze |

SÁNDOR Csaba

75. FELFÖLDI Krisztina, JÁMBOR András, TÓTH Sándor, BÜKI Gábor, GÓDOR Balázs Emelőgépek időszakos vizsgálatának eljárásrendje
76. GYURKOVICS Zoltán, RÉBAY Lajos, NAGY Bernát Szakmai útmutató az épületgépész felelős műszaki vezetők és műszaki ellenőrök számára
77. Dr. ZSEBIK Albin, NOVÁK Dániel, PAPP Ábrahám Hulladék hő hasznosítás - hűtés és fűtés összekapcsolása Segédlet az elemzéshez és gyakorlati példák bemutatása
78. CZINE Ferenc, HIRKÓ György Elektromos meghajtású mikromobilitási eszközök - Jellemző paraméterek
79. KALMÁR Tamás, dr. LÁNYI Péter, HÓZ Erzsébet Kerékpárút hálózatok vizsgálata a fejlesztések és úthasználók tapasztalatai alapján
80. VARGA Tamás, FARKAS Péter János, Dr. TOKODY Dániel, ZSARNOVSZKI Attila, MÉSZÁROS Tamás, VERESS Árpád Építményvillamossági tervezés robbanásveszélyes környezetben
81. Dr. VONA Márton, Dr. BALATONYI László, TÉCSŐY István Dombvidéki víz visszatartás, kisvízfolyások szabályozása természet közeli megoldásokkal Kisléptékű vízvisszatartás, kistelepülés-léptékű vízmegtartó megoldások
82. ZANATHY Valéria, BUZÁS Györgyi, TÓTH László Acélszerkezetek korrózió elleni védelme - Acélszerkezetek korrózió elleni védelmére vonatkozó szabványok, előírások, szakmai tapasztalatok összefoglalása
83. JÓZSA Bálint, DOHÁNY Máté DDI avagy a fordított gyémánt csomópontok vizsgálata és magyarországi alkalmazhatósága
84. SZÉPSZÓ Gabriella, ALLAGA-ZSEBEHÁZI Gabriella, LAKATOS Mónika, SZENTES Olivér, TAKSZ Lilla, SELMECZI János Pál, Dr. CZIRA Tamás, CSÓKA Gergely, BAKA György Éghajlatvédelmi vizsgálatok módszertana és az azt megalapozó adatbázisok alkalmazása
85. ZSIGMONDI András, MARIÁN Gábor, WÉBER László A műszaki egyenértékűség és helyettesítő termék egyenértékűségének megállapítási módjai
86. NAGY János, HORVÁTH Rita, KAPITOR György, MERTLI Ferenc, PAPP Ábrahám, SITKU György, Dr. ZSEBIK Albin Világítástechnika - segédlet az EKR dokumentáció készítéséhez - Alapismeretek és mintapéldák
87. CSENDES János, VELLER Tamás Épületautomatika - Összefüggésben az Energiahatékonysági Kötelezettségi Rendszerrel