# Module 4: KOMBINÁLT HŐ- ÉS HŰTÉSIENERGIA-TERMELÉS

SHaKE – Sharing Heat and Knowledge on Energy Communities
Erasmus+ KA220-HED Cooperation Partnerships in Higher Education
Developing institution: Universitat Jaume I de Castellón
Author: Dr. Adrián Mota-Babiloni and Ghad Alarnaot-Alarnaout
Date: May 2026
Version 1.1

SHaKE
Sharing Knowledge on Energy Communities



# INDEX

1. Kombinált hő- és hűtésienergia-termelés

1.1. Fűtési és hűtési alapelvek

1.2. Egyidejű fűtési és hűtési alkalmazások

1.3. Hőszivattyú- és folyadékhűtő-technológia

1.4. Korszerű hőszivattyús technológia egyidejű fűtési és hűtési energia termeléséhez

1.5. Hőszivattyúk integrálása, konfigurációk és hűtőközegek

1.6. Hulladékhő és megújuló hőforrások

1.7. Következtetések

2. Hűtési technológiák

2.1. Folyadékhűtők

2.2. Abszorpciós hűtőberendezések

# INDEX

2.3. Hőenergia-tárolás (TES)

2.4. Mechanikus hajtású és hőenergiával működtetett abszorpciós rendszerek kombinációja

2.5. Következtetések

3. Hűtőközegek

3.1. Bevezetés a hűtőközegek témakörébe

3.2. Történelem és fejlődés

3.3. Megnevezés és tulajdonság

3.4. Környezeti hatás

3.5. Jelenlegi hűtőközegek és alkalmazásaik

3.6. A hűtőközegek jövője

3.7. Következtetések

# INDEX

4. Gazdasági és környezeti vonatkozások

4.1. Bevezetés a gazdasági és környezetvédelmi szempontokba

4.2. Sűrűségigény

4.3. A távhűtés életképességének összehasonlítása más technológiákkal

4.4. A távhűtés környezeti hatásai

4.5. Távhűtési technológiák optimalizálása

4.6. Következtetések

5. Megvalósított projektek és esettanulmányok

5.1. Távfűtési és távhűtési hálózat – Barrio La Pinada (Valencia, Spanyolország)

5.2. Távfűtési és távhűtési hálózat – Barcelona (Spanyolország)

5.3. Távhűtési hálózat, hidegenergia-visszanyerés cseppfolyósított földgáz elpárologtatásából (Olaszország)

5.4. Következtetések

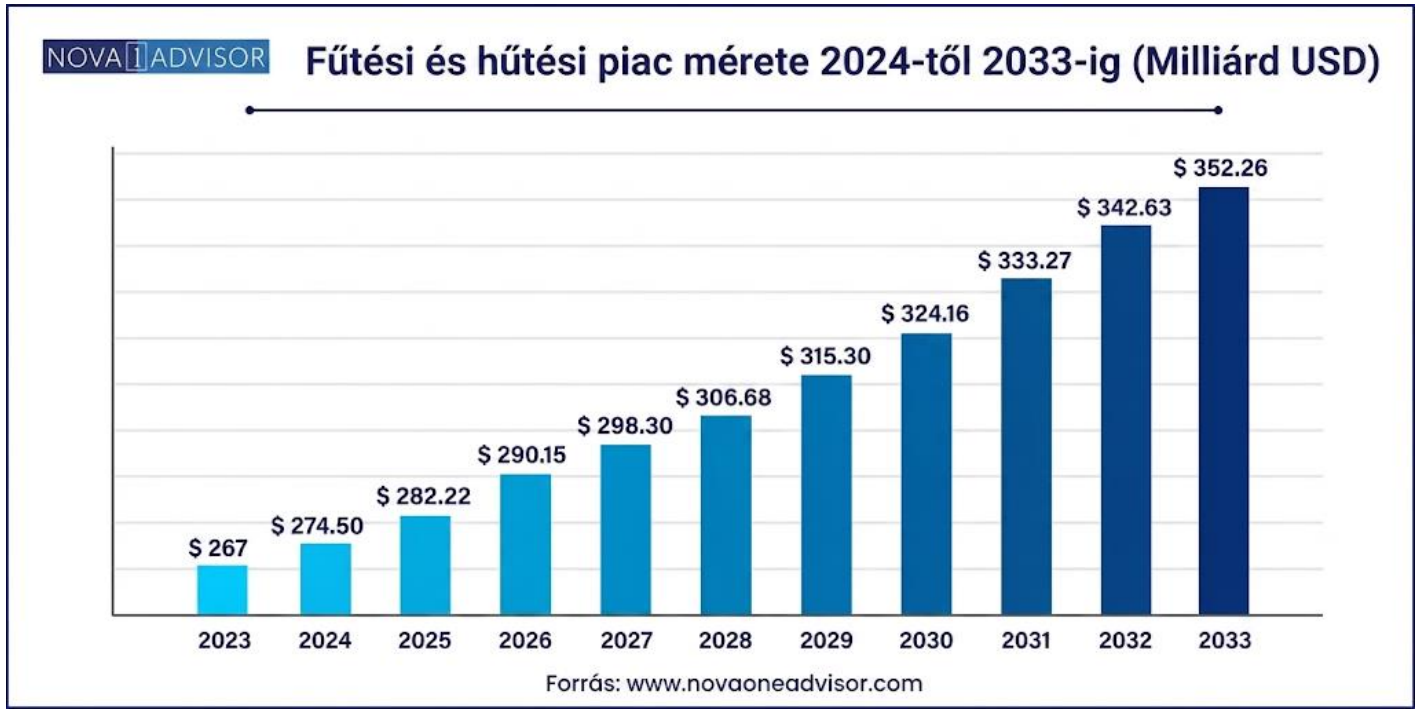
# 1. KOMBINÁLT HŐ- ÉS HŰTÉSIENERGIA-TERMELÉS



# 1.1. FŰTÉSI ÉS HŰTÉSI ALAPELVEK

**Bevezetés**

- A fűtés és a hűtés elengedhetetlen a kényelemhez télen és nyáron.
- Az épületek fűtésre van szükség a melegvíz szolgáltatáshoz, általában eltérő hőmérsékleten.
- A fűtés és hűtés legnagyobb fogyasztói az ipari szektorban találhatók.
- A hűtés kulcsfontosságú az élelmiszer-feldolgozásban, tárolásban és szállításban is.
- A hőmérséklet-igények nagyon eltérőek: a hűtés akár -150 °C-ig is elmehet, míg a fűtés akár 1000 °C-ig is elterjedhet.

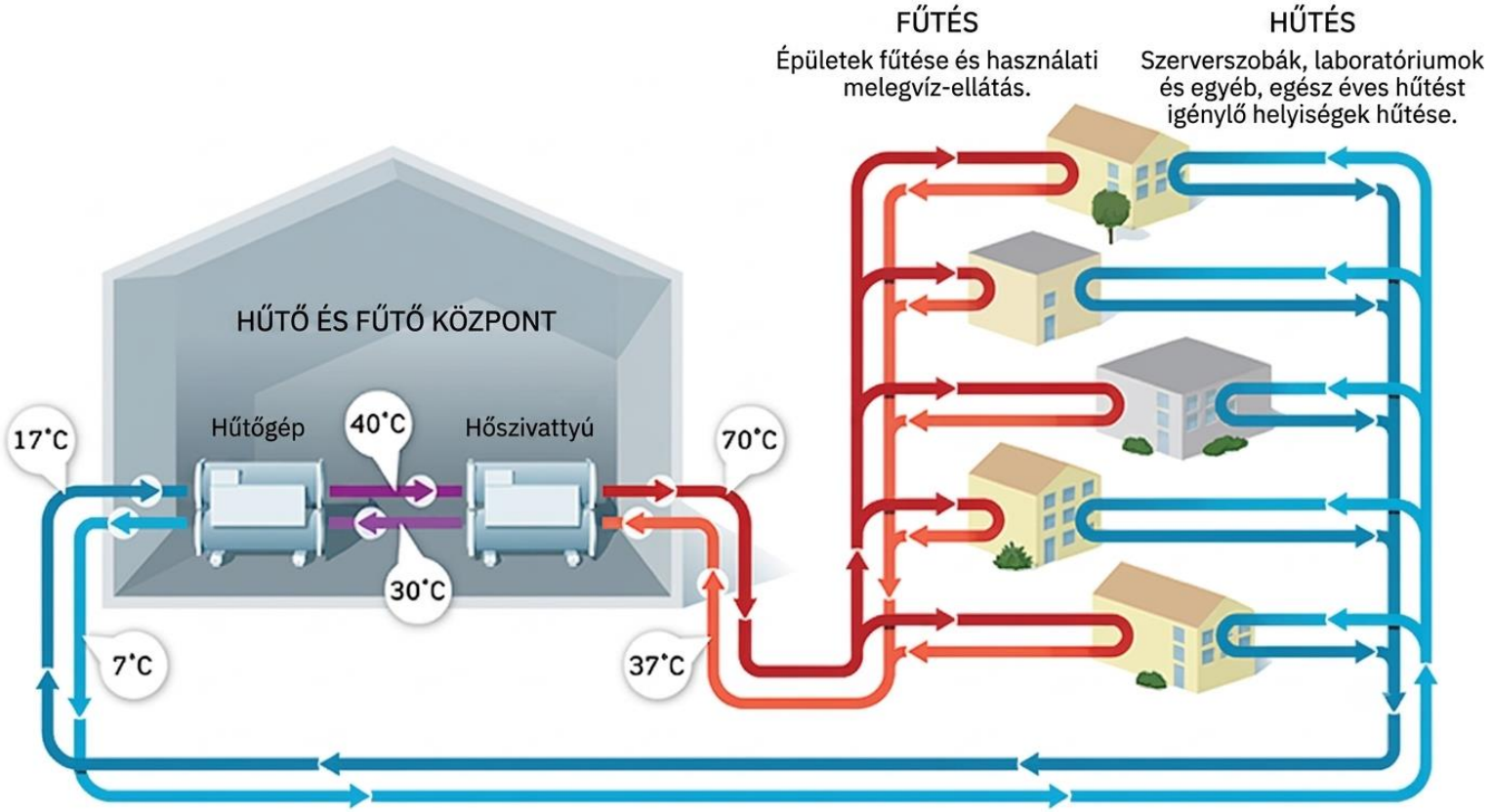



*Nova One Advisor. (n.d.). Heating and cooling market (By category: Heating and cooling; By application: Residential, Industrial, and Service) - Global industry analysis, size, share, growth, trends, regional outlook, and forecast 2024–2033. https://www.novaoneadvisor.com/report/heating-and-cooling-market*

# 1.1. FŰTÉSI ÉS HŰTÉSI ALAPELVEK

**Bevezetés**

- Kulcsfontosságú műszaki tényezők: tartósság, karbantartás, egyszerűség, méret és biztonság.
- A hatékonyság egyre fontosabbá válik költség- és környezeti okokból.
- A távfűtési és hűtési hálózatok javítják a hatékonyságot és a gazdasági teljesítményt.
- Hőt vagy hűtést a központi vagy elosztott forrásokból osztanak el.
- Ezek a hálózatok optimalizálják a hőszivattyúk és hűtő teljesítményét.
- Források vagy hőelnyelők előmelegítésére vagy előhűtésére használható.



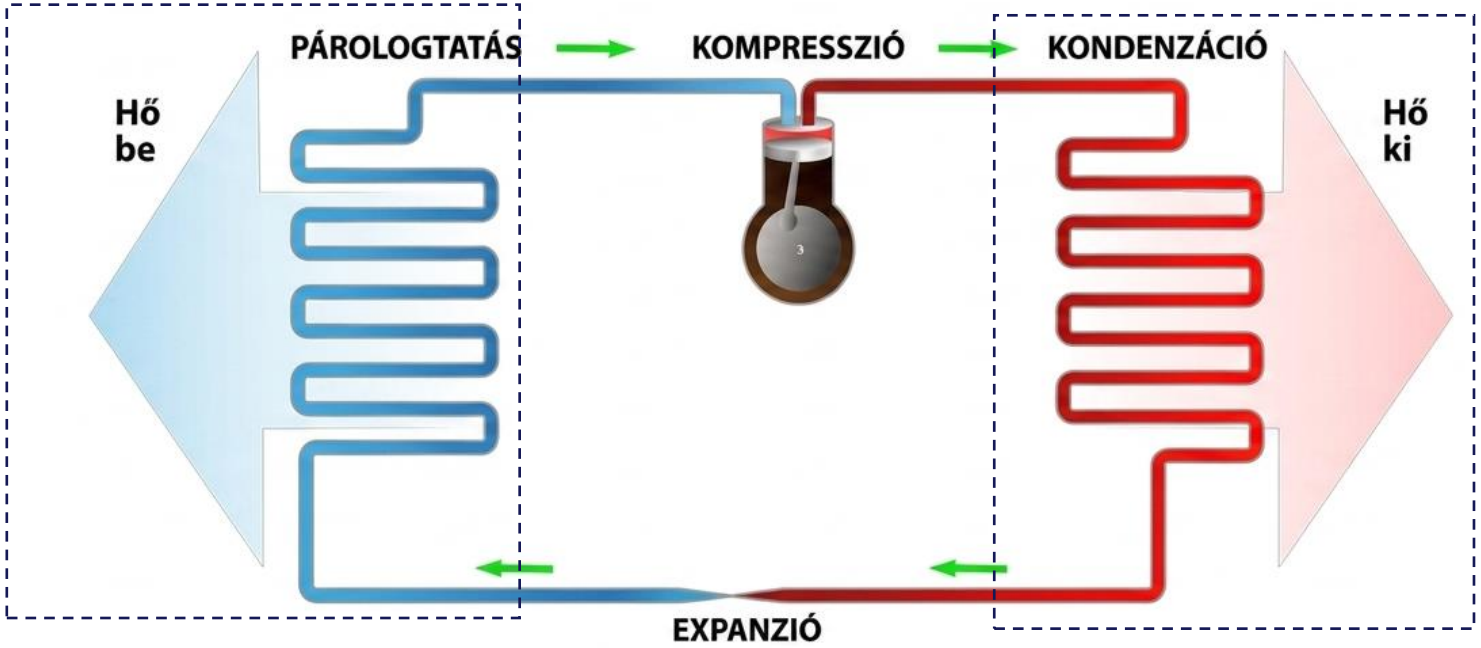

Távfűtés és távhűtés kapcsolata

*PDC Center for High Performance Computing. (n.d.). Heat re-use. KTH Royal Institute of Technology. https://www.pdc.kth.se/hpc-services/infrastructure/heat-re-use-1.737781*

# 1.1. FŰTÉSI ÉS HŰTÉSI ALAPELVEK

**Hőszivattyú működési típusa**

- Fűtés: Hőt von ki egy forrásból, és hasznos hőmérsékletre emeli azt
- Hűtés: Eltávolítja a nem kívánt hőt, és a környezet számára továbbítja azt.
- Egyidejű fűtés és hűtés: A hűtési folyamatokból származó hőt visszanyeri, hogy kielégítse a fűtési igényeket
- Előny: Maximalizálja az energiahatékonyságot azáltal, hogy hasznosítja azt a hőenergiát, amely egyébként kárba veszne.

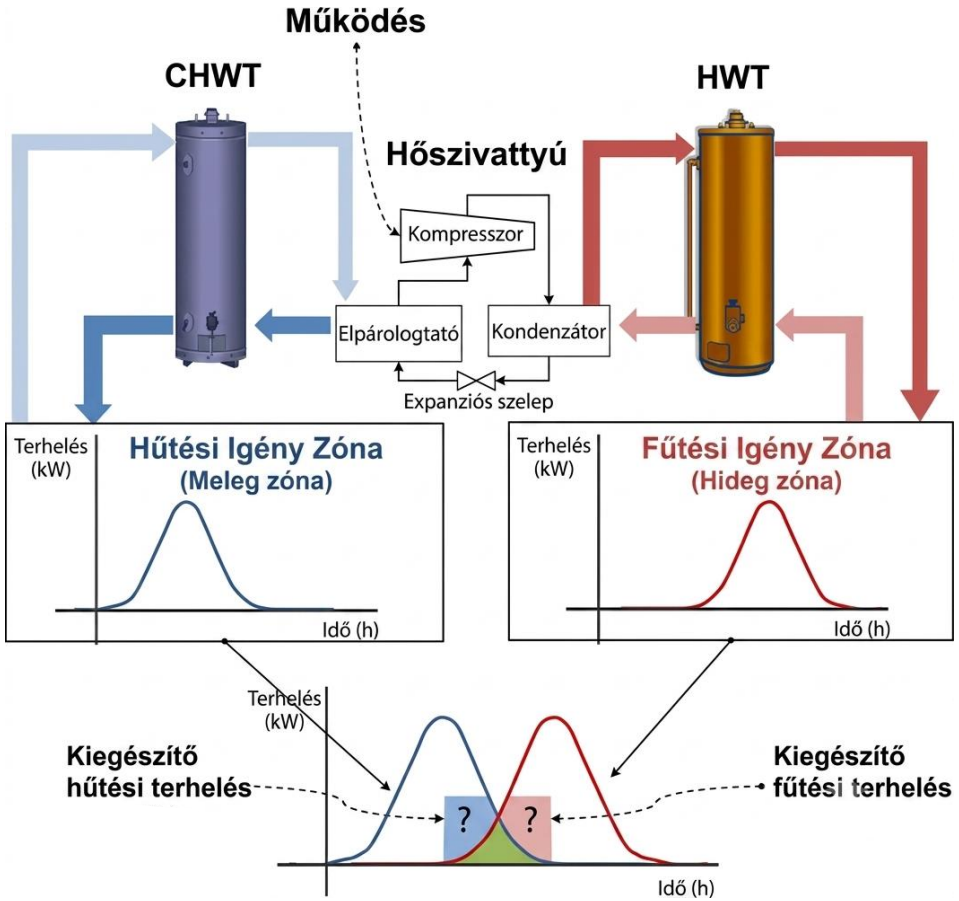



*SPRSUN. (n.d.). Simple diagram & operation of heat pumps: Pump up your heat pump knowledge. https://sprsunheatpump.com/Simple-Diagram-Operation-of-Heat-Pumps-Pump-up-Your-Heat-Pump-Knowledge-id41518747.html*

# 1.2. EGYIDEJŰ FŰTÉSI ÉS HŰTÉSI ALKALMAZÁSOK

**Egyidejű fűtés és hűtés (SHC) elv**

- A hőt a hűtő oldalról (elpárologtatóról) vonják ki. A kompresszor a visszanyert hőt magasabb hőmérsékletre emeli
- Hasznos hűtés és fűtés egyszerre készül
- A visszanyert hőt fűtési célokra hasznosítják, ahelyett, hogy a környezetbe engednék.




*Dae Uk Shin, Seong Ryong Ryu, Kwang Woo Kim, Simultaneous heating and cooling system with thermal storage tanks considering energy efficiency and operation method of the system, Energy and Buildings, Volume 205, 2019, 109518, ISSN 0378-7788, https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.109518.*

# 1.2. EGYIDEJŰ FŰTÉSI ÉS HŰTÉSI ALKALMAZÁSOK

## Az SHC előnyei

- Energiahatékonyság: A hulladékhő visszanyerésével és újrafelhasználásával az SHC-rendszerek jelentősen csökkentik az energiafogyasztást a különálló fűtési és hűtési rendszerekhez képest.
- Csökkentett szénlábnyom: A hulladékhő felhasználása minimalizálja a fosszilis tüzelőanyagoktól való függőséget, csökkentve az üvegházhatású gázok kibocsátását.
- Gazdasági megtakarítás: A fűtési és hűtési infrastruktúra megosztása csökkenti a hálózat tőke- és üzemeltetési költségeit.
- Rugalmasság: Az SHC-rendszerek alkalmazkodnak a változó fűtési és hűtési igényekhez, így ideálisak vegyes funkciójú fejlesztésekhez (pl. lakó-, kereskedelmi és ipari területek).
- Csúcsterhelés-kezelés: Az SHC-rendszerek kisimítják az energiaigény csúcsait azáltal, hogy egyszerre kielégítik a fűtési és hűtési igényeket.

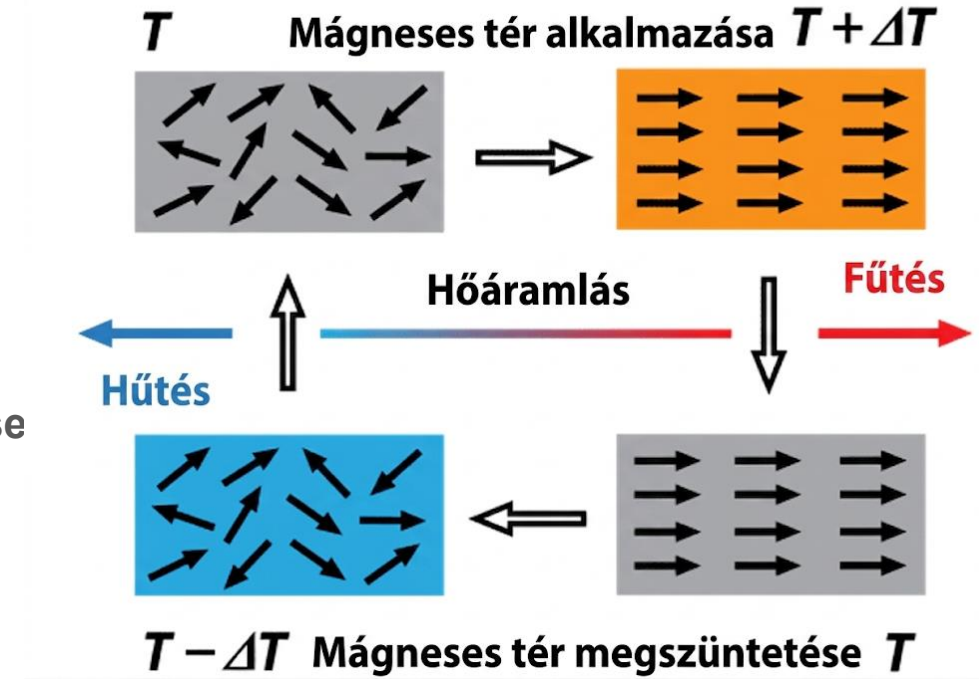
## A SHC hátrányai

- Kezdeti beruházás: Magas beruházási költségek az infrastruktúra és a hőszivattyús rendszerek számára.
- Komplex rendszertervezés: Pontos tervezést és méretezést igényel az egyidejű fűtési és hűtési terhelések kiegyensúlyozásához.
- Energiatárolás: A hatékony hőszivattyús rendszerek kulcsfontosságúak az eltérő fűtési és hűtési igények időbeli kezeléséhez.
- Megújuló energiával való integráció: A rendszerek megújuló energiaforrásokkal (pl. napkollektoros vagy geotermikus energia) való összekapcsolása javíthatja a fenntarthatóságot, de gondos tervezést igényel.
- Szabályozás: A fűtést és a hűtést mindig hasznosítani, szállítani, tárolni vagy elvezetni kell a hőmérséklet megfelelő szabályozása érdekében.

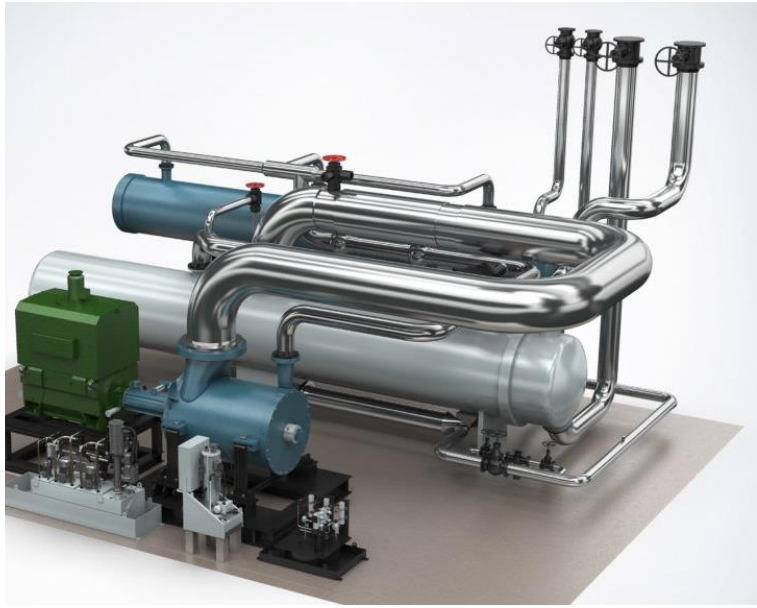
# 1.3. HŐSZIVATTYÚ- ÉS FOLYADÉKHŰTŐ-TECHNOLÓGIA

**Feltörekvő technológiák és jövőbeli trendek**

1. **Természetes hűtőközegek**
2. **Magas hőmérsékletű hőszivattyúk**
3. **Digitalizáció és IoT**
4. **Termoelektromos és mágnese kaloririkus hűtés**
5. **Hibrid rendszerek**
6. **Integráció a körzeti energiarendszerekkel**




Mágneskalorikus hőszivattyú/hűtőberendezés



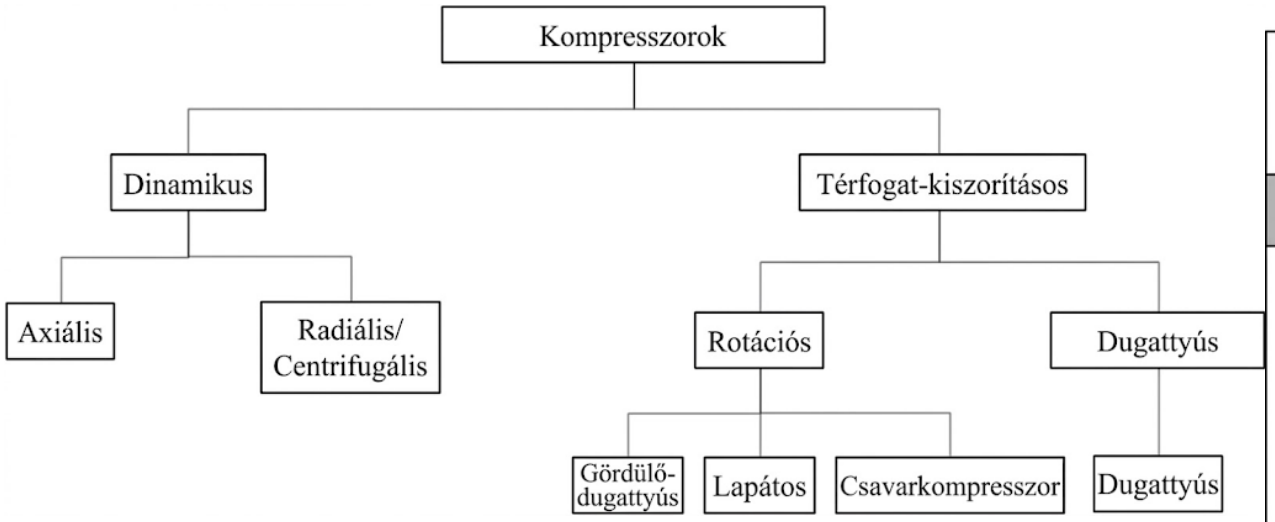
Magas hőmérsékletű hőszivattyú

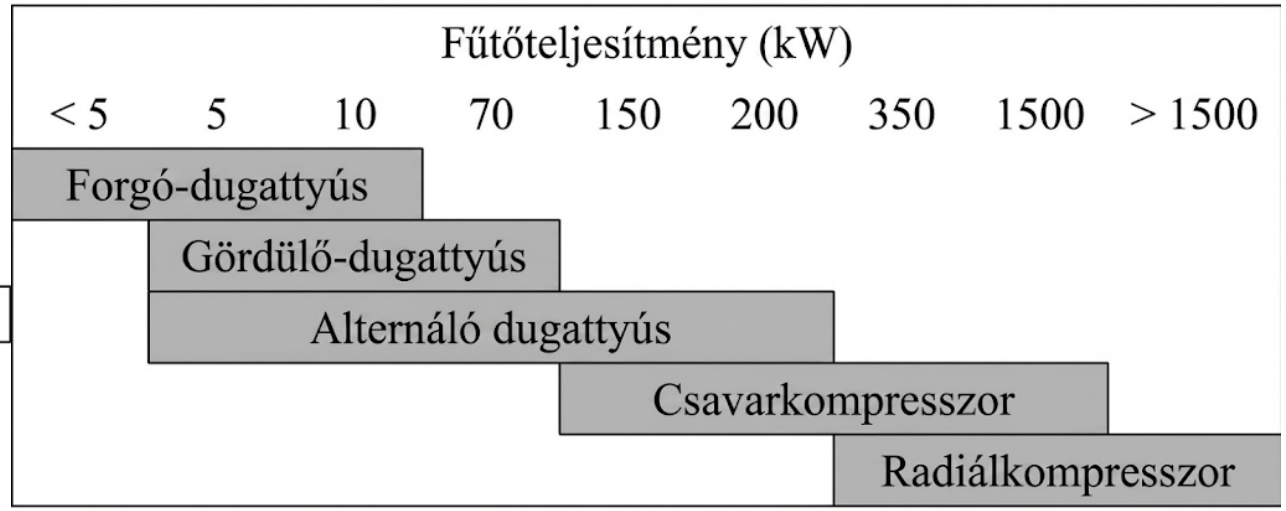
*Access, Inc. (2023, September 14). The future of air conditioning. https://access-inc.com/the-future-of-air-conditioning/*

*PV Magazine. (2022, March 29). Large-scale high-temperature heat pump for district heating. https://www.pv-magazine.com/2022/03/29/large-scale-high-temperature-heat-pump-for-district-heating/*

# 1.4. JELENLEGI TECHNOLÓGIA

## Kompresszorok



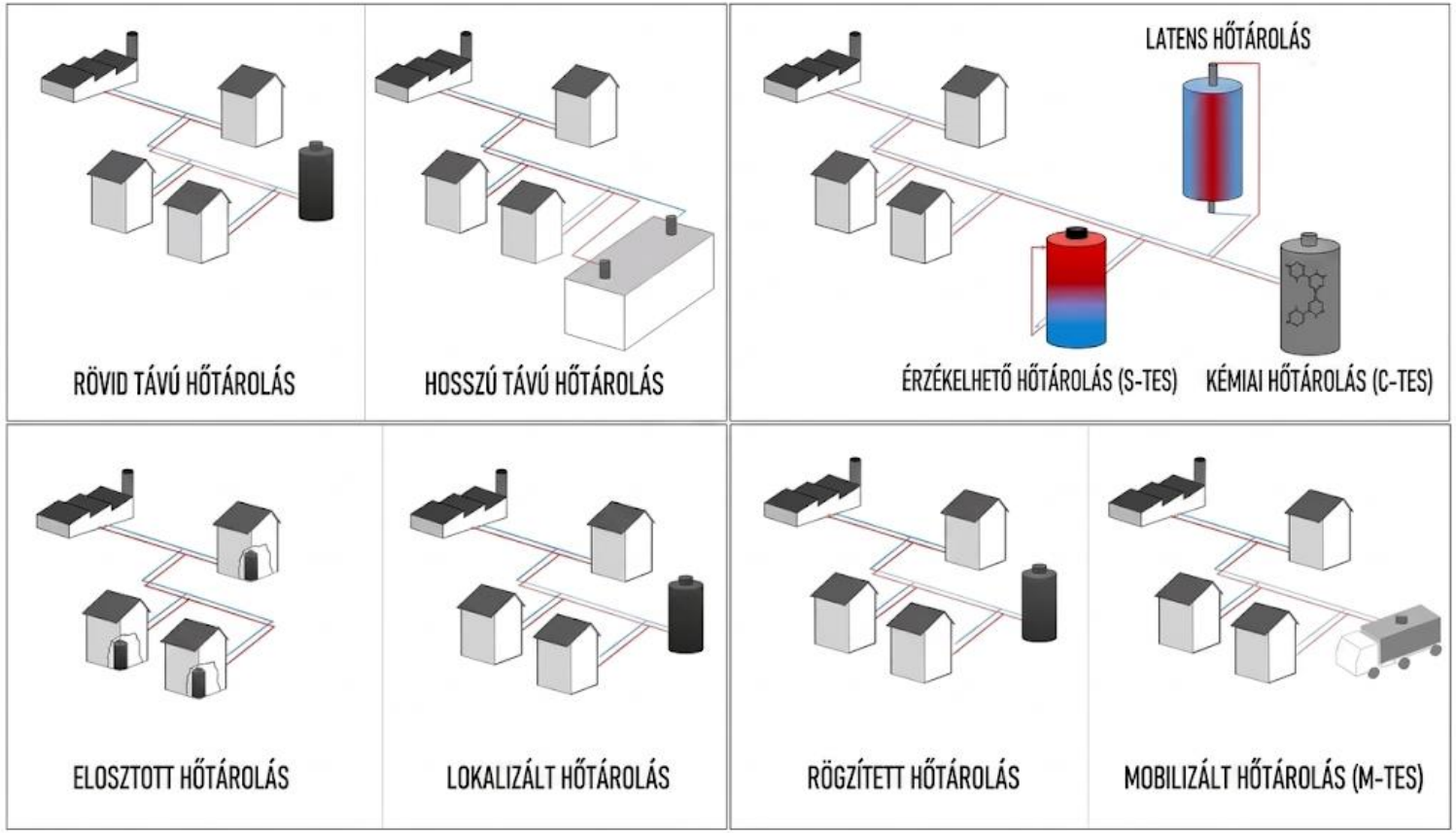

*El Samad, T., Żabnieńska-Góra, A., Jouhara, H., & Sayma, A. I. (2024). A review of compressors for high temperature heat pumps. Thermal Science and Engineering Progress, 51, 102603. https://doi.org/10.1016/j.tsep.2024.102603*

# 1.4. JELENLEGI TECHNOLÓGIA

**Hőenergia tárololás**

1. Rövid/hosszú távú hőtárolás
2. Érzékelhető/rejtett/kémiai hőtárolás
3. Elosztott/lokalizált hőtároló
4. Rögzített/mozgósított termikus tárolás

A DH (távfűtő) rendszerekben használt Hőtárolás (TES) különböző kritériumok alapján osztályozható



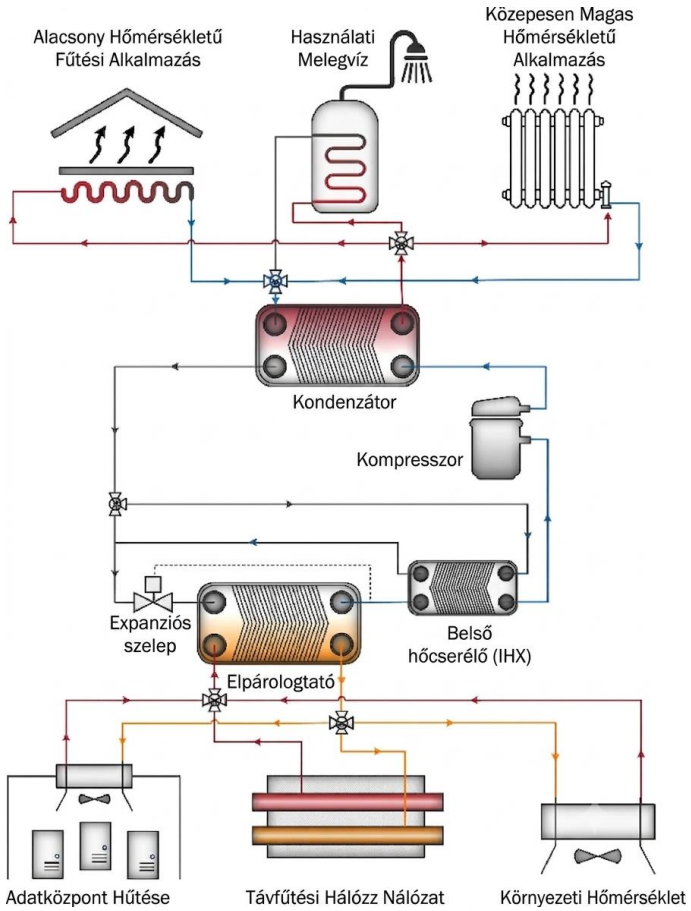

*Elisa Guelpa, Vittorio Verda, Thermal energy storage in district heating and cooling systems: A review, Applied Energy, Volume 252, 2019, 113474, ISSN 0306-2619, https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.113474.*

# 1.5. HŐSZIVATTYÚK INTEGRÁLÁSA, KONFIGURÁCIÓK ÉS HŰTŐKÖZEGEK

## Az integráció lehetőségei

A városi és ipari fűtési és hűtés kombinációja egy hőszivattyú által, valamint egyidejű termelés lehetősége.

| | Alkalmazás | Hőmérséklet-tartomány | Hagyományos technológia |
|---|---|---|---|
| **Hőforrás** | Környezeti levegő | 0 - 30 °C (15 °C) | Különféle technológiák |
| | Adatközpont hűtése | 20 - 50 °C (35 °C) | R-410A alapú hűtési technológia |
| | Alacsony hőmérsékletű távfűtés | 40 - 70 °C (55 °C) | Vegyes technológiák (hulladékhő, gázkazán, szér |
| **Hőleadó** | Alacsony hőmérsékletű helyiségfűtés | 35 - 50 °C | Napkollektor, elektromos vagy gázkazán |
| | Használati meleg víz | 45 - 65 °C | Elektromos vagy gázkazán |
| | Ipari folyamatok / Fűtőtestek | 75 - 90 °C | Központosított gáztüzelésű rendszer |




*Carlos Mateu-Royo, Adrián Mota-Babiloni, Joaquín Navarro-Esbrí, Ángel Barragán-Cervera, Comparative analysis of HFO-1234ze(E) and R-515B as low GWP alternatives to HFC-134a in moderately high temperature heat pumps, International Journal of Refrigeration, Volume 124, 2021, Pages 197-206, ISSN 0140-7007, https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2020.12.023.*

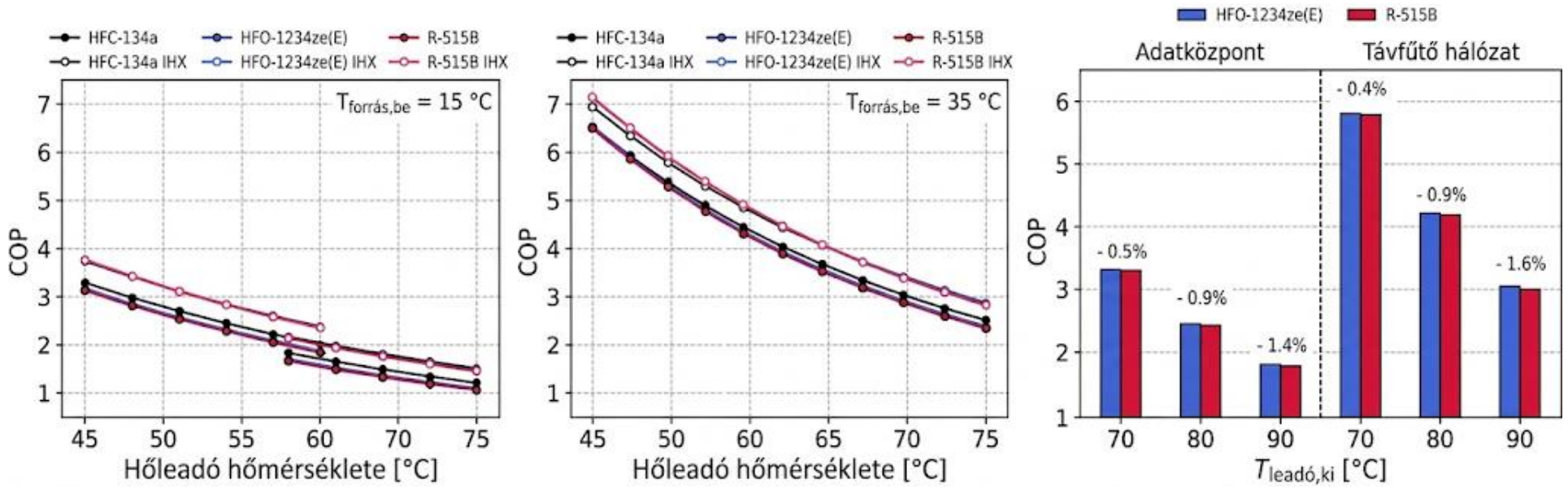
# 1.5. HŐSZIVATTYÚK INTEGRÁLÁSA, KONFIGURÁCIÓK ÉS HŰTŐKÖZEGEK

**A működési hőmérsékletek hatása**

A COP értéke jelentősen változik a hőelvezető közeg és a hőforrás hőmérsékletének függvényében.

A COP azt mutatja meg, hány kilowatt fűtési vagy hűtési teljesítményt biztosít a rendszer egységnyi (1 kW) felvett villamos teljesítménybevitel mellett.

A magasabb COP alacsonyabb energiafogyasztást, kisebb üzemeltetési költségeket és mérsékeltebb CO2-kibocsátást jelent (vagyis nagyobb lehetőséget kínál a szén-dioxid-mentesítésre).



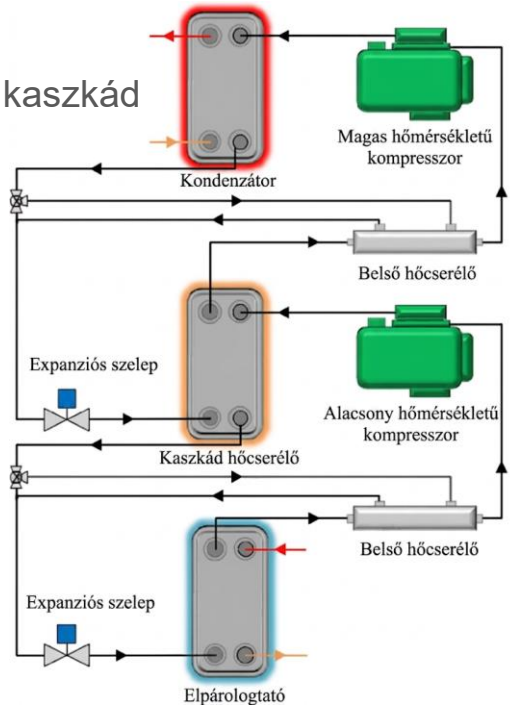

*Carlos Mateu-Royo, Adrián Mota-Babiloni, Joaquín Navarro-Esbrí, Ángel Barragán-Cervera, Comparative analysis of HFO-1234ze(E) and R-515B as low GWP alternatives to HFC-134a in moderately high temperature heat pumps, International Journal of Refrigeration, Volume 124, 2021, Pages 197-206, ISSN 0140-7007, https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2020.12.023.*

# 1.5. HŐSZIVATTYÚK INTEGRÁLÁSA, KONFIGURÁCIÓK ÉS HŰTŐKÖZEGEK

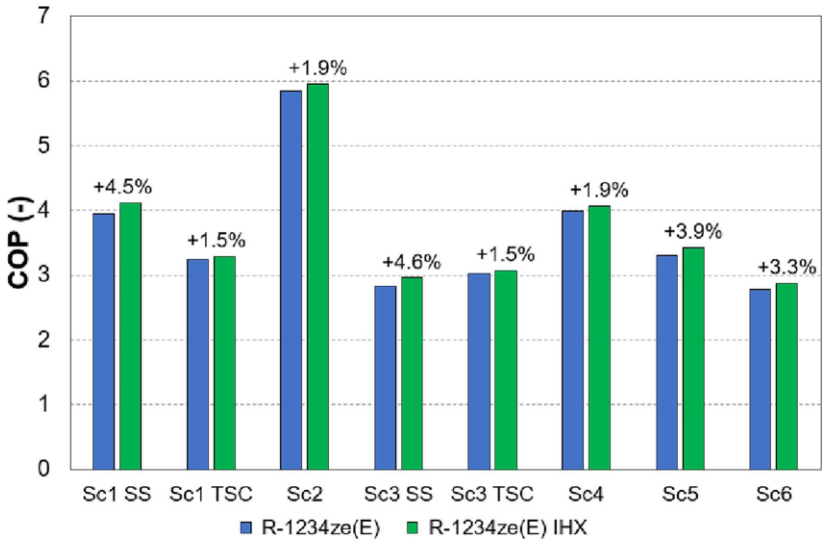
**Kombináció távhővel, távhűtéssel és ipari folyamatokkal: energia perspektíva**

A hővezető közeg és a hőforrás közötti nagyobb hőmérséklet-különbség esetén a hőszivattyú gőzkompressziós körfolyamatában egynél több fokozatra van szükség. Emellett – a hűtőközegtől és az alkalmazástól függően – a belső hőcserélő alkalmazása javíthatja az energiahatékonyságot.

Két-fokozatú kaszkád




| Forgatókönyvek | $T_o$ (°C) | $T_k$ (°C) | A körfolyamat konfigurációja | Folyamat | A csatlakozás konfigurációja |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. forgatókönyv | 30 | 80 | SS/TSC | Ipari (hűtési disszipációs víz) és hőellátás (hagyományos kazánt kiváltó) hőt ad át a 4. generációs távhőhálózatnak (DHN). | C_HP_DHN |
| 2. forgatókönyv | 30 | 65 | SS | Hűtési disszipációs víz (hővisszanyerés) és hőellátás hőt ad át a 4. generációs távhőhálózatnak (DHN). | C_HP_DHN |
| 3. forgatókönyv | 2 | 65 | SS/TSC | DHN fűtés (70-40 °C) és DCN hűtés (17-7 °C) 4. generációs egyidejű előállítása. | C_HP_DHC |
| 4. forgatókönyv | 2 | 45 | SS | DHN fűtés (47-40 °C) és DCN hűtés (17-7 °C) 4. generációs egyidejű előállítása. | C_HP_DHC |
| 5. forgatókönyv | 50 | 90 | SS | Hőtermelés (hagyományos kazánt kiváltó) forrása a 4. generációs DHN (70-40 °C). | L_HP_DHN |
| 6. forgatókönyv | 10 | 90 | TSC | Hőtermelés (hagyományos kazánt kiváltó) forrása az 5. generációs DHN (<40 °C). | L_HP_DHN |

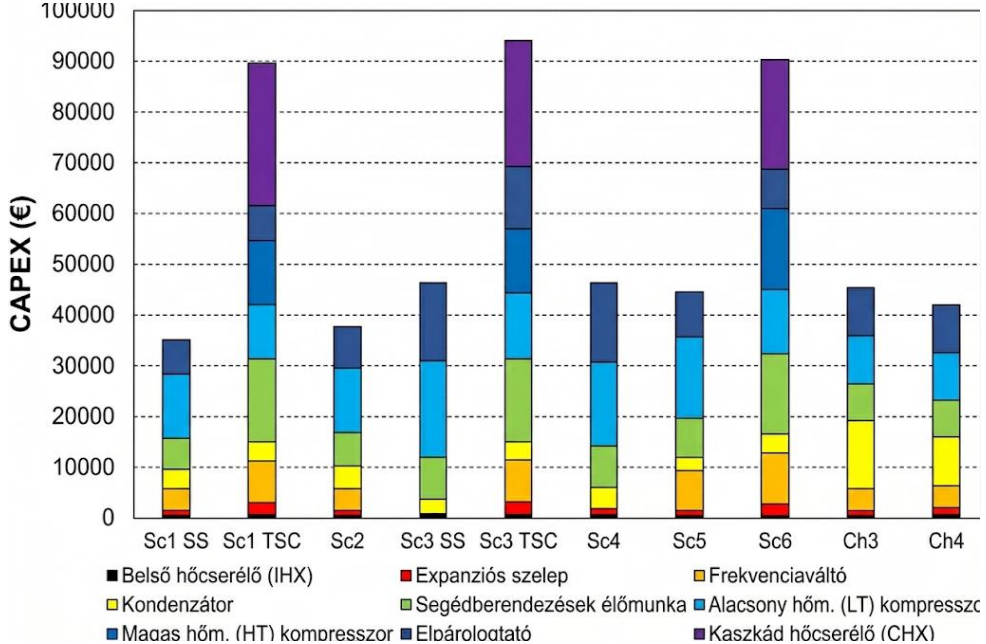


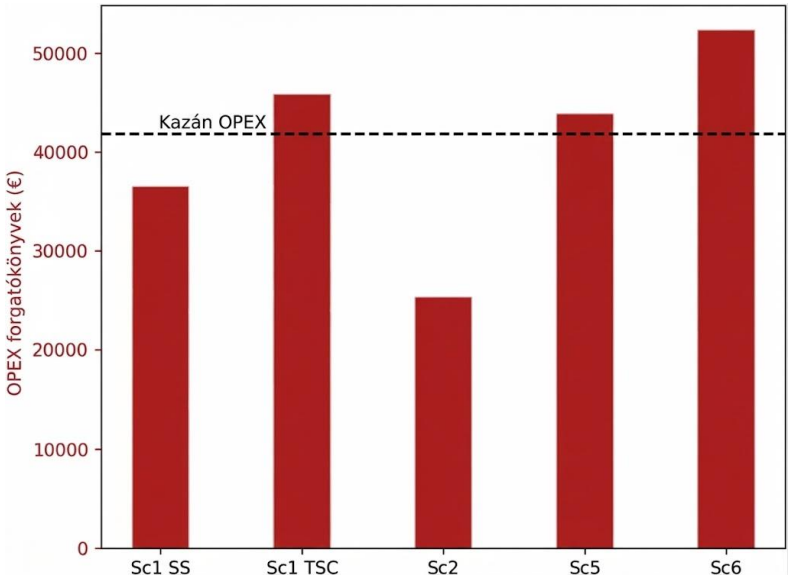

*Ghad Alarnaot Alarnaout, Joaquín Navarro-Esbrí, Adrián Mota-Babiloni, Operational, economic, and carbon footprint feasibility of a moderately-high-temperature heat pump as an alternative to conventional boilers in various scenarios, Energy Conversion and Management, Volume 309, 2024, 118424, ISSN 0196-8904, https://doi.org/10.1016/j.enconman.2024.118424.*

# 1.5. HŐSZIVATTYÚK INTEGRÁLÁSA, KONFIGURÁCIÓK ÉS HŰTŐKÖZEGEK

**Kombináció távhővel, távhűtéssel és ipari folyamatokkal: gazdasági nézőpont**

Az üzemeltetési és beruházási költségek jelentősen függenek a vizsgált alkalmazásoktól, míg a fosszilis tüzelőanyagú kazánt elsősorban a fűtési igény befolyásolja. Minden helyzetet részletesen meg kell vizsgálni, hogy melyik kombináció csökkentheti a költségeket és teheti vonzóbbá a befektetést.



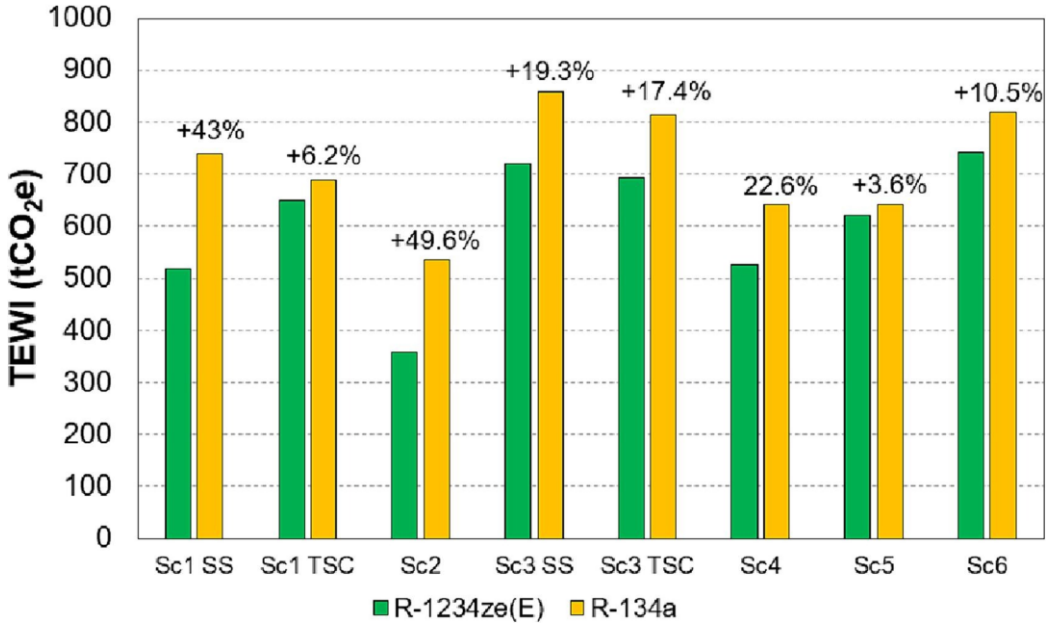

*Ghad Alarnaot Alarnaout, Joaquín Navarro-Esbrí, Adrián Mota-Babiloni, Operational, economic, and carbon footprint feasibility of a moderately-high-temperature heat pump as an alternative to conventional boilers in various scenarios, Energy Conversion and Management, Volume 309, 2024, 118424, ISSN 0196-8904, https://doi.org/10.1016/j.enconman.2024.118424.*

# 1.5. HŐSZIVATTYÚK INTEGRÁLÁSA, KONFIGURÁCIÓK ÉS HŰTŐKÖZEGEK

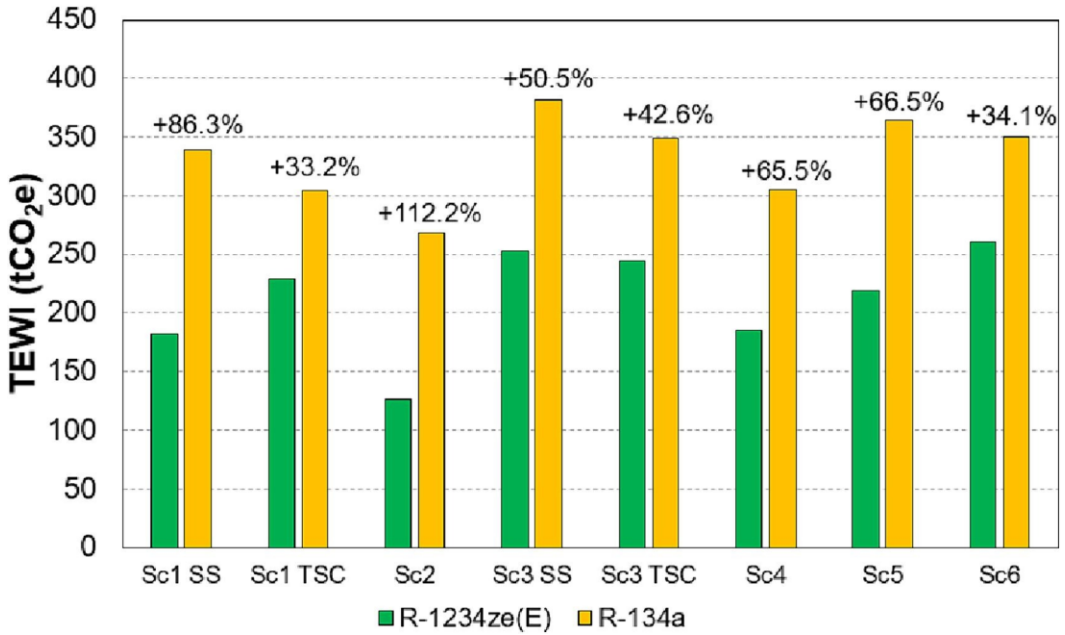
**Kombináció távhővel, távhűtéssel és ipari folyamatokkal: Környezeti nézőpont**

Az elért COP egyértelműen befolyásolja a megoldás fenntarthatóságát – különösen akkor, ha környezetbarát hűtőközegeket választanak. További kritikus tényező az elektromos hálózat, valamint a szén-dioxid-kibocsátási tényező (azaz a felhasznált villamos energia eredete).

Spanyolország




Franciaország

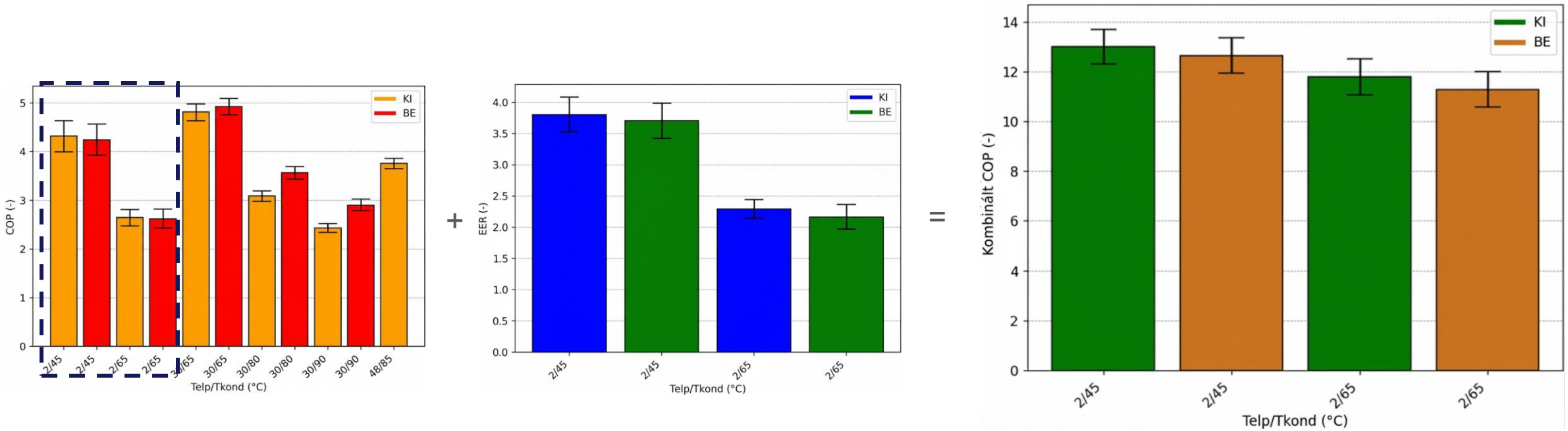



*Ghad Alarnaot Alarnaout, Joaquín Navarro-Esbrí, Adrián Mota-Babiloni, Operational, economic, and carbon footprint feasibility of a moderately-high-temperature heat pump as an alternative to conventional boilers in various scenarios, Energy Conversion and Management, Volume 309, 2024, 118424, ISSN 0196-8904, https://doi.org/10.1016/j.enconman.2024.118424.*

# 1.5. HŐSZIVATTYÚK INTEGRÁLÁSA, KONFIGURÁCIÓK ÉS HŰTŐKÖZEGEK

## Kombinált COP

A kombinált vagy összesített COP figyelembe veszi, hogy a hőszivattyú hőátadási teljesítménye mind a hűtést, mind a fűtést magában foglalja (amelyeket rendre az EER, illetve a COP jellemez). Ugyanakkor a bemeneti tényező a villamos energia, mivel a rendszer a környezetből vonja el a hőt.

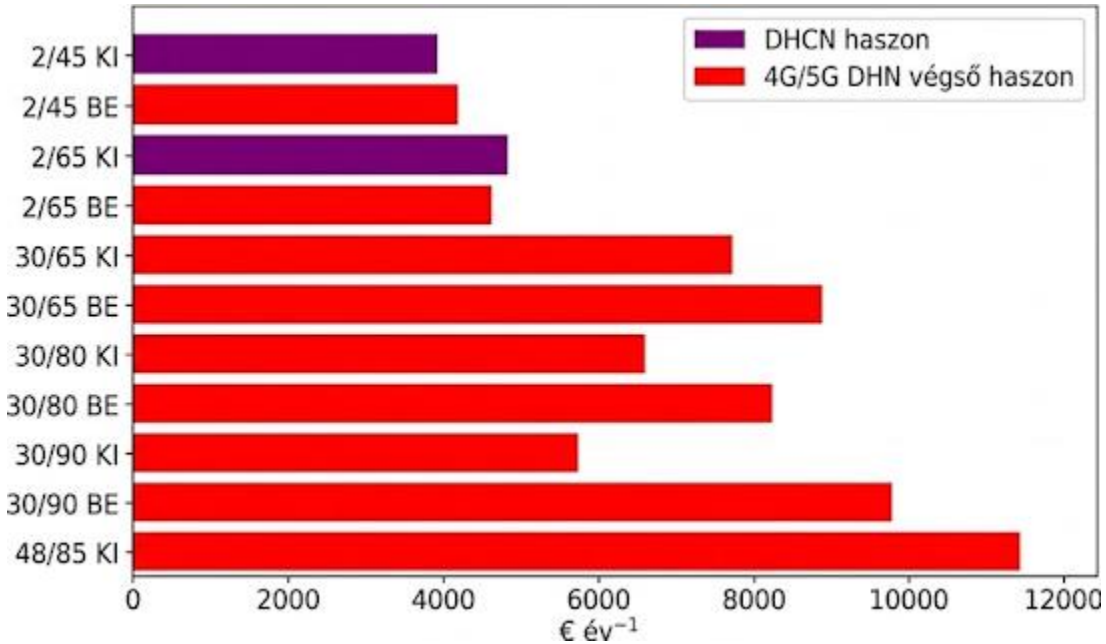


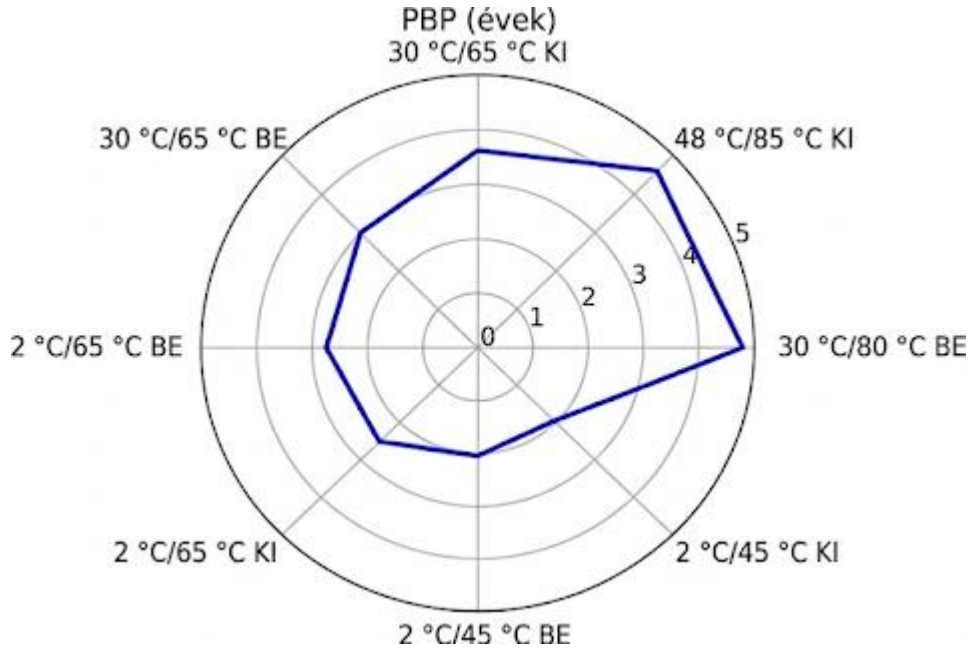

*Ghad Alarnaot-Alarnaout, Joaquín Navarro-Esbrí, Ángel Barragán-Cervera, Adrián Mota-Babiloni, Energy, exergy, economic, and environmental (4E) assessment of an experimental moderately high-temperature heat pump for district heating and cooling networks, Energy Conversion and Management, Volume 325, 2025, 119346, ISSN 0196-8904, https://doi.org/10.1016/j.enconman.2024.119346.*

# 1.5. HŐSZIVATTYÚK INTEGRÁLÁSA, KONFIGURÁCIÓK ÉS HŰTŐKÖZEGEK

## Összehasonlítás fosszilis tüzelőanyagú kazánnal

A gazdasági előny a fosszilis tüzelőanyagú kazánhoz képest jelentős, de ez a működési hőmérséklettől függ

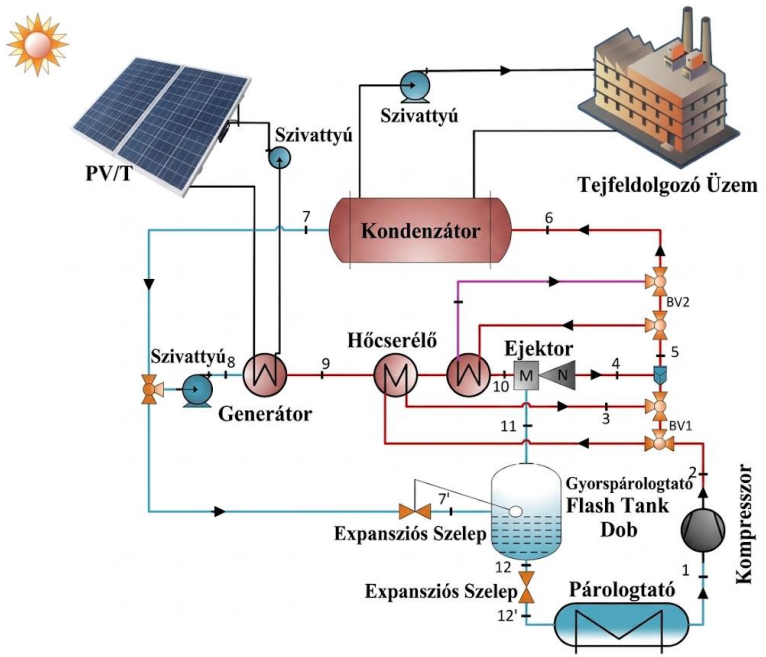


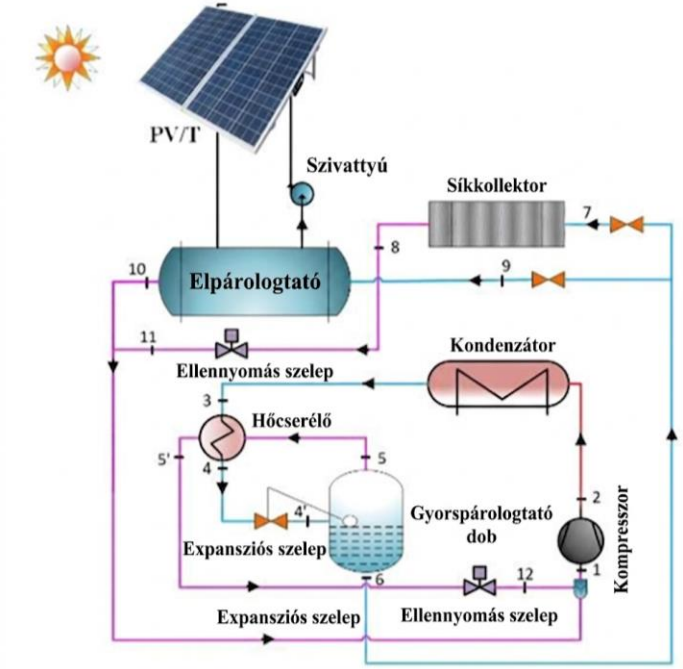

*Ghad Alarnaot-Alarnaout, Joaquín Navarro-Esbrí, Ángel Barragán-Cervera, Adrián Mota-Babiloni, Energy, exergy, economic, and environmental (4E) assessment of an experimental moderately high-temperature heat pump for district heating and cooling networks, Energy Conversion and Management, Volume 325, 2025, 119346, ISSN 0196-8904, https://doi.org/10.1016/j.enconman.2024.119346.*

# 1.6. HULLADÉKHŐ ÉS MEGÚJULÓ HŐFORRÁSOK

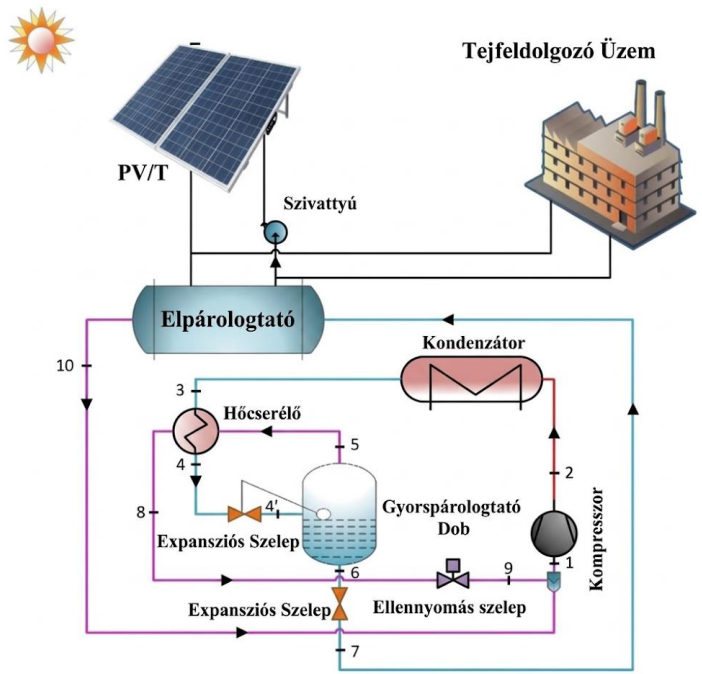
**1. példa.** Egy új, kombinált hulladékhő- és napenergia-hajtású ejektoros, napenergiával támogatott hőszivattyús rendszer egyidejű fűtési és hűtési célokra.




Hűtési mód




Fűtési mód PV/T hulladékhővel



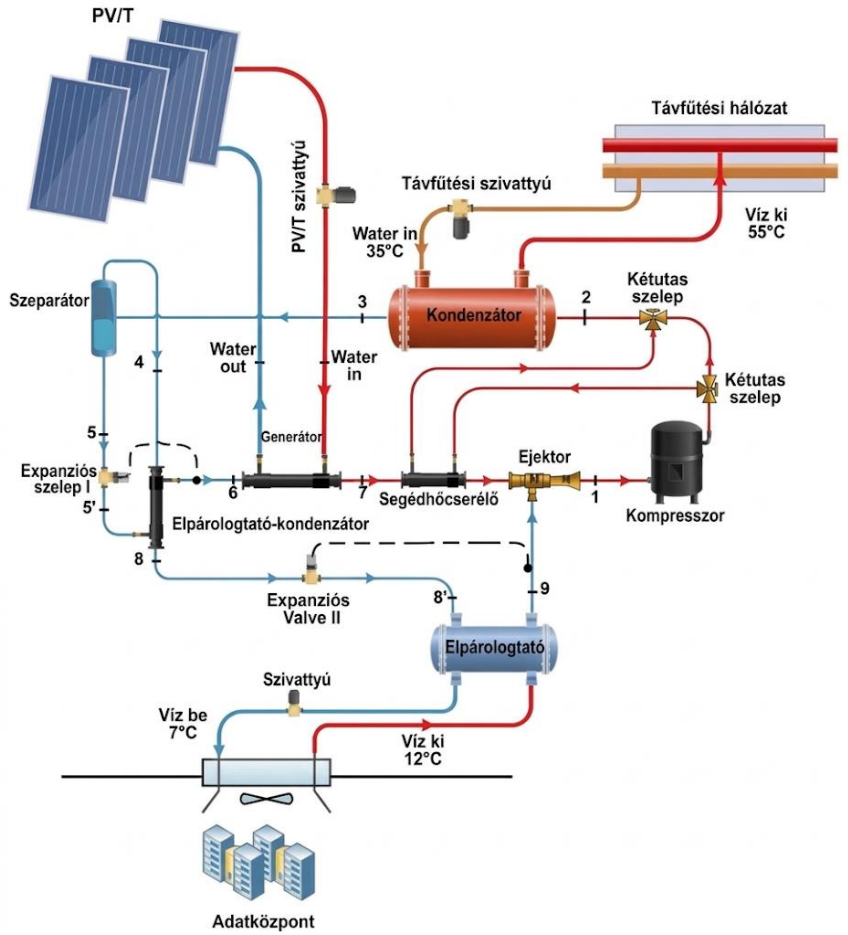

Fűtési mód tejhulladék hővel

*Ali Khalid Shaker Al-Sayyab, Adrián Mota-Babiloni, Joaquín Navarro-Esbrí, Novel compound waste heat-solar driven ejector-compression heat pump for simultaneous cooling and heating using environmentally friendly refrigerants, Energy Conversion and Management, Volume 228, 2021, 113703, ISSN 0196-8904, https://doi.org/10.1016/j.enconman.2020.113703.*

# 1.6. HULLADÉKHŐ ÉS MEGÚJULÓ HŐFORRÁSOK

**2. példa**

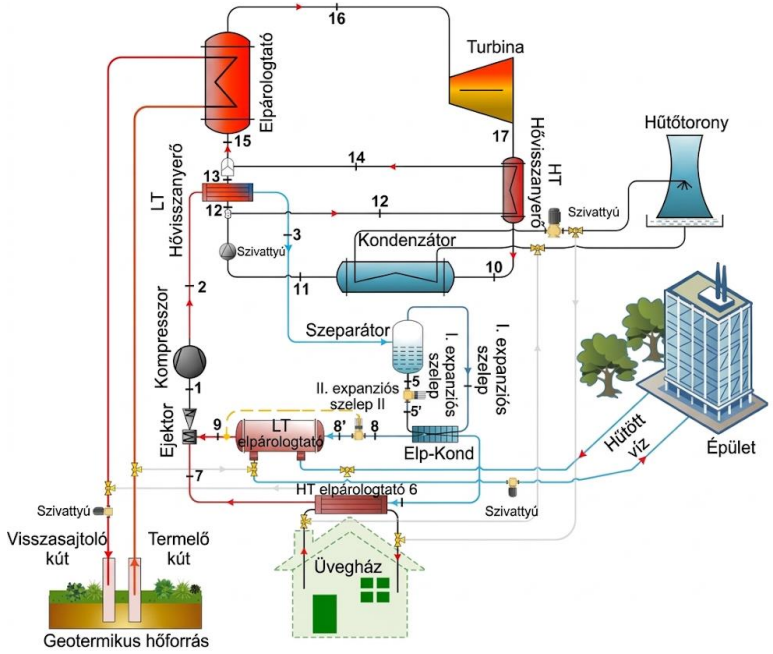
Egy új, PV/T (fotovillamos-termikus) rendszerű, hulladékhővel hajtott ejektoros hőszivattyús rendszer, amely egyszerre szolgálja az adatközpontok hűtését és a hulladékhő hasznosítását távhőhálózatok számára.



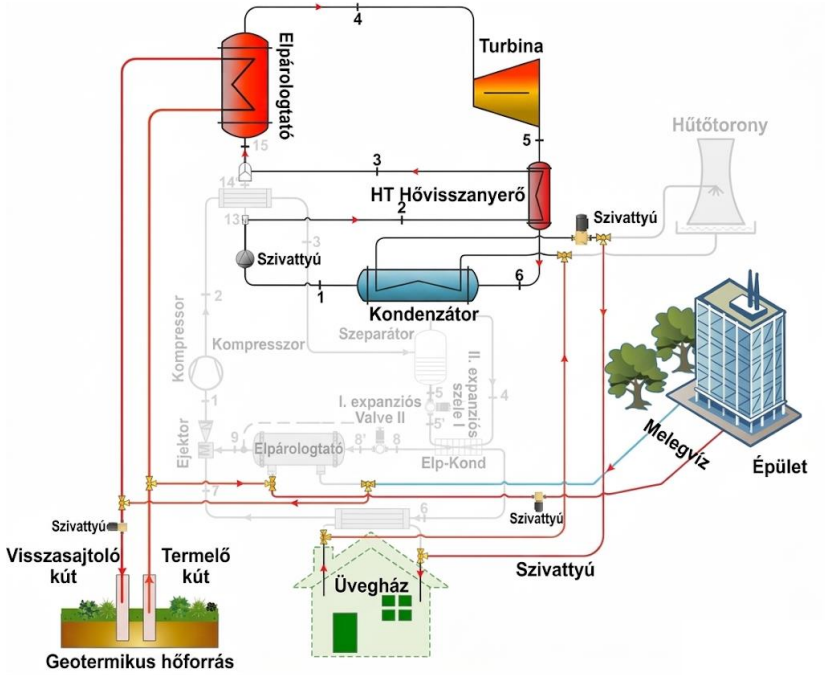

*Ali Khalid Shaker Al-Sayyab, Joaquín Navarro-Esbrí, Adrián Mota-Babiloni, Energy, exergy, and environmental (3E) analysis of a compound ejector-heat pump with low GWP refrigerants for simultaneous data center cooling and district heating, International Journal of Refrigeration, Volume 133, 2022, Pages 61-72, ISSN 0140-7007, https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2021.09.036.*

# 1.6. HULLADÉKHŐ ÉS MEGÚJULÓ HŐFORRÁSOK

**3. példa.** Kombinált szerves Rankine-ciklusú és összetett ejektoros, többszörös elpárologtatójú gőzkompressziós rendszer két hűtési szint és fűtés biztosítására, kiegészítve villamosenergia-termeléssel, valamint geotermikus és kondenzátoroldali hulladékhő-hasznosítással.




Kombinált energia- és hűtéstermelés

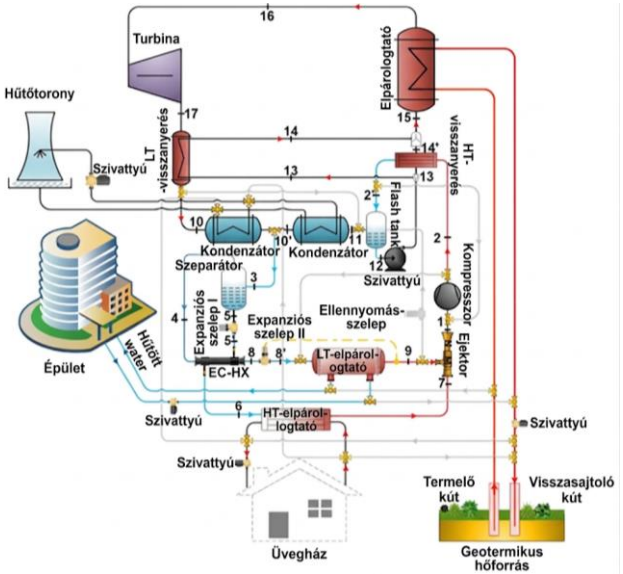



Kombinált energia- és hőtermelés

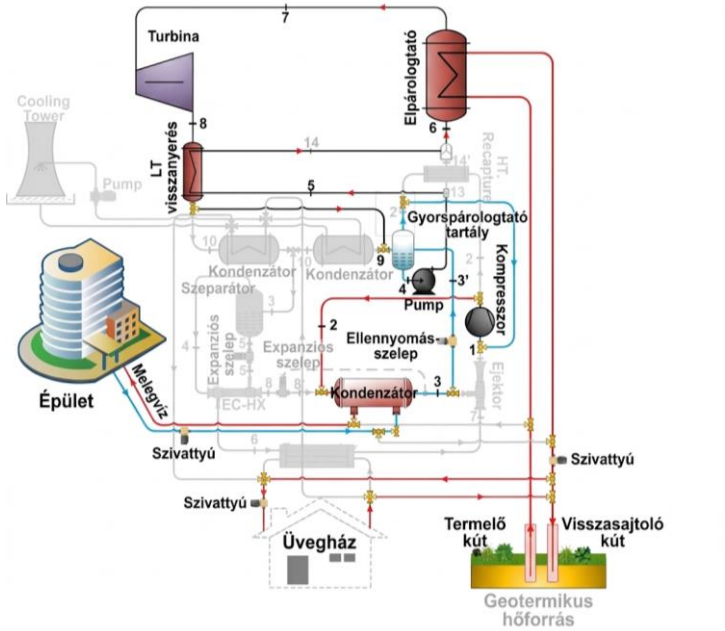
*Ali Khalid Shaker Al-Sayyab, Adrián Mota-Babiloni, Ángel Barragán-Cervera, Joaquín Navarro-Esbrí, Dual fluid trigeneration combined organic Rankine-compound ejector-multi evaporator vapour compression system, Energy Conversion and Management, Volume 267, 2022, 115876, ISSN 0196-8904, https://doi.org/10.1016/j.enconman.2022.115876.*

# 1.6. HULLADÉKHŐ ÉS MEGÚJULÓ HŐFORRÁSOK

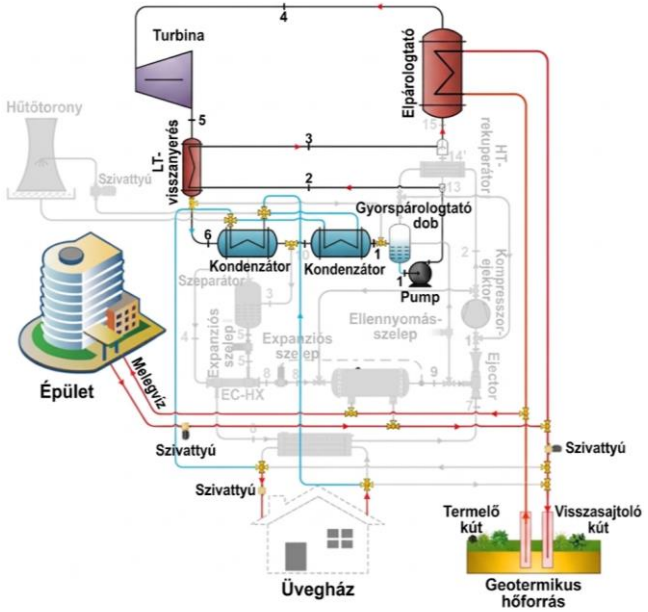
4. példa. ORC-rendszer kombinálása üvegházi hulladékhővel hajtott, kombinált ejektoros-VCC (gőzkompressziós hűtőciklusú) rendszerrel, energiahatékony áram-, hűtés- és hőtermelés céljából.




Aktív hűtés




Aktív hőszivattyús fűtés




Aktív talajhő-hasznosítású fűtés

*Ali Khalid Shaker Al-Sayyab, Adrián Mota-Babiloni, Ángel Barragán-Cervera, Joaquín Navarro-Esbrí, Dual fluid trigeneration combined organic Rankine-compound ejector-multi evaporator vapour compression system, Energy Conversion and Management, Volume 267, 2022, 115876, ISSN 0196-8904, https://doi.org/10.1016/j.enconman.2022.115876*

Source: Al-Sayyab et al. (2023)

# 1.7. KÖVETKEZTETÉSEK

- Hőszivattyúkkal/hűtőberendezésekkel lehetséges az egyidejű fűtés és hűtés.
- Ez lehetővé teszi a hőszivattyú energiatermelésének maximalizálását. Ellenkező esetben az energia kárba vész.
- A távfűtés és a távhűtés ideálisan alkalmasak a profit maximalizálására és a költséges csúcsidőszaki eltolódási stratégiák vagy a nagyobb hőenergia-tárolás szükségességének csökkentésére.
- A hőszivattyúk többféle kompresszortechnológiát is használhatnak, főként az egység hőkapacitásától és az alkalmazás által beállított nyomásviszonytól függően.
- Az egyidejű fűtés és hűtés hozzájárul a hőszivattyú jobb üzemi feltételeihez.
- Az energiahatékonyság létfontosságú ahhoz, hogy a hőszivattyúk versenyképesek legyenek a kazánokkal szemben.
- A hőszivattyúk különösen hatékonyak, ha alkatrészeik megújuló vagy hulladékhőt használnak. A hőforrások széles skálája jöhet szóba.

# 2. HŰTÉSI TECHNOLÓGIÁK



SHaKE

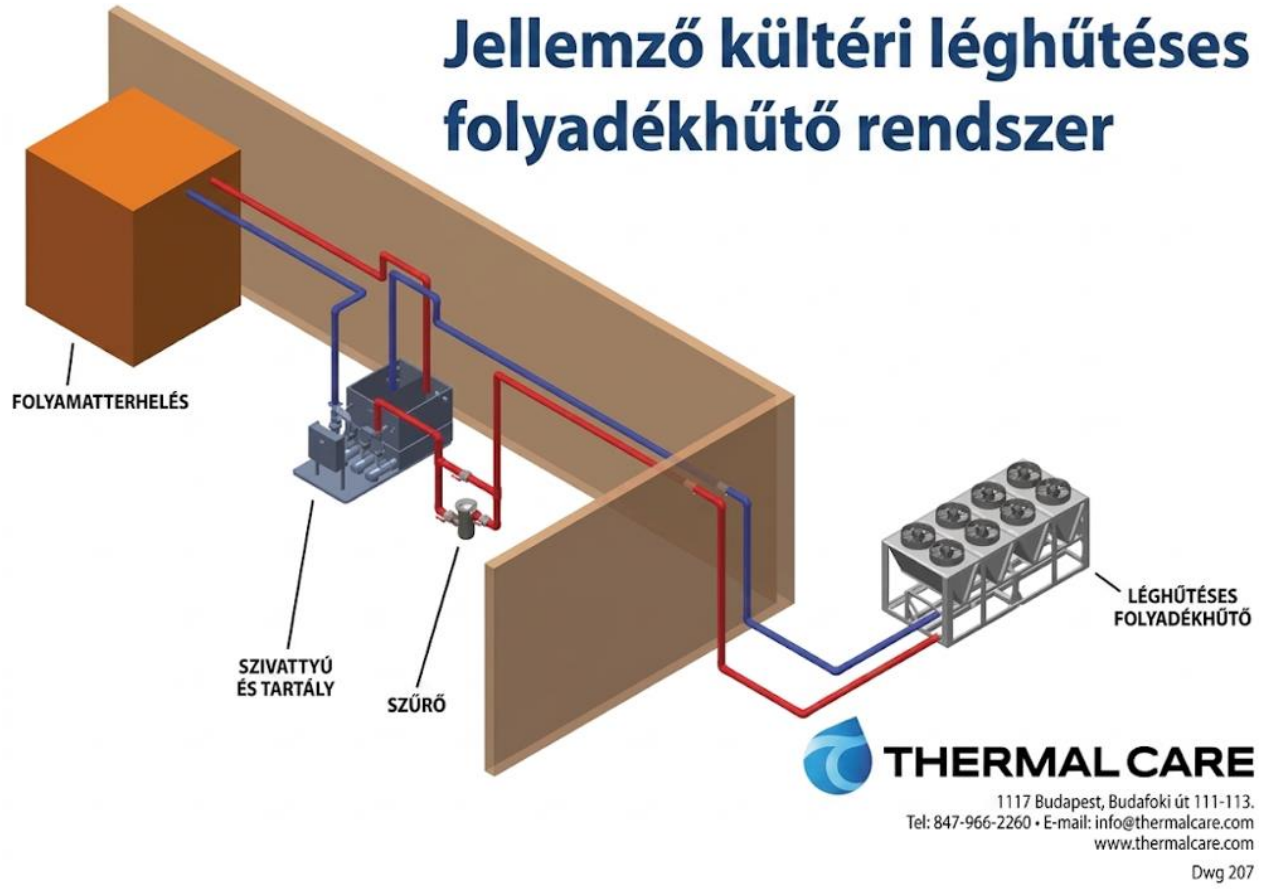
# 2.1. FOLYADÉKHŰTŐK

**Bevezetés**

A folyadékhűtő (chiller) hőt von el egy technológiai folyamatból, berendezésből vagy épületből a szabályozott hőmérséklet fenntartása érdekében. A folyamat során egy hűtött közeget – gyakran vizet vagy víz-glikol keveréket – keringetnek, amely felveszi a hőt a hűtendő területről, majd azt a környezetbe adja le.

Gyakran alkalmazzák őket ipari és kereskedelmi létesítményekben, valamint HVAC-rendszerekben (fűtés, szellőztetés és légkondicionálás) berendezések, technológiai folyamatok vagy épületek hűtésére; a hűtőteljesítményük a több száz kilowattos tartománytól egészen a több ezer kilowattig terjedhet.

A folyadékhűtőket széles körben használják olyan ágazatokban, mint a gyártóipar, az egészségügy, az adatközpontok és az élelmiszeripar, az optimális hőmérséklet biztosítása érdekében.

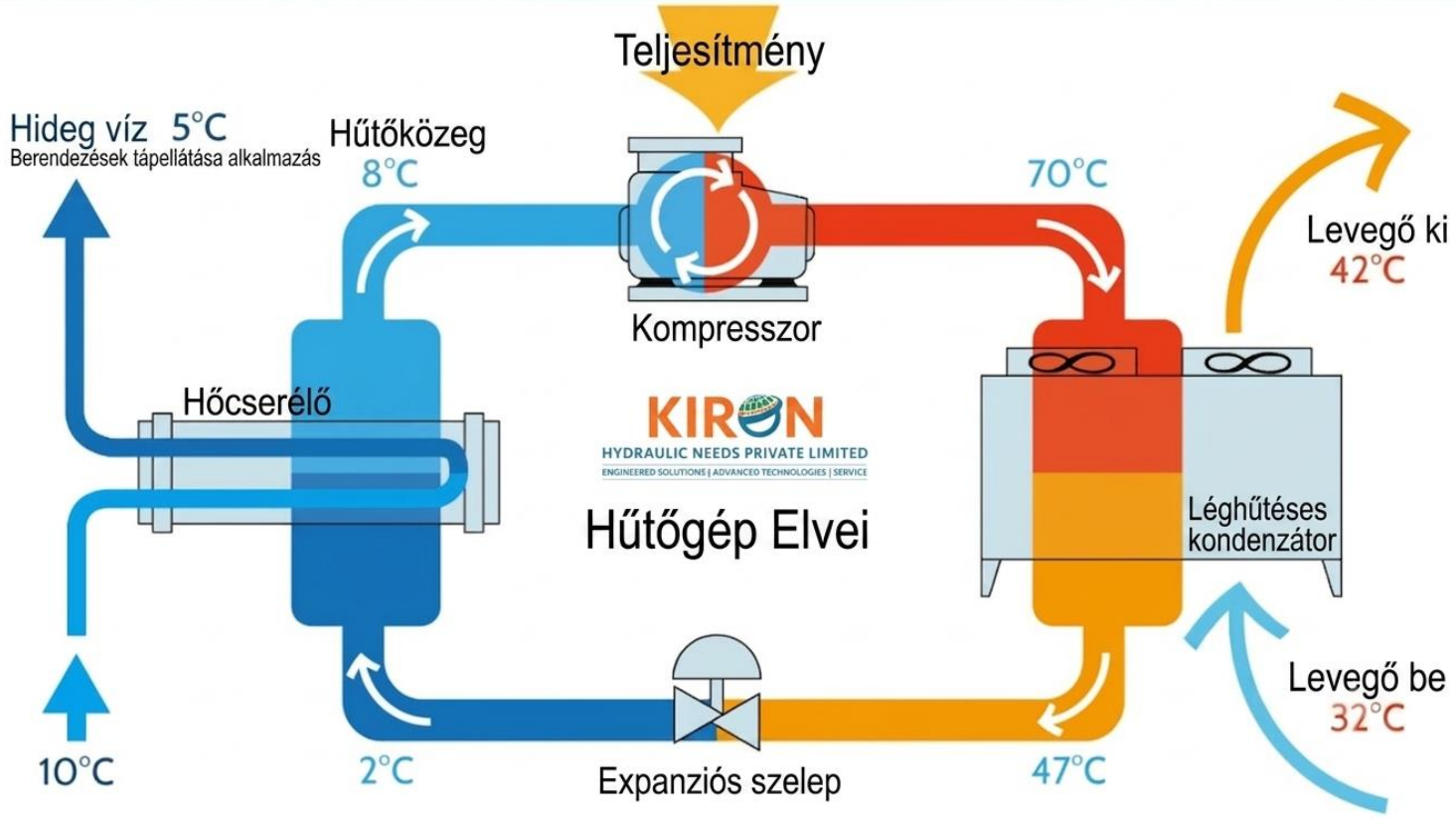



*Plastics Technology. (n.d.). How does a chiller work. https://www.ptonline.com/kc/process-cooling/basics/how-does-a-chiller-work*

# 2.1. FOLYADÉKHŰTŐK

**Működés**

- A folyadékhűtő működési ciklusa megegyezik a hőszivattyúéval, de kizárólag hűtésre szolgál.
- Az elpárologtatóban a hőfelvétel folyékony vízzel történő hőcserével megy végbe.
- A hőleadás levegővel történő hőcserével valósul meg (rendszerint a tetőn).
- A hőleadást végző ventilátorokat tartalmazó egységeket kondenzátoregységeknek nevezik.




*Kiron Hydraulic Needs. (2023, July 31). Chiller circulation system. Group Kiron. https://www.groupkiron.com/blog/chiller-circulation-system/*

# 2.1. FOLYADÉKHŰTŐK

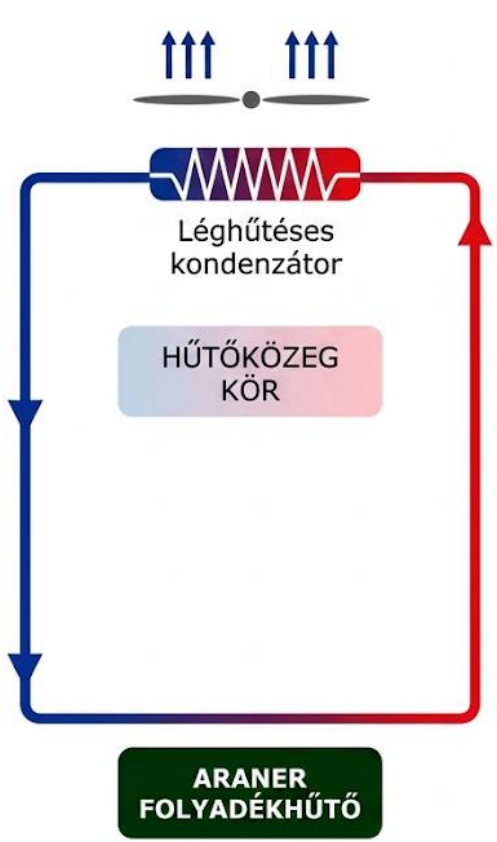
**Hűtőgép típusok**

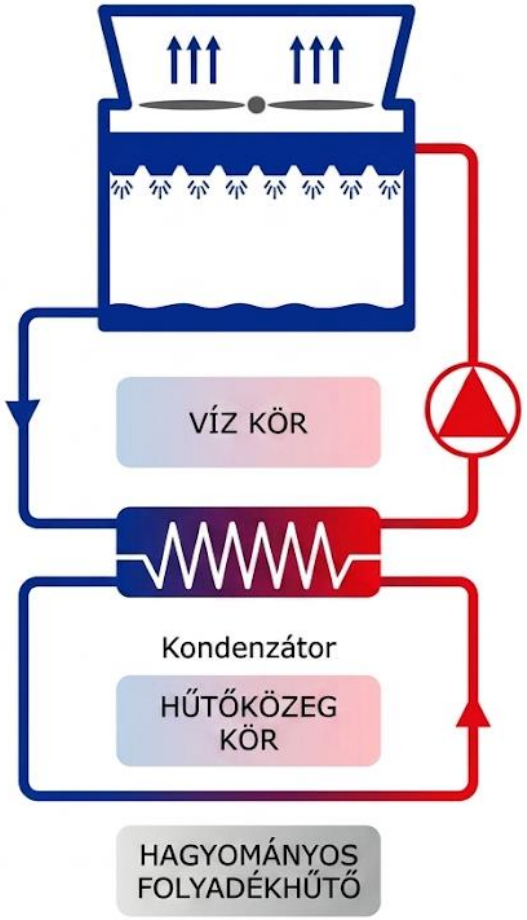
A folyadékhűtőket aszerint osztályozzák, hogyan adják le a hőt:

1. **Léghűtéses folyadékhűtők:**
    1. Ventilátorok segítségével áramoltat levegőt a kondenzátortekercsre a hő leadása érdekében.
    2. Ideális megoldás kis és közepes méretű rendszerekhez, illetve olyan esetekben, ahol korlátozott a vízhez való hozzáférés.
    3. Gyakran alkalmazzák kereskedelmi célú HVAC-rendszerekben.

**2.Folyadékhűtők (centrifugális)**:

1. Vizet használ valamint hűtőtornyokat a hő hatékonyabb elvezetésére.
2. Nagyüzemi ipari alkalmazásokhoz alkalmas, ahol nagyobb hatékonyságra van szükség.



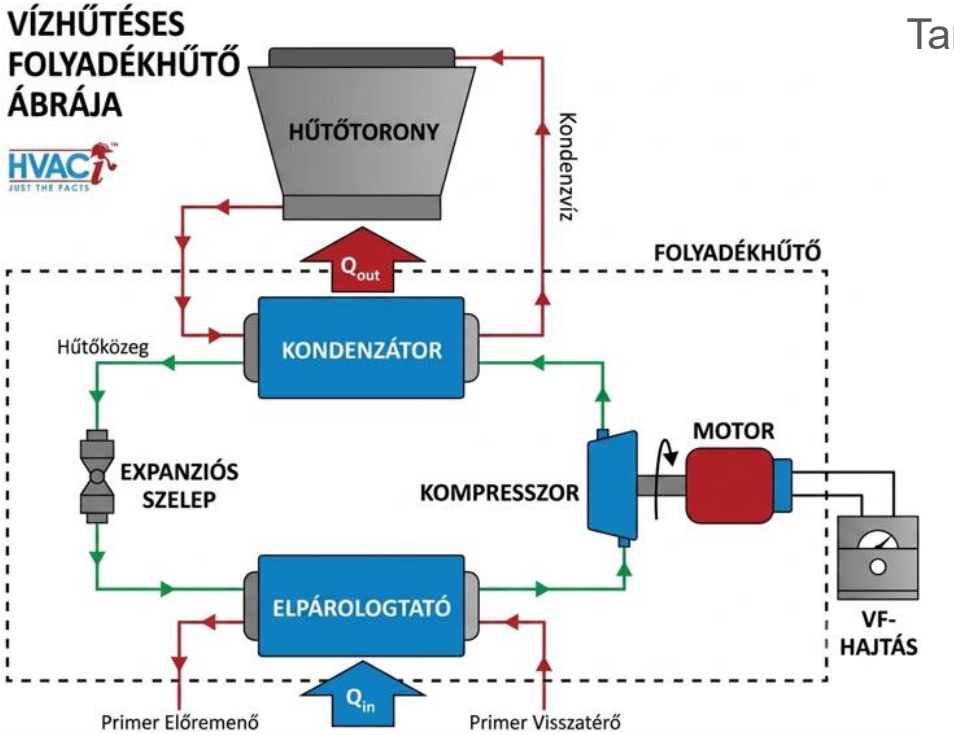




*Araner. (n.d.). Air-cooled vs. water-cooled chiller. https://www.araner.com/blog/air-cooled-vs-water-cooled-chiller*

# 2.1. FOLYADÉKHŰTŐK

## Vízhűtéses folyadékhűtő

A vízhűtéses folyadékhűtő körfolyamata levegő helyett víz segítségével adja le a hőt; a vizet ezt követően hűtőtoronyban hűtik le, majd visszavezetik a kondenzátorba.




Tartomány: 50 kW to 10000 kW



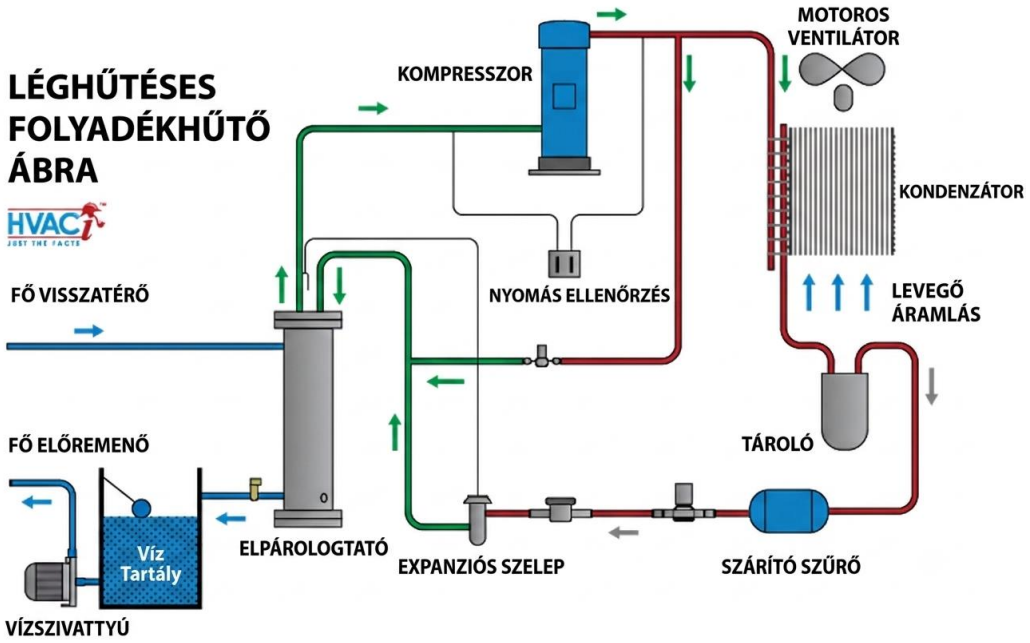
*Alpine Intel. (2025). The basics of chillers. https://alpineintel.com/resource/the-basics-of-chillers/*

*Carrier CCA. (n.d.). Product listing (Parent ID: 7, Category ID: 48). https://www.carriercca.com/product_listing.cfm?parent_id=7&cat_id=48*

# 2.1. FOLYADÉKHŰTŐK

## Léghűtéses folyadékhűtő

A léghűtéses folyadékhűtő az alapvető típus, amelynél a hűtőközeget közvetlenül levegővel hűtik; ez azt jelenti, hogy a hőleadás közvetlenül a környezet felé történik.




Tartomány: 15 kW to 1500 kW



*Alpine Intel. (2025). The basics of chillers. https://alpineintel.com/resource/the-basics-of-chillers/*

*Carrier CCA. (n.d.). Product listing (Parent ID: 7, Category ID: 48). https://www.carriercca.com/product_listing.cfm?parent_id=7&cat_id=48*

# 2.1. FOLYADÉKHŰTŐK

**Kulcsfontosságú mutatók és hatékonyság**

- Hűtőteljesítmény (Qo): Hűtőteljesítmény tonnában vagy kilowattban (kW) mérve, a kivont hő mennyiségét jelzi.
- Energiafogyasztás (Wc): A kompresszorok fogyasztják (kW) a legtöbb villamos energiát a rendszerben, ezért a kialakításuk kritikus fontosságú a hatékonyság szempontjából. Figyelembe kell venni a vízszivattyúkat és a ventilátorokat, mivel ezek a fogyasztás 10%-át is kitehetik.
- Energiahatékonysági arány (EER): A hatékonyság mértéke, amelyet a biztosított hűtés és a felhasznált energia arányaként számítanak ki (kW hűtés / kW villamos energia).

$$EER = \frac{\dot{Q}_o}{\dot{W}_c}$$

- Szezonális energiahatékonysági mutató (SEER): Hasonló az EER-hez, de a teljes szezonra vonatkozik; a hűtési teljesítmény és a teljes elektromosenergia-felhasználás hányadosaként számítják ki (kWh hűtés / kWh villamos energia).

# 2.1. FOLYADÉKHŰTŐK

**Szezonális energiahatékonysági tényező (SEER)**

- A SEER a valós használati körülmények szimulálása érdekében egy meghatározott beltéri hőmérsékletet, valamint különböző kültéri hőmérsékleteket és terhelési szinteket vesz alapul.
- A vizsgálati módszertant az EN 14825 szabvány határozza meg.

| | | Kihasználtság | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | **100%** | **74%** | **47%** | **21%** |
| **Kültéri hőmérséklet** | **Légforrás** | 35 °C | 30 °C | 25 °C | 20 °C |
| | **Vízforrás** | 30 °C | 26 °C | 22 °C | 18 °C |

- Az energiahatékonysági osztály a SEER-értéktől és a berendezés típusától függ. A besorolás az A+++ és a G osztályok között mozog, ahol az előbbi jelöli a leghatékonyabb kategóriát.

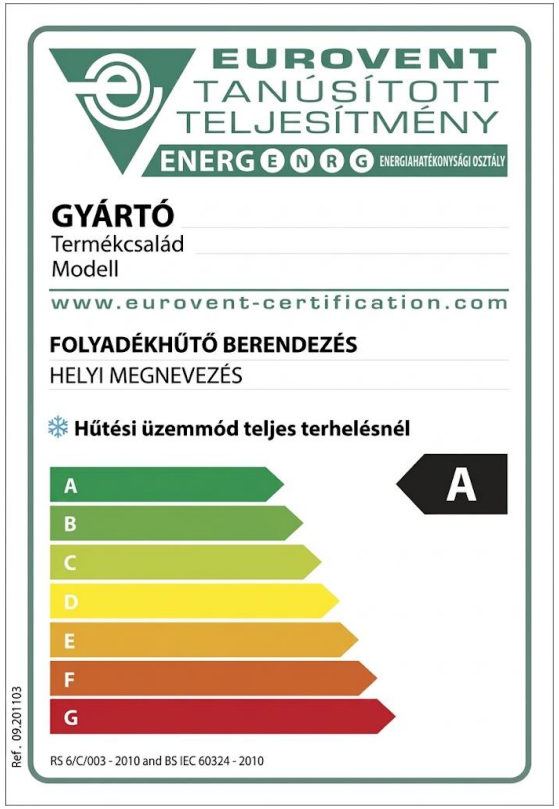
# 2.1. FOLYADÉKHŰTŐK

## Rendszer teljesítménye

A következőktől függ:

- A teljes rendszer megfelelő tervezése és szakszerű telepítése.
- Rendszeres karbantartás.
- A klimatizálandó épület mérete és energiahatékonysága.
- A rendszer mérete és légkezelési kapacitása.
- A rendszer napi használati ideje.
- A beltéri hőmérséklet.
- A külső levegő hőmérséklete.

| AC | CHF | |
|---|---|---|
| ≥ 5.05 | ≥ 5.1 | A |
| 4.65≤EER<5.05 | 4.9≤EER<5.1 | B |
| 4.25≤EER<4.65 | 4.7≤EER<4.9 | C |
| 3.85≤EER<4.25 | 4.5≤EER<4.7 | D |
| 3.45≤EER<3.85 | 4.3≤EER<4.5 | E |
| 3.05≤EER<3.45 | 4.1≤EER<4.3 | F |
| < 3.05 | <4.1 | G |




*Eurovent Certita Certification. (n.d.). Eurovent Certified Performance. https://www.eurovent-certification.com/en/*

# 2.1. FOLYADÉKHŰTŐK

**Hűtőgépek alkalmazásai**

HVAC-rendszerek

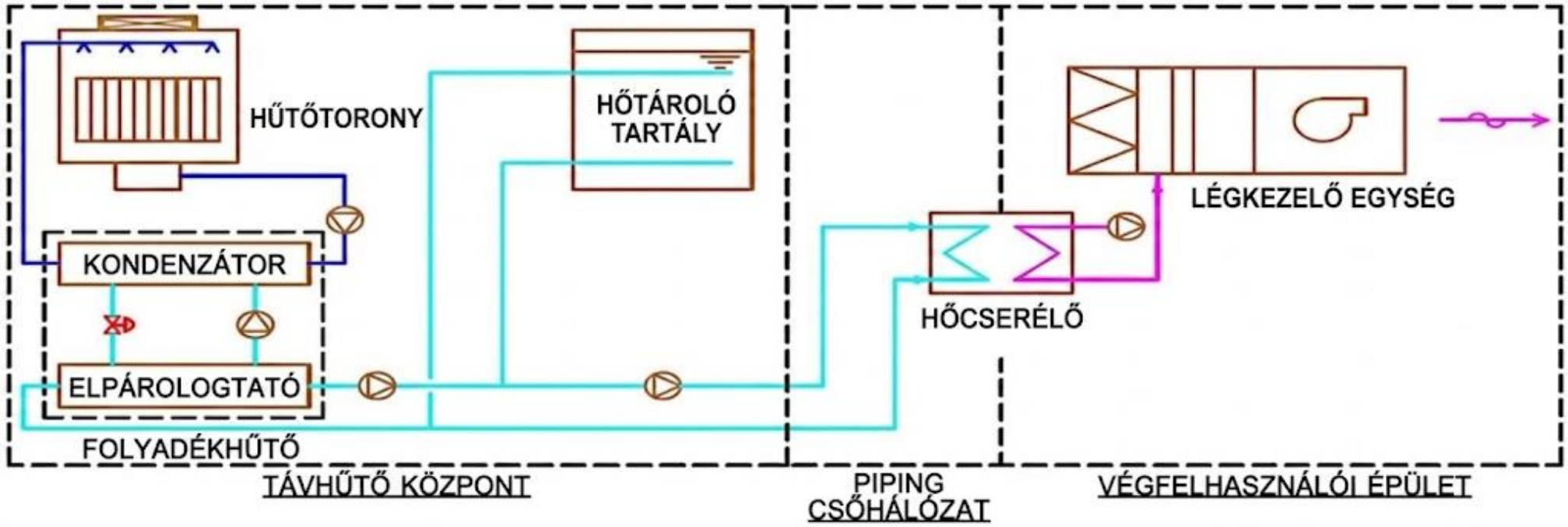
- Ipari folyamatok (élelmiszer-feldolgozás, műanyag-feldolgozás, fémfelület-kezelés…)
- Adatközpontok
- Hűtéstechnika
- Egészségügy
- Erőművek
- Jégpályák
- Távhűtés



*Cold Shot Chillers. (n.d.). Air-cooled chillers. https://waterchillers.com/air-cooled-chillers/*

# 2.1. FOLYADÉKHŰTŐK

## A hűtőgépek integrációja a távhűtésbe




A távhűtés-rendszerekbe történő hűtőegység-integrálás során két fő szempontot kell figyelembe venni: egyrészt általában vízhűtéses berendezést alkalmaznak, mivel a távhűtés nagy teljesítményű hűtőegységet igényel, a nagy tömegáramok kezelése pedig vízhűtést tesz szükségessé. Másrészt elengedhetetlen a hőtárolás alkalmazása is, hogy a rendszer képes legyen kielégíteni a körzet változó igényeit a különböző időszakokban.

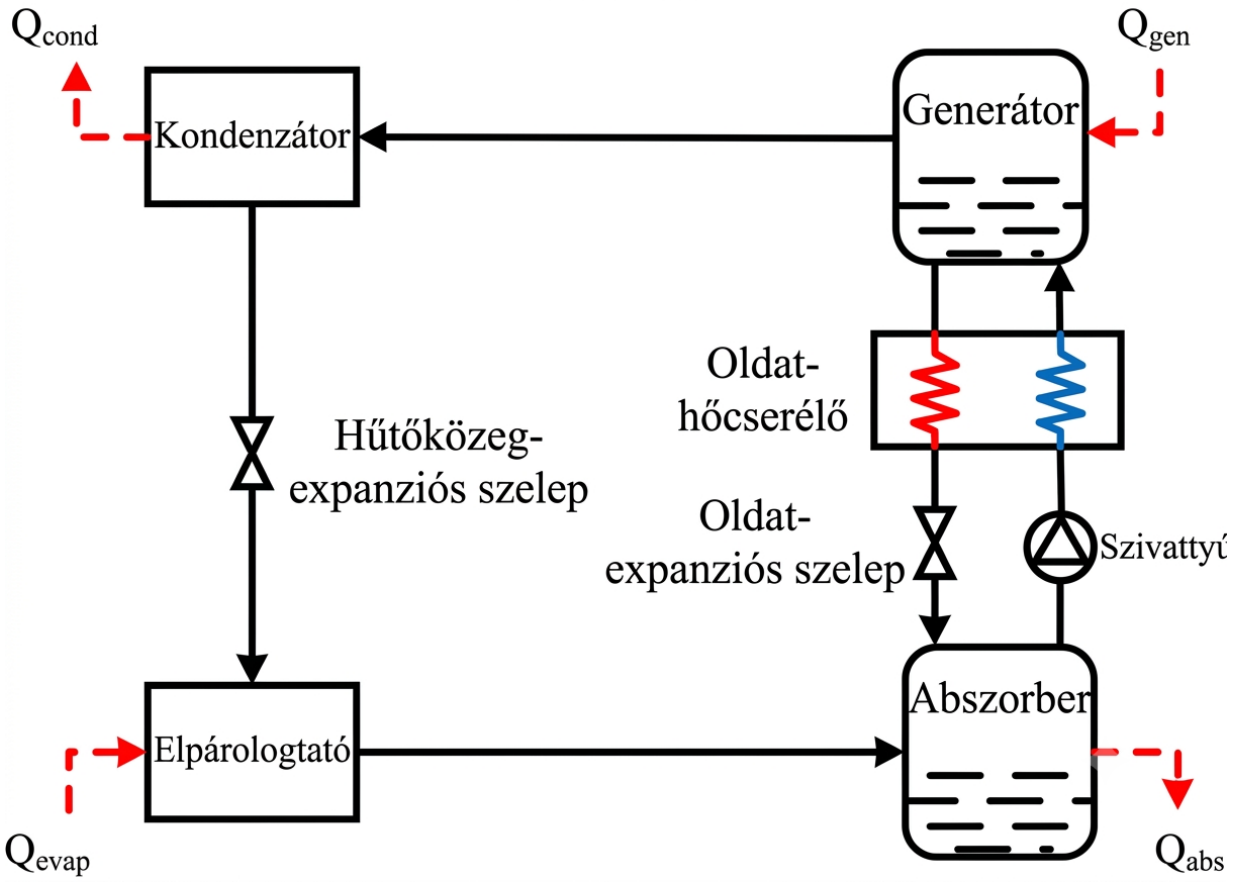
*District Cooling Pro. (n.d.). What are the main components of a district cooling system? https://districtcooling.pro/what-are-the-main-components-of-a-district-cooling-system/*

# 2.2. ABSZORPCIÓS HŰTŐBERENDEZÉSEK

**Abszorpciós hűtés**

**Fő alkotóelemek:**

1. **Elpárologtató**: Ahol a hűtőközeg hőt nyel el és elpárolog.
2. **Abszorber**: Ahol a hűtőközeg gőzét az abszorbens folyadék elnyeli.
3. **Generátor**: Ahol a hűtőközeget hő segítségével elválasztják az abszorbenstől, regenerálva a hűtőközeget.
4. **Kondenzátor**: Ahol a hűtőközeg hőt bocsát ki és visszacsapódik folyadékká.




*Wang, L., He, L., & He, Y. (2024). Review on Absorption Refrigeration Technology and Its Potential in Energy-Saving and Carbon Emission Reduction in Natural Gas and Hydrogen Liquefaction. Energies, 17(14), 3427. https://doi.org/10.3390/en17143427*

# 2.2. ABSZORPCIÓS HŰTŐBERENDEZÉSEK

**Az abszorpciós hűtőrendszerek típusai**

A hőmérséklet-tartománytól függően két fő hűtőközeg-abszorbens párost alkalmaznak:

**1. Ammónia–víz** ($NH_3$–$H_2O$) – 50 °C alatti alkalmazásokhoz; az ammónia a hűtőközeg, a víz pedig az abszorbens. Ipari hűtési rendszerekben elterjedt.

Előnyök: Nagy teljesítmény alacsony hőmérsékletű alkalmazásoknál.

Hátrányok: A víz illékony, ezért rektifikálóra van szükség; a rendszer összetett. Az ammónia gyúlékony, mérgező, és nem összeférhető a rézzel vagy sárgarézzel, ezért a rendszerek acélból készülnek.

**2. Víz–lítium-bromid** ($H_2O$–LiBr) – 50 °C feletti alkalmazásokhoz; a víz a hűtőközeg, a LiBr az abszorbens. Széles körben alkalmazzák nagy épületek légkondicionálásában és melegvíz-ellátásában.

Előnyök: nagyfokú biztonság és stabilitás, erős affinitás és nagy látens hő; szabályozható terhelés az abszorbens újrakoncentrálásával.

Hátrányok: kristályosodás veszélye 0 °C környékén; vákuum alatti működés; nagy viszkozitás; levegőbeszivárgás kockázata.

# 2.2. ABSZORPCIÓS HŰTŐBERENDEZÉSEK

**Releváns paraméterek**

**Hűtőteljesítmény($\dot{Q}_O$):** A hűtendő térből vagy folyamatból az elpárologtató által elvont hőmennyiség; jellemzően kW-ban mérik.

Hőbevitel ($\dot{Q}_g$): Az abszorpciós ciklus működtetéséhez szükséges hőmennyiség, amelyet jellemzően valamilyen hőforrás – például földgáz, hulladékhő vagy napenergia – biztosít. Gyakran kW-ban mérik.

Teljesítménytényező (COP): A hűtőteljesítmény (Qo) és a hőbevitel (Qg) aránya.

$$COP = \frac{\dot{Q}_O}{\dot{Q}_g}$$

A COP az energiahatékonyság egyik kulcsfontosságú mutatószáma. A magasabb COP hatékonyabb rendszert jelez. Abszorpciós hűtésnél a jellemző COP-értékek 0,5 és 1,5 között mozognak, ami jelentősen alacsonyabb a gőzkompressziós rendszerekéhez képest.

# 2.2. ABSZORPCIÓS HŰTŐBERENDEZÉSEK

**A gőzkompressziós rendszerekhez képest:**

| Kompressziós rendszerek | Abszorpciós rendszerek |
|---|---|
| Mechanikai munkával működik | Hővel működik |
| Magas COP | Alacsony COP (jelenleg maximum ≈ 1,4) |
| A teljesítmény (COP és kapacitás) nagyon érzékeny az elpárologtató hőmérsékletére | A teljesítmény nem nagyon érzékeny az elpárologtató hőmérsékletére |
| A rendszer COP-je jelentősen csökken részterhelésnél | A COP nem csökken jelentősen a terheléssel |
| A folyadék az elpárologtató kimeneténél károsíthatja a kompresszort | A folyadék jelenléte az elpárologtató kimeneténél nem komoly probléma |
| A teljesítmény érzékeny az elpárologtató túlhevítésére | Az elpárologtató túlhevítése nem túl fontos |
| Sok mozgó alkatrész | Nagyon kevés mozgó alkatrész |
| Rendszeres karbantartást igényel | Nagyon kevés karbantartást igényel |
| Nagyobb zaj és rezgés | Kisebb zaj és rezgés |
| A kis rendszerek kompaktak, a nagyok ormótlanok | A kis rendszerek ormótlanok, a nagyok kompaktak |
| Gazdaságos, ha rendelkezésre áll elektromos áram | Gazdaságos, ahol olcsó üzemanyag vagy hulladékhő áll rendelkezésre |

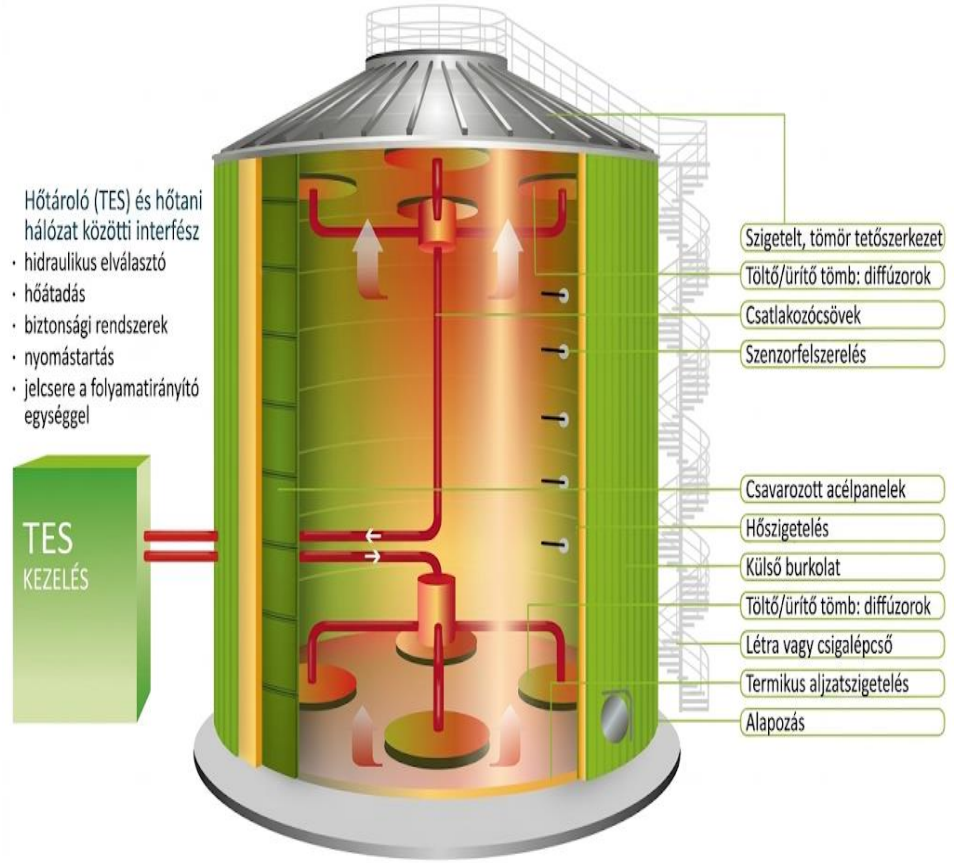
# 2.3. HŐENERGIA-TÁROLÁS (TES)

**Bevezetés a hőtárolásba (TES)**

A hőtárolás (TES) hőt vagy hűtést tárol későbbi felhasználásra, elkülönítve a termelést a fogyasztástól.

A koncepció hasonló az elektromos akkumulátorokhoz, de az elektromos áram tárolása helyett fűtést vagy „hűtést” tárolnak, növelve a folyadék hőmérsékletét, vagy fázisváltást alkalmazva (általában szilárdból folyékony halmazállapotba és fordítva).

Ez azt jelenti, hogy fűtés vagy hűtés akkor termelhető, ha extra többlet vagy megújuló villamos energia, vagy hulladékhő áll rendelkezésre, majd szükség esetén felhasználható. Ez különösen érdekes a központi vagy hulladékhűtéses hálózatokban (DCN), ahol a központi vagy hulladékhűtés független az egyéni vagy ipari fogyasztóktól.




*API Energy. (n.d.). API Energy thermal energy storage (TES) water / ice. http://apienergy.co.uk/product/api-energy-thermal-energy-storage-tes-water-ice/*

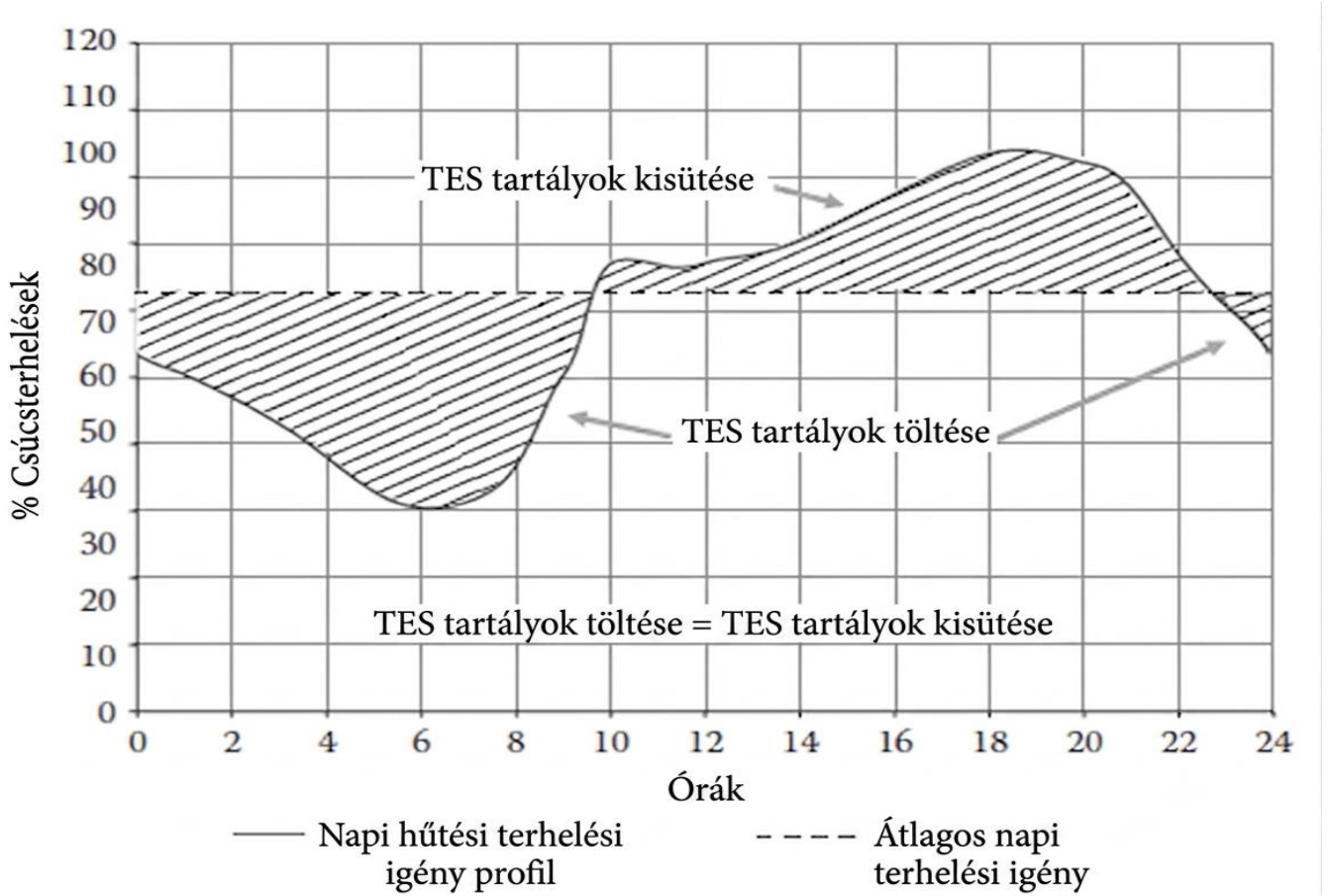
# 2.3. HŐENERGIA-TÁROLÁS (TES)

## A TES fő előnye

A távhűtésekben a TES jellemzően a hűtőenergia tárolását jelenti egy szigetelt víztartályban. A tartályt csúcsidőn kívüli időszakokban (éjszaka vagy hétvégén) hűtik vagy fagyasztják, csúcsidőnként (hétköznap) pedig megolvasztják vagy felmelegítik.

Ez csökkenti a nagy hűtőberendezések iránti igényt a csúcsterhelés idején azáltal, hogy a TES-t lemeríti a terhelés egy részének vagy egészének kielégítésére. A plusz hűtőkapacitás a csúcsidőn kívüli időszakokban tölti a TES-t, miközben a csúcsidőn kívüli hűtési terheléseket is kielégíti.

Az alacsonyabb kapacitású hűtőberendezések csökkentik a beruházási és üzemeltetési költségeket, valamint csökkentik a hálózat elektromos terhelését.




*Ghajar, A. J., Kraus, A. D., Welty, J. R., & Aziz, A. (2017). HEAT TRANSFER A Series of Reference Books and Textbooks Series editor Introduction to Thermal and Fluid Engineering. www.ebook3000.com*

# 2.3. HŐENERGIA-TÁROLÁS (TES)

## Hőenergia tárolás típusai

| | Jégtároló tartály | Hűtött víztároló tartály | Alacsony hőmérsékletű folyadéktárolótartály |
|---|---|---|---|
| Tárolás típusa | Látens hő | Érzékelhető hő | Látens hő |
| Kisülési hőmérséklet | 1ºC to 7ºC | 4ºC to 6ºC | -1ºC to 2ºC |
| Töltési hőmérséklet | -8ºC to -2ºC | 4ºC to 6ºC | -1ºC to 2ºC |
| Újratöltési hűtőgép és áramellátás (kW áram be/kW hő kiment) | 0.8 to 1.1 kW/ton (0.23 to 0.31) | 0.6 to 0.7 kW/ton (0.23 to 0.31) | 0.7 to 0.8 kW/ton (0.23 to 0.31) |

*District cooling guide. (2013). ASHRAE. https://www.ashrae.org/technical-resources/bookstore/district-heating-and-cooling-guides*

# 2.3. HŐENERGIA-TÁROLÁS (TES)

Alkalmazások

- Oktatási intézmények: iskolák, főiskolák és egyetemek
- Egészségügyi intézmények: kórházak, klinikák, laboratóriumok és orvosi kutatóintézetek
- Repülőterek, múzeumok: valamint sport- és szórakoztató komplexumok
- Kormányzati intézmények: intézményi; katonai; kutatóintézetek; adminisztratív; és büntetés-végrehajtási intézmények, szövetségi, állami és helyi szinten
- Magánszektor: kereskedelmi és ipari létesítmények (beleértve a repüléstechnikát és a repülőgépipart, az autóipart, a számítástechnikát, az adatfeldolgozást, az elektronikát, a gyógyszeripart és a telekommunikációt)
- Távhűtési közművek: CHW közműrendszerek, amelyek több ügyfélnek értékesítenek hűtést
- Energiaszolgáltatások/Teljesítményszerződések: harmadik fél által finanszírozott projektek, amelyeket energiahatékonysággal kapcsolatos költségmegtakarítások finanszíroznak
- Turbina bemeneti hűtése: a meleg időjárási teljesítmény és a belső égésű turbinás erőművek hatékonyságának növelése

# 2.3. HŐENERGIA-TÁROLÁS (TES)

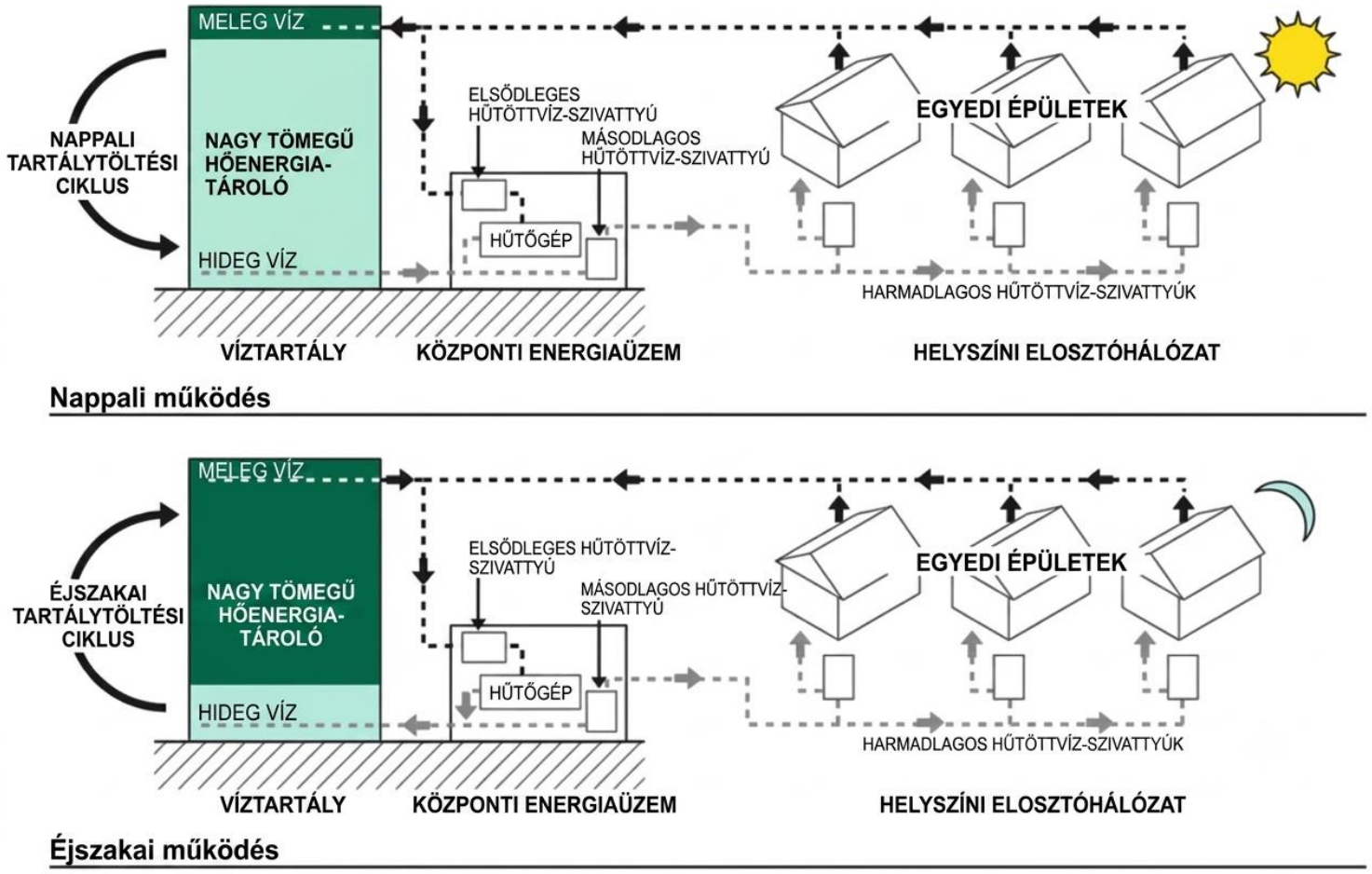
**A TES integrálása a távhűtési rendszerbe**

TES: hűtési energiát tárol későbbi felhasználásra

Távhűtés: egyensúlyt teremt a kínálat és a kereslet között

Előnyök: csökkenti a csúcsterhelést és növeli a rendszer rugalmasságát

Hatás: javítja az összhatásfokot, valamint lehetővé teszi a megújuló energia és a hulladékhő hatékonyabb hasznosítását




*Thirkell Consulting Engineers. (n.d.). District cooling system with large scale thermal energy water storage. https://www.thirkell.com.au/tropicalbuild/case-studies/district-cooling-system-with-large-scale-thermal-energy-water-storage*

# 2.3. HŐENERGIA-TÁROLÁS (TES)

**A hőtárolás és a távhűtési hálózat integrációjának általános előnyei:**

- A telepítés összköltsége alacsonyabb a hűtőrendszer beépített teljesítményigényének csökkenése miatt. A hűtőberendezések mérete kisebb lehet, mivel a rendszert nem a csúcsterhelésre, hanem az átlagos terhelésre méretezik.

- Az üzemeltetési költségek alacsonyabbak a hagyományos, közvetlen hűtési rendszerekhez képest, mivel elkerülhető a csúcsfogyasztás a magasabb villamosenergia-tarifájú időszakokban.

- Csökken a környezeti terhelés, mivel mérséklődik a $CO_2$-kibocsátás. Az energiatárolás és a hőtároló tartály révén javuló üzemeltetési hatékonyság tovább csökkenti a távhűtési rendszer $CO_2$-kibocsátását.

- Csökkenthető a hűtőrendszer méretezési teljesítménye. Ez annak köszönhető, hogy a tartályban már felhalmozott energia révén a hűtőberendezés tényleges teljesítményigénye alacsonyabb lehet, így kisebb méretű rendszer is alkalmazható.

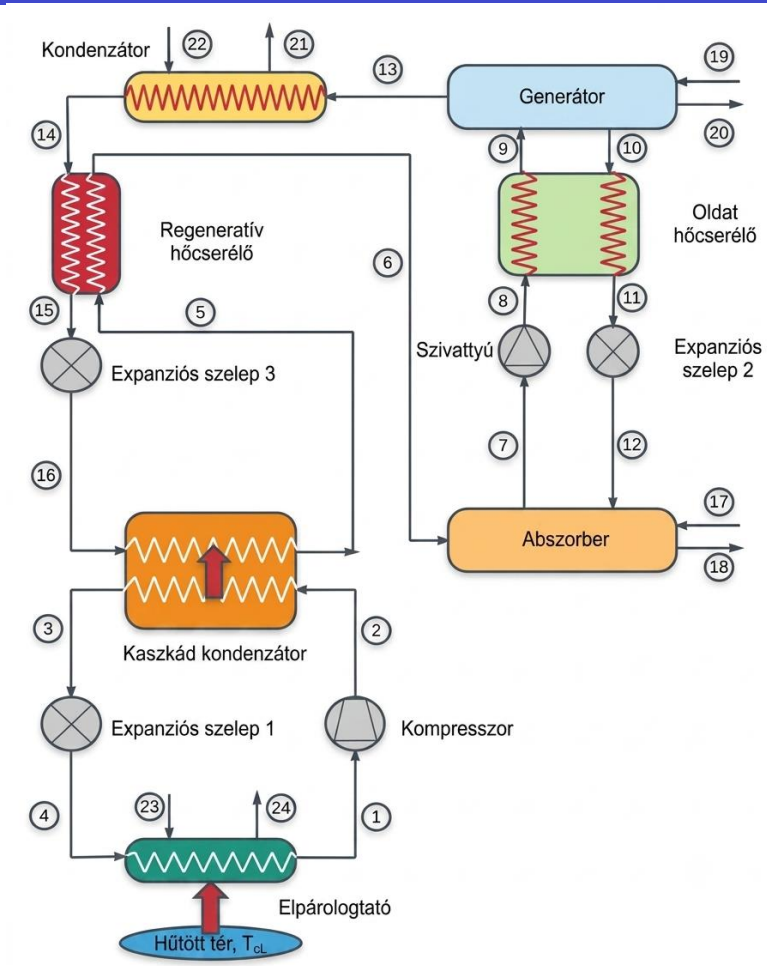
# 2.4. MECHANIKUS HAJTÁSÚ ÉS HŐENERGIÁVAL MŰKÖDTETETT ABSZORPCIÓS RENDSZEREK KOMBINÁCIÓJA

**Bevezetés**

Mechanikus hajtású rendszerek (például gőzkompressziós hűtés) és hőenergiával működő abszorpciós rendszerek kombinációja.

A megoldás két eltérő hűtési technológiát ötvöz a rendszer általános teljesítményének, energiahatékonyságának és fenntarthatóságának növelése érdekében.

A rendszerek a kondenzátoron keresztül kapcsolhatók össze: a gőzkompressziós rendszer által leadott hő hasznos hőként szolgál egy másik körfolyamat – az abszorpciós rendszer – számára. E hő hasznosítása nélkül az a környezetbe távozna és elveszne; így viszont maximalizálható a teljes rendszer energiahatékonysága.




*Turgut, M., & Turgut, O. (2019). Comparative investigation and multi objective design optimization of a cascaded vapor compression absorption refrigeration system operating with different refrigerants in the vapor compression cycle. Heat and Mass Transfer, 55. https://doi.org/10.1007/s00231-018-2430-3*

# 2.4. MECHANIKUS HAJTÁSÚ ÉS HŐENERGIÁVAL MŰKÖDTETETT ABSZORPCIÓS RENDSZEREK KOMBINÁCIÓJA

**Kulcsfontosságú paraméterek**

Ebben az esetben a COP figyelembe veszi a teljes rendszer bemeneteit és kimeneteit:

- $COP_c$: Kombinált teljesítményegyüttható (egész rendszer)
- $\dot{Q}_{cas,cond}$ : kaszkád kondenzátor terhelése
- $\dot{Q}_g$: hőterhelés-bemenet
- $\dot{W}_c$ : kompresszor energiafogyasztása
- $\dot{W}_P$ : szivattyú energiafogyasztása

$$COP = \frac{\dot{Q}_{cas,cond}}{(\dot{Q}_g + \dot{W}_c + \dot{W}_P)}$$

*Turgut, M., & Turgut, O. (2019). Comparative investigation and multi objective design optimization of a cascaded vapor compression absorption refrigeration system operating with different refrigerants in the vapor compression cycle. Heat and Mass Transfer, 55. https://doi.org/10.1007/s00231-018-2430-3*

# 2.4. MECHANIKUS HAJTÁSÚ ÉS HŐENERGIÁVAL MŰKÖDTETETT ABSZORPCIÓS RENDSZEREK KOMBINÁCIÓJA

**A rendszer alkalmazási területei**

- Ipari hűtés
- Távhűtési rendszerek
- Kombinált hő- és villamosenergia-termelő (CHP) erőművek
- Kombinált fűtés és hűtés (CHC)
- Vegyipar és petrolkémiai ipar
- Adatközpontok

**Hulladékhő-hasznosításon alapuló távfűtés és -hűtés**

- Hűtött szállítás
- Jégpályák és sportcsarnokok
- Gyógyszeripari és orvosi alkalmazások
- Napenergiával működő hűtőrendszer

Széles körű elterjedésüket azonban a költségek és a bonyolultság akadályozza. Piaci megjelenésükhöz technológiai fejlődésre vagy az alkalmazásukat ösztönző szabályozásra van szükség.

# 2.5. KÖVETKEZTETÉSEK

- A léghűtéses és vízhűtéses hűtők jelentős előnyöket és hátrányokat mutatnak.

- A COP és az EER számszerűsíti a hőszivattyúk és hűtők névleges működését.
- A szezonális COP és EER a szezonális működést veszi figyelembe, részletesebb képet adva a tényleges fogyasztásról.
- Az abszorpciós hűtők hővel aktiválódnak villamos energia helyett. Gázüzeműek lehetnek, de fenntarthatóságuk maximalizálódik, ha megújuló energiaforrásokkal, hulladékhővel vagy távfűtési hálózatokkal kombinálják őket.
- Az abszorpciós hűtőkben két folyadékot kell figyelembe venni az adott alkalmazáshoz.
- A hőenergia-tárolást értelmes hőtárolásnak tekintik (melegvíz-tartály). A fázisváltó anyagok és a termokémiai energiatárolás azonban közép- és hosszú távon ígéretesek.
- A gőzkompressziós és abszorpciós rendszerek kombinációja maximalizálhatja a hűtési termelést. Ez különösen hasznos egyidejű fűtési és hűtési alkalmazásokban a hőenergia-termelés diverzifikálására és a csúcsterhelés eltolására.

# 3. HŰTŐKÖZEGEK



SHaKE

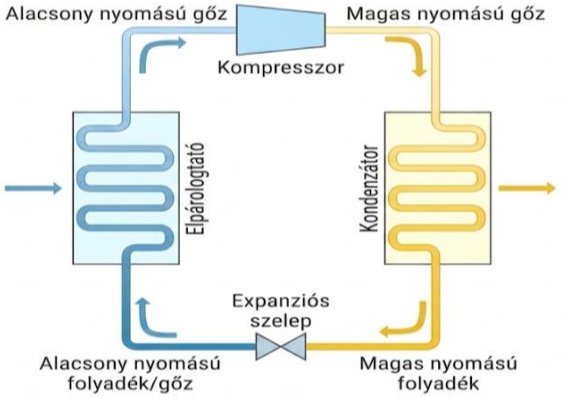
# 3.1. BEVEZETÉS A HŰTŐKÖZEGEK TÉMAKÖRÉBE

**Meghatározás:**

A Nemzetközi Hűtéstechnikai Intézet (IIR) szerint: A hűtőközeg egy anyag vagy keverék, jellemzően folyékony, amelyet egy hűtőkörforgásban használnak a következők elérésére:

- alacsony hőmérsékleten és nyomáson hőt vesz fel,
- majd magasabb hőmérsékleten és nyomáson adja le azt.

Ez a hőátadás a hűtőközeg halmazállapot-változása – jellemzően folyadékból gázzá és fordítva történő átalakulása – során megy végbe, lehetővé téve a hűtést vagy fűtést olyan alkalmazásokban, mint a hűtéstechnika, a légkondicionálás és a hőszivattyús rendszerek.









*Super Radiator Coils. (n.d.). Custom commercial & industrial heat exchangers. https://www.superradiatorcoils.com/*

*Sdya Chem. (n.d.). Refrigerant R600a isobutane gas. https://es.sdya-chem.com/refrigerant-gas/isobutane-r600a/refrigerant-r600a-isobutane-gas.html*

*Advanced Commercial. (n.d.). Commercial HVAC, refrigeration, plumbing & building automation solutions. https://advanced-commercial.com/*

# 3.1. BEVEZETÉS A HŰTŐKÖZEGEK TÉMAKÖRÉBE

## Elsődleges hűtőközeg és másodlagos hűtőközeg

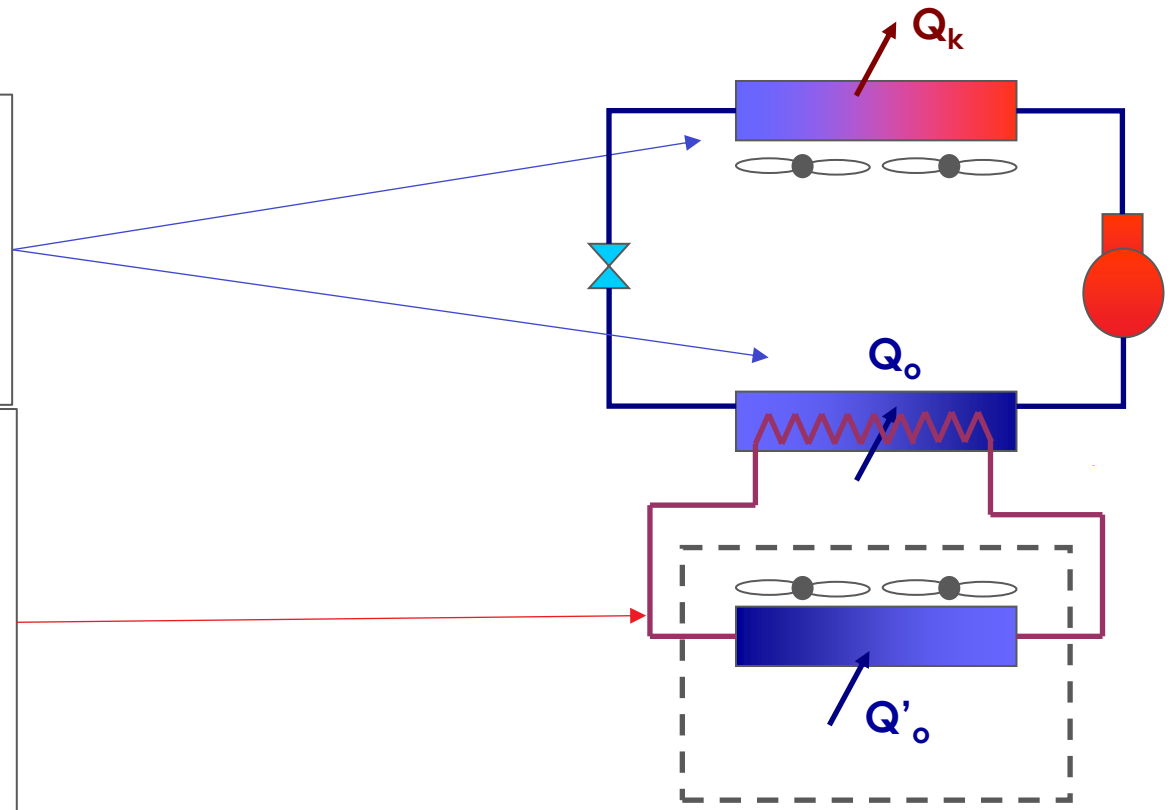
**Elsődleges hűtőközeg, más néven munkaközeg.**

- Magasabb nyomáson/hőmérsékleten adja le a hőt,
- alacsonyabb nyomáson/hőmérsékleten pedig felveszi azt.

Másodlagos hűtőközeg ,más néven:

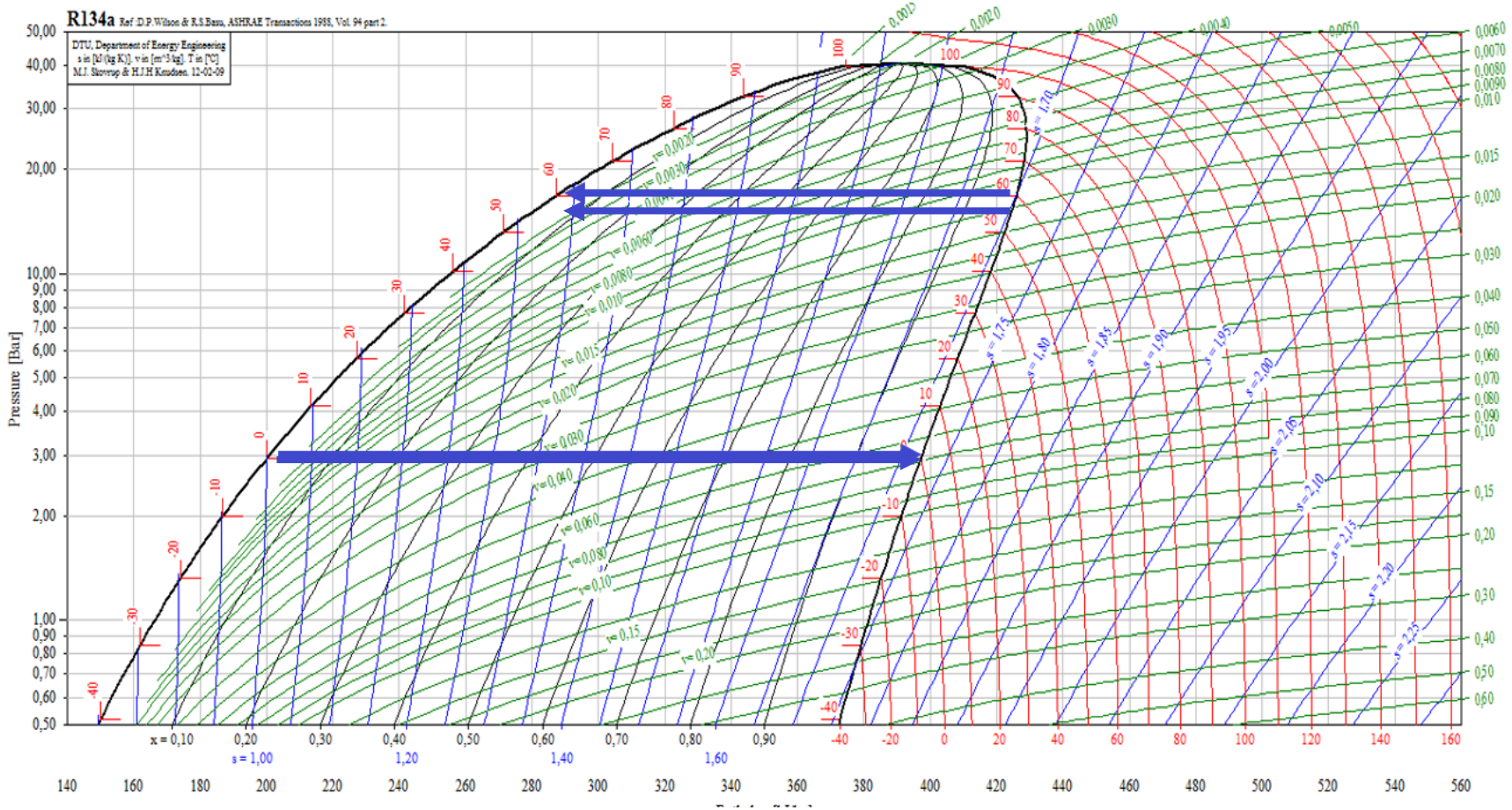
- másodlagos közeg,
- másodlagos hűtőfolyadék,
- hőátadó közeg

bármely olyan közeg, amelyet a hőnek a hőkezelendő termékekből az elsődleges hűtőközeg felé történő átadására használnak.



# 3.1. BEVEZETÉS A HŰTŐKÖZEGEK TÉMAKÖRÉBE

## Alapvető osztályozás



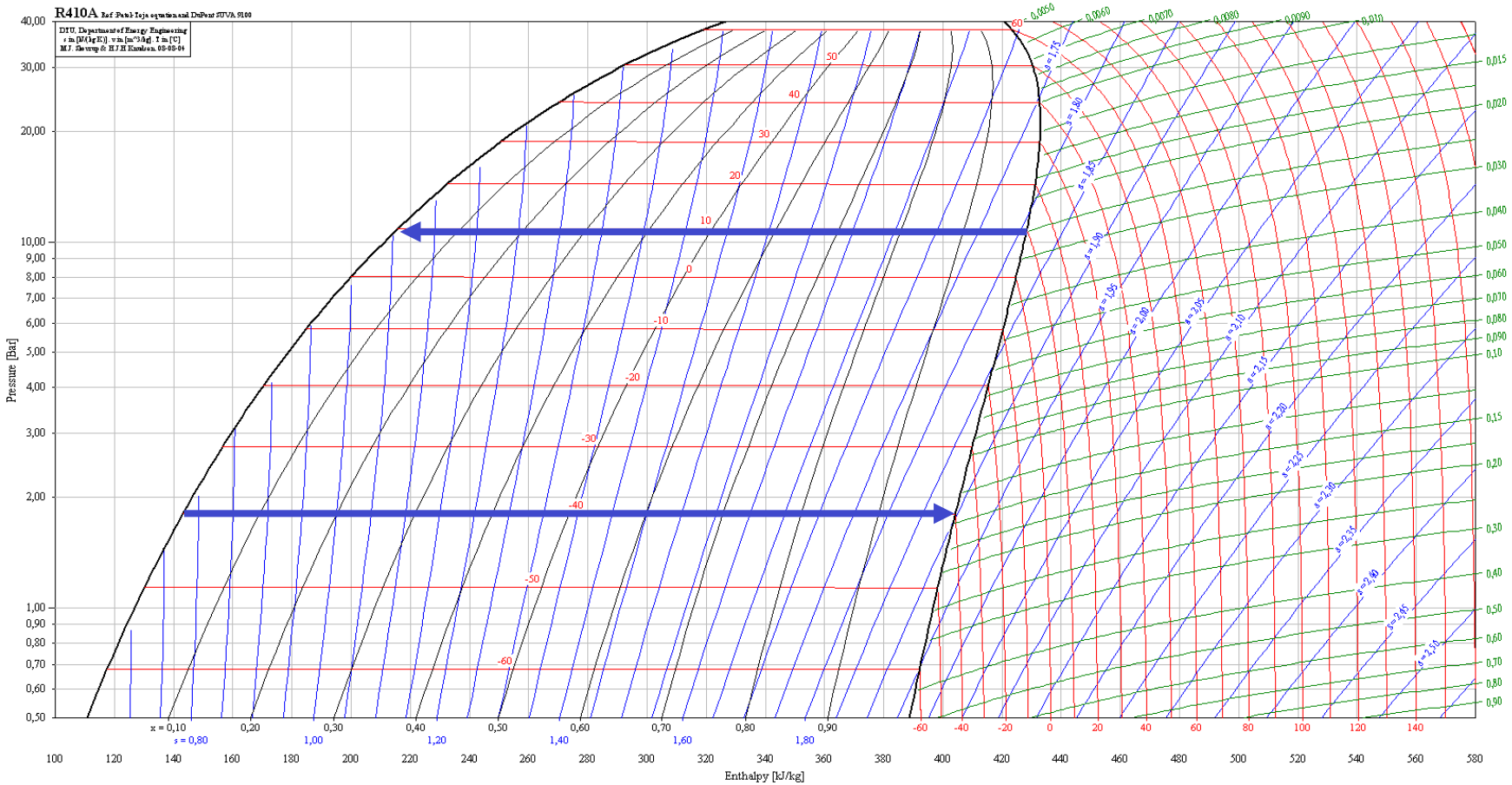

**Tiszta Közeg**: Az állapotváltozás során a nyomás és a hőmérséklet állandó, így az egyikből a másik meghatározható.

Fázisátalakulás során:
P→T és T→P

*Wilson, D. P., & Basu, R. S. (1988). [Title of the article]. ASHRAE Transactions, 94(2).*

# 3.1. BEVEZETÉS A HŰTŐKÖZEGEK TÉMAKÖRÉBE

## Alapvető osztályozás

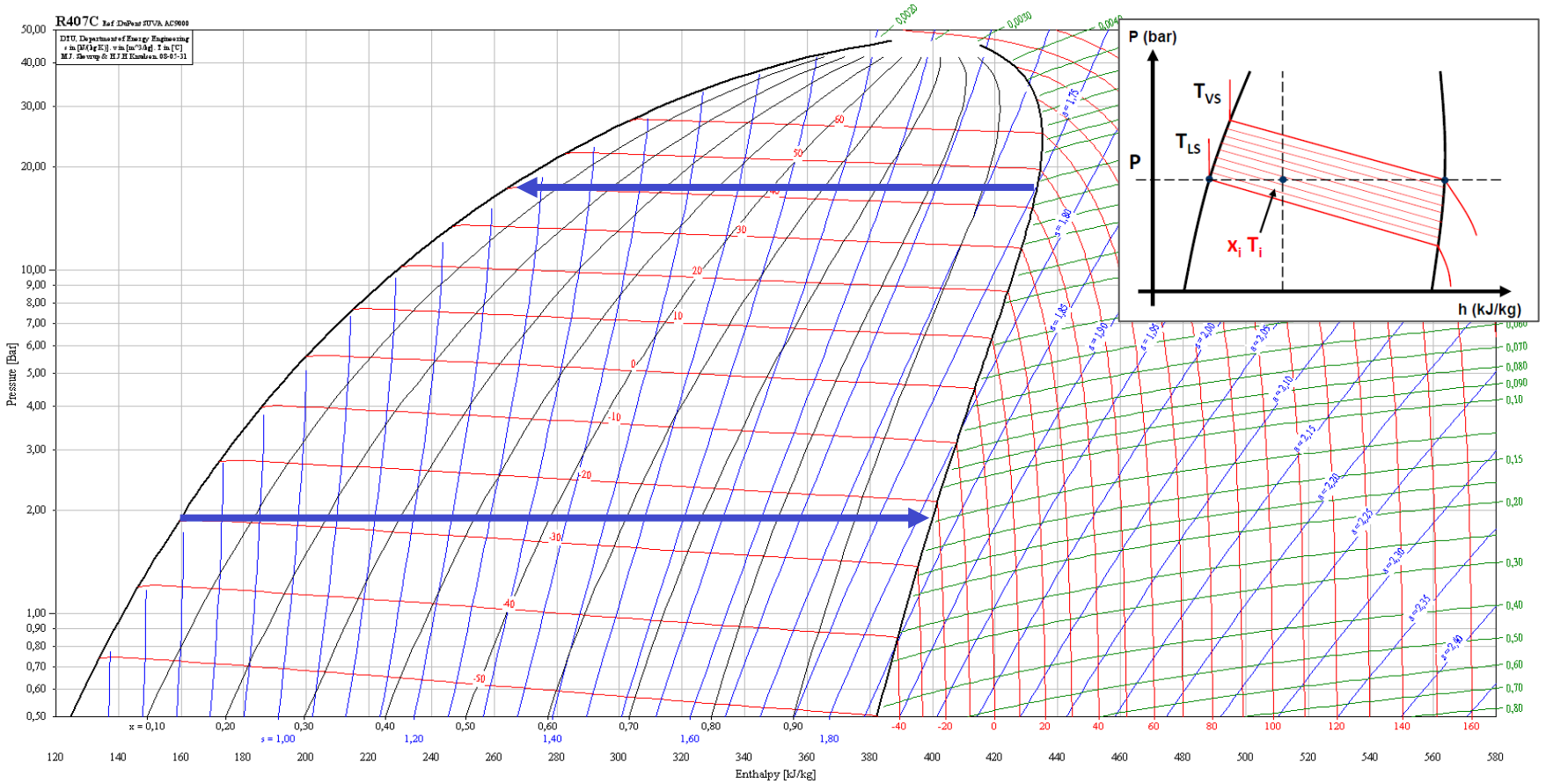



**Azeotróp elegy:** Az összetétel és az azeotróp hőmérséklet nem változik számottevően, miközben az azeotróp állandó nyomáson elpárolog vagy lecsapódik.

*E. I. du Pont de Nemours and Company. (n.d.). DuPont Suva 9100 refrigerant: Properties, uses, storage, and handling.*

# 3.1. BEVEZETÉS A HŰTŐKÖZEGEK TÉMAKÖRÉBE

## Alapvető osztályozás




**Zeotróp elegy:** Állandó nyomáson, a folyadék-gőz fázisátalakulás során a zeotróp elegy hőmérséklete és összetétele változik. A meghatározásához a P-T adatokon túl további paraméterre is szükség van.

E. I. du Pont de Nemours and Company. (n.d.). DuPont Suva AC9000 refrigerant: Properties, uses, storage, and handling.

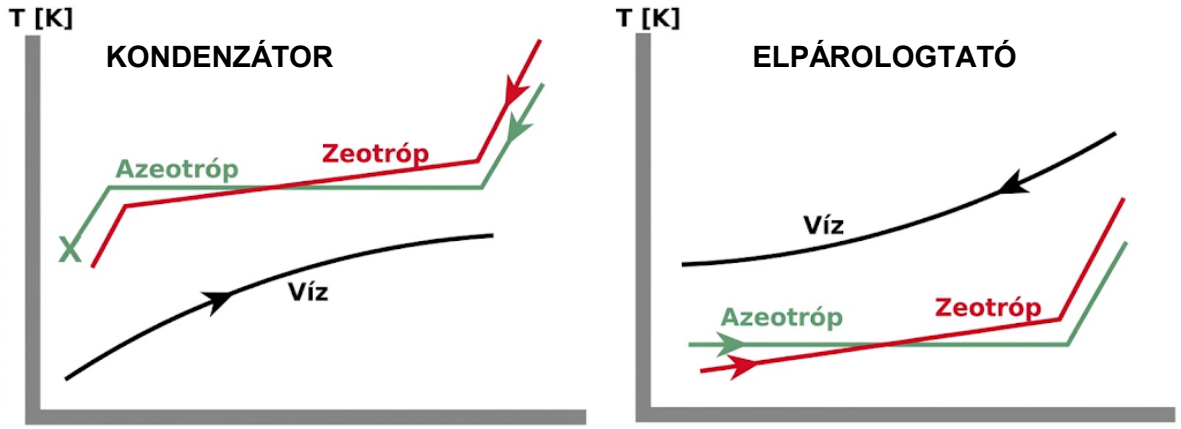
# 3.1. BEVEZETÉS A HŰTŐKÖZEGEK TÉMAKÖRÉBE

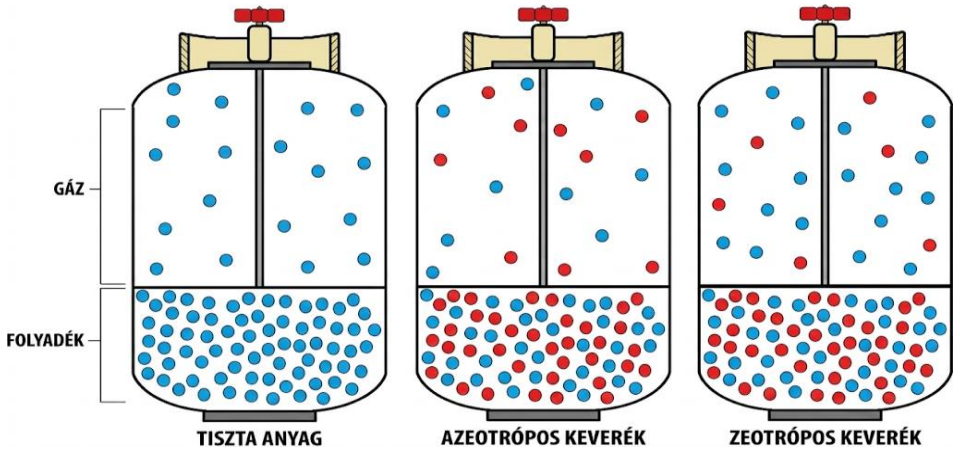
## Alapvető osztályozás

### Keverékek:

A zeotróp keverékek esetében különleges intézkedések szükségesek a tulajdonságok meghatározásához, a paraméterek kiszámításához, a kezeléshez stb.

Az alacsony hőmérséklet-csúszású (forráspont-eltolódású) – forrástól függően 0,5–1 K alatti értékű – zeotróp keveréket kvázi-azeotrópnak nevezzük, és a gyakorlatban azeotróp keveréknek tekinthetjük.

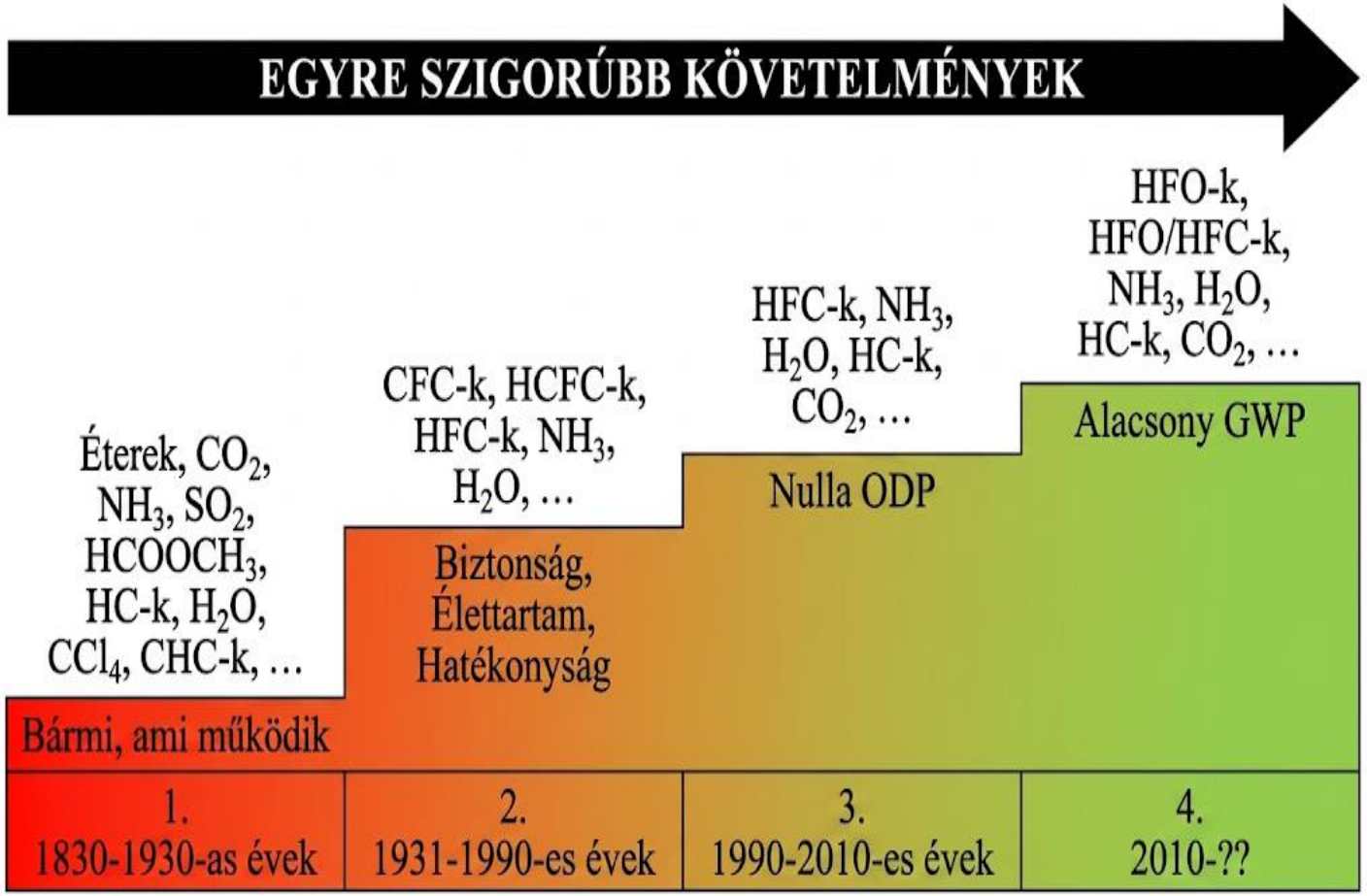



*SWEP International AB. (n.d.). Brazed plate heat exchangers for HVAC and industrial applications. https://www.swepgroup.com/*

*Silva-Alvarado, O., Sánchez-Cruz, F. A., & [Other Authors]. (2022). Zeotropic refrigerants: Image analysis for void fraction measurement at evaporator's inlet for R-404A. In Memorias del XXVIII Congreso Internacional Anual de la SOMIM (pp. 162–[End Page]). Sociedad Mexicana de Ingeniería Mecánica. https://somim.org.mx/memorias/memorias2022/articulos/A4_107.pdf*

# 3.2. TÖRTÉNELEM ÉS FEJLŐDÉS

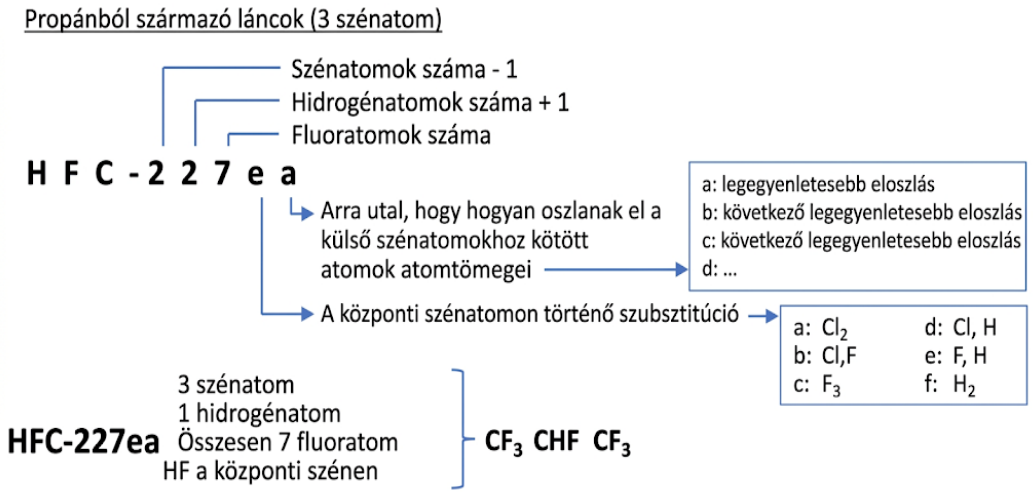


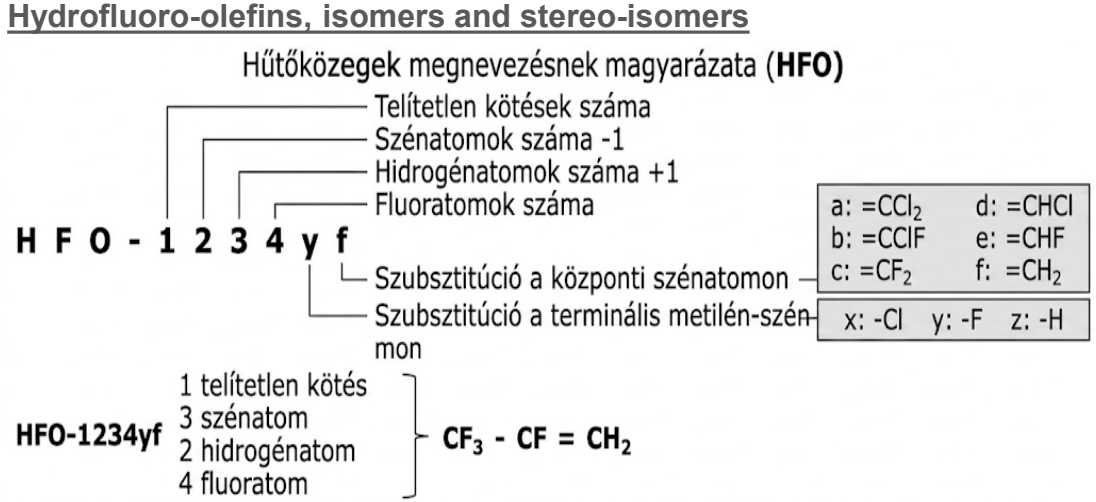

*Mota-Babiloni, Adrián. (2016). Analysis of low Global Warming Potential fluoride working fluids in vapour compression systems. Experimental evaluation of commercial refrigeration alternatives. 10.13140/RG.2.1.1444.5685.*

# 3.3. MEGNEVEZÉS ÉS TULAJDONSÁGOK

## Megnevezés

**Az ASHRAE 34-es szabvány elnevezési rendszert biztosít a gyakori hűtőközegek számára, és biztonsági osztályba sorolja azokat.**




For **double bonds**, **cis** (substitutes on the same the same side of the double bond) and **trans** configurations (substitutes on opposite sides of the double bond) may need to be indicated.
For HFO-1336mzz(Z), the **'m' indicates CF3** (letters from a to l indicate other groups) and the **two 'z' s indicate H on the central carbon C=C**

*European Fluorocarbons Technical Committee. (n.d.). European Fluorocarbons Technical Committee (EFCTC). https://www.fluorocarbons.org/*

# 3.3. MEGNEVEZÉS ÉS TULAJDONSÁGOK

**Tulajdonságok: Biztonság**

Toxicitás

Gyúlékonyság

*Meghatározása az ASHRAE 34 (nemzetközi), majd az EN378 (Európa) szabványok alapján történik, ezt követően pedig az adott országtól függ.*

Fokozott gyúlékony hatás

| | Alacsonyabb Toxicitás | **Magasabb Toxicitás** |
|---|---|---|
| Nagyobb Tűzveszélyesség | A3 | **B3** |
| Kisebb Tűzveszélyesség | A2 | B2 |
| | A2**L** | B**2L** |
| Nincs Lángterjedés | A1 | **B1** |

**Növekvő toxicitás**

A besorolás befolyásolja a maximális hűtőközeg töltési mennyiségét minden hűtőeszköz alkalmazásához

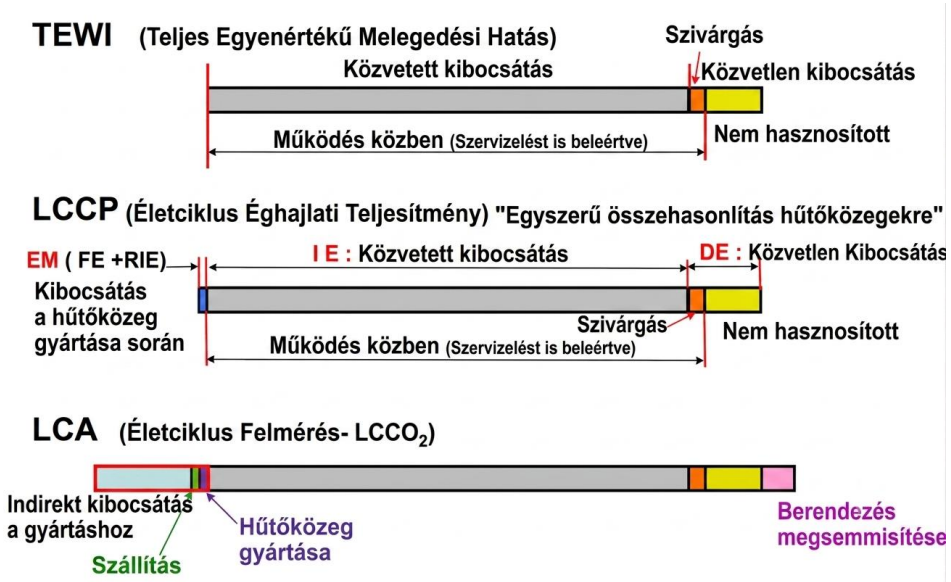
*A: ≤ 400 ppm (térfogatarányú) koncentráció mellett nem észleltek toxicitást.*

# 3.4. KÖRNYEZETI HATÁS

**Környezeti mutatók összefoglaló**

- **ODP**: Az R-11-hez viszonyítva méri a sztratoszférikus ózonréteg bomlását.
- **GWP**: Egy adott időszakra vonatkozóan, a $CO_2$-hoz képest méri a hűtőközeg relatív hőtartó (melegítő) hatását.
- **TEWI**: A hűtőközeg-szivárgás és az energiafogyasztás együttes melegítő hatását értékeli, de nem veszi figyelembe a gyártást.
- **LCCP**: Számításba veszi a hűtőközeg teljes életciklusa során jelentkező összesített klímahatást, beleértve a gyártást, a felhasználást és az ártalmatlanítást is.
- **LCA:** Átfogóan értékeli a környezeti hatásokat számos kategória mentén, a termék teljes életciklusa során.

*Grafikus ábrázolás a $CO_2$ ekvivalens kibocsátásokra:*



# 3.4. KÖRNYEZETI HATÁS

**GWP**

A globális felmelegedési potenciál (GWP) egy üvegházhatású gáz relatív hatását méri – a hőtartó képessége alapján, egy meghatározott időszakra (jellemzően 20, 100 vagy 500 évre) vetítve – a szén-dioxidhoz ($CO_2$) képest, amelynek GWP-értéke definíció szerint 1. A GWP figyelembe veszi a gáz által elnyelt energia mennyiségét, légköri tartózkodási idejét, valamint időbeli koncentrációját. Egy anyag $t$ időszakra vonatkozó GWP-értékét az alábbi egyenlet adja meg:

$$\mathrm{GWP}_{\text{gáz},t} = \frac{\int_0^t a_{\text{gáz}} \cdot C_{\text{gáz}}(t)\, dt}{\int_0^t a_{\mathrm{CO_2}} \cdot C_{\mathrm{CO_2}}(t)\, dt}$$

ahol:

$a_{\text{gáz}}$: A gáz sugárzási hatásfoka (az egységnyi tömegre jutó, általa visszatartott hőmennyiség).
$C_{\text{gáz}(t)}$: A gáz légköri koncentrációja az idő függvényében.
$a_{\mathrm{CO_2}}$ : A $CO_2$ sugárzási hatásfoka.
$C_{\mathrm{CO_2}}\,(t)$: A $CO_2$ koncentrációja az idő függvényében.

**A GWP azt mutatja meg, hogy egy adott tömegű hűtőközeg (vagy egyéb üvegházhatású gáz) milyen mértékben járul hozzá a globális felmelegedéshez ugyanakkora tömegű $CO_2$-hoz képest.**

# 3.4. KÖRNYEZETI HATÁS

## TEWI

1) **Közvetlen kibocsátás:** A hűtőközeg véletlenszerű szivárgása és vesztesége az üzemeltetés, a karbantartás és az élettartam végén történő ártalmatlanítás szakaszában. Kiszámítása a következőképpen történik:

**Közvetlen kibocsátás = Szivárgási arány × Töltet × GWP + Életciklus végi kibocsátás × Töltet × GWP**

- Szivárgási arány: A hűtőközeg éves szivárgási százaléka.
- Töltet: A hűtőközeg teljes töltete (a rendszerben lévő hűtőközeg tömege).
- Életciklus végi kibocsátás: A hulladékká váláskor elvesző vagy vissza nem nyert hűtőközeg százalékos aránya.

**2) Közvetett kibocsátás:** a rendszer teljes élettartama alatti energiafogyasztásából származó, $CO_2$-egyenértékben kifejezett kibocsátás. Kiszámítási módja:

**Közvetett kibocsátás = Éves energiafelhasználás × Élettartam × Kibocsátási tényező**

- Éves energiafelhasználás: A rendszer által egy év alatt felhasznált energia.
- Élettartam: A rendszer várható működési élettartama.
- Kibocsátási tényező: Az egységnyi felhasznált energiára jutó $CO_2$-kibocsátás, az áramtermelési mix függvényében.

# 3.4. KÖRNYEZETI HATÁS

**LCCP**

Az életciklusra vetített klímahatás (LCCP) egy hűtőközeg teljes klímahatását értékeli annak teljes életciklusa során, figyelembe véve mind a közvetlen, mind a közvetett kibocsátást. Közvetlen kibocsátás akkor keletkezik, amikor a hűtőközeg a környezetbe jut (szivárgás vagy ártalmatlanítás révén), míg a közvetett kibocsátás a hűtőberendezés működtetéséhez szükséges energiából származik. Az LCCP általános képlete a következő:

$$LCCP = E_{direkt} + E_{indirekt} + E_{gyártás} + E_{életciklus\ vége}$$

- $E_{direkt}$: Közvetlen kibocsátás a hűtőközeg üzemelés és karbantartás során bekövetkező szivárgásából vagy kibocsátásából:

$$E_{direkt} = GWP \times kiszivárgott\ mennyiség$$

- $E_{indirekt}$: A rendszer által felhasznált energiából származó közvetett kibocsátás :

$$E_{indirekt} = Az\ energiaforrás\ teljes\ energiafelhasználása \times kibocsátási\ tényezője$$

- $E_{gyártás}$: A hűtőközeg-gyártásból és -szállításból származó kibocsátás.
- $E_{életciklus\ vége}$: A rendszer élettartamának végén történő ártalmatlanításból vagy hasznosításból származó kibocsátások.

# 3.4. KÖRNYEZETI HATÁS

## LCA

**Az életciklus-elemzés (LCA)** egy termék életciklusának valamennyi szakaszához – a nyersanyag-kitermeléstől a gyártáson és a használaton át egészen a hulladékká válásig – kapcsolódó környezeti hatások szisztematikus értékelése. Az LCCP-vel ellentétben az LCA az éghajlatváltozáson túl számos egyéb hatáskategóriára is kiterjed, mint például az erőforrások kimerülése, a savasodás és az eutrofizáció.

Egy hűtőközeg vagy rendszer életciklusra vetített környezeti hatása az alábbi módon számítható ki:

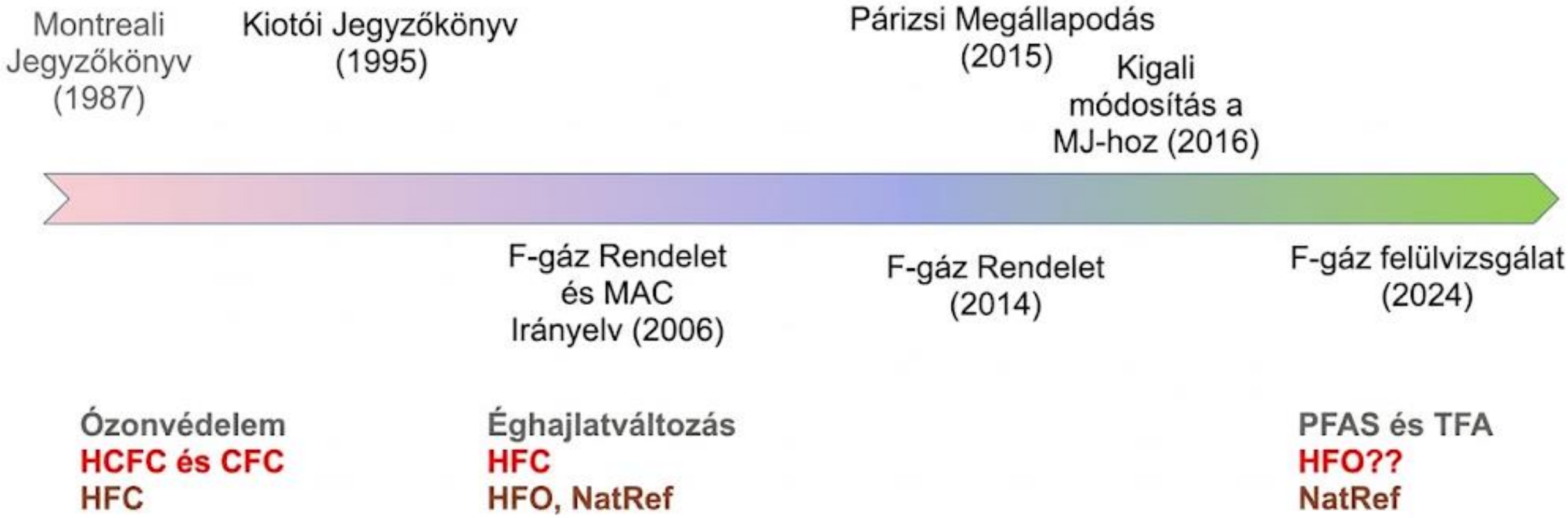
$$CA_{\text{összes}} = \sum_{i=1}^{n} \text{Készlet}_i \times \text{Hatás Tényező}$$

**Inventory$_i$**: Az egyes környezeti tényezők (pl. $CO_2$-kibocsátás, vízfelhasználás, energiafogyasztás) mennyisége az életciklus egyes szakaszaiban.

**Hatástényező$_i$**: Az egyes tényezők egységére jutó környezeti hatást kifejező együttható.

# 3.5. JELENLEGI HŰTŐKÖZEGEK ÉS ALKALMAZÁSAIK

**A legtöbb szabályozás az idők során**

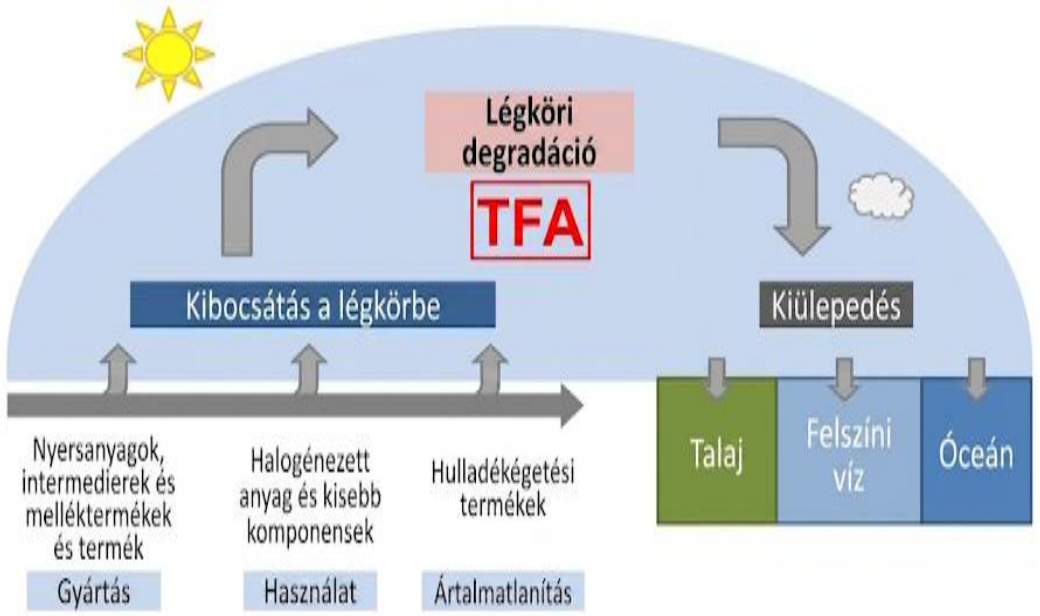


# 3.5. JELENLEGI HŰTŐKÖZEGEK ÉS ALKALMAZÁSAIK

## TFA

**Trifluor-ecetsav (TFA): $CF_3CO_2H$ képletű szerves fluorvegyület.**

- Hűtőközegek légköri bomlása során keletkezik (bomlástermék).
- A Német Szövetségi Környezetvédelmi Hivatal jelentése.
- 5%-ban emberi eredetű (gyártás, mezőgazdaság, szennyvízkezelés és hűtőközegek).
- Az R1234yf 100%-ban, az R134a 7–20%-ban, az R1234ze(E) pedig kevesebb mint 10%-ban termel TFA-t.
- Az R1336mzz(Z) kevesebb mint 20%-ot, az R1233zd(E) pedig mindössze 2%-ot termel.







*VASA. (n.d.). Global PFAS concerns will likely lead to tougher refrigerant controls: Australia opens consultation. https://vasa.org.au/global-pfas-concerns-will-likely-lead-to-tougher-refrigerant-controls-australia-opens-consultation/*

# 3.5. JELENLEGI HŰTŐKÖZEGEK ÉS ALKALMAZÁSAIK

**PFAS**

**Perfluorozott és polifluorozott alkil anyagok (PFAS)**

- Több mint 4700 „örökké vegyszer”
- A PFAS káros lehet az emberi egészségre.
- Fluorozott gázok széles skáláját fedik le, beleértve bizonyos HFC-ket (R134a, R125, R143a és R152a) és HFO-kat (R1234yf, R1234ze(E) és R1233zd(E)), amelyeket HVAC&R alkalmazásokban használnak. A TFA egy PFAS (CF3- és CF2-)
- Maine állam (USA) lett az első kormány, amely 2030. január 1-től betiltotta a PFAS-t tartalmazó termékek értékesítését.
- Lásd a Norvég Környezetvédelmi Ügynökség jelentését




Western Lake Superior Sanitary District. (n.d.). Per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS). https://wlssd.com/education/pollution-prevention/per-and-polyfluoralkyl-substances-pfas/

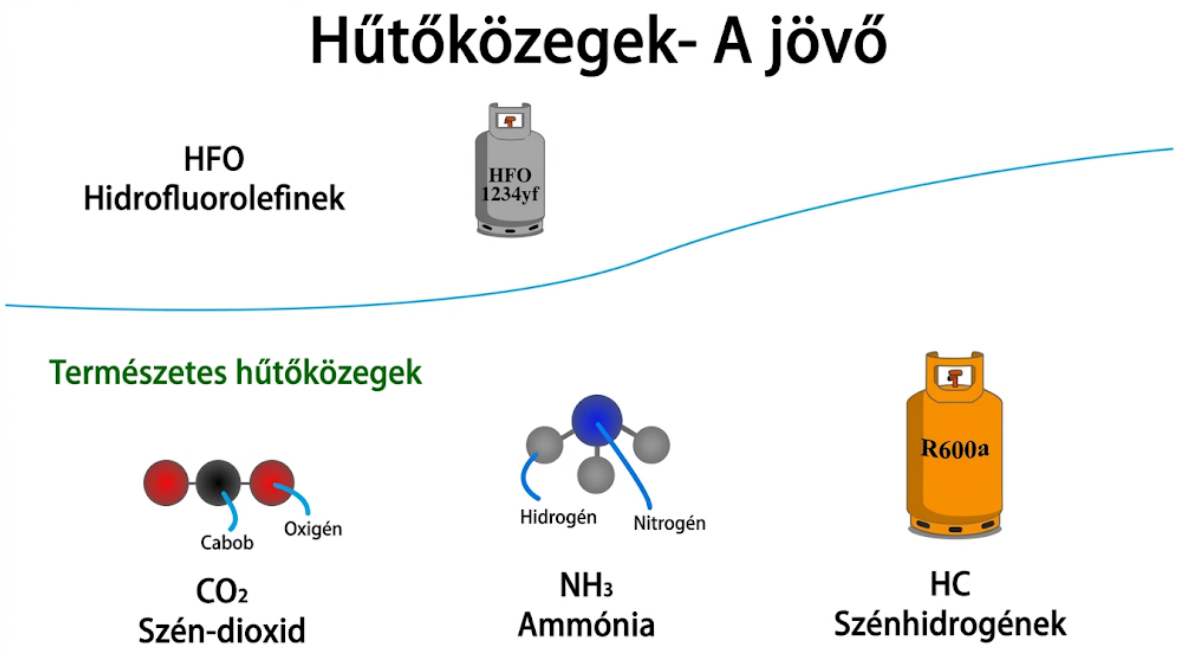
# 3.5. JELENLEGI HŰTŐKÖZEGEK ÉS ALKALMAZÁSAIK

## Természetes hűtőközegek

A természetes hűtőközegeket biztonságosabb és fenntarthatóbb megoldásnak tekintik a HFO-k kiváltására.

Ezek a hűtőközegek a légköri bomlásuk során nem termelnek olyan káros melléktermékeket, mint a TFA vagy a HF; emellett nincs ózonlebontó potenciáljuk (ODP), globális felmelegedési potenciáljuk (GWP) pedig jóval alacsonyabb.

A legelterjedtebb típusok a következők: CO2, NH3 és szénhidrogének.




*The Engineering Mindset. (n.d.). Future of refrigerants. https://theengineeringmindset.com/refrigerant-types-future/future-of-refrigerants/*

# 3.5. JELENLEGI HŰTŐKÖZEGEK ÉS ALKALMAZÁSAIK

## Leggyakrabban használt hűtőközegek (szintetikus)

| Hűtőközeg | Típus | Alkalmazás | GWP | Biztonsági osztály |
|---|---|---|---|---|
| R-410A | HFC | Gyakori a megfordítható működésű hőszivattyúkban, bár magas GWP-értéke miatt fokozatosan kivonják a forgalomból az alacsonyabb GWP-jű közegek javára. | 2088 | A1 |
| R-32 | HFC | Lakossági és kisebb kereskedelmi rendszerekben alkalmazzák, az R-410A alacsonyabb GWP-jű alternatívájaként. | 675 | A2L |
| R-134a | HFC | Széles körben elterjedt a kereskedelmi alkalmazásokban, bár magas GWP-je miatt fokozatosan kivezetik a használatból. | 1430 | A1 |
| R-513A | HFO/HFC | Kereskedelmi és ipari alkalmazásokban használják az R-134a alacsony GWP-jű helyettesítőjeként. | 573 | A1 |
| R-450A | HFO/HFC | Az R-134a egy másik alacsony GWP-jű helyettesítője olyan rendszerekben, amelyek kettős funkciót – fűtést és hűtést – látnak el. | 547 | A1 |
| R-1234yf | HFO | Elsősorban gépjármű-légkondicionáló rendszerekben, valamint egyre gyakrabban ipari és kereskedelmi hőszivattyúkban alkalmazzák. | <1 | A2L |
| R-1234ze(E) | HFO | Ipari és kereskedelmi rendszerek. | <1 | A2L |
| R-1233zd(E) | HFO | Elsősorban ipari és kereskedelmi épületek nagy teljesítményű folyadékhűtőiben és hőszivattyúiban használják. | 1 | A1 |

# 3.5. JELENLEGI HŰTŐKÖZEGEK ÉS ALKALMAZÁSAIK

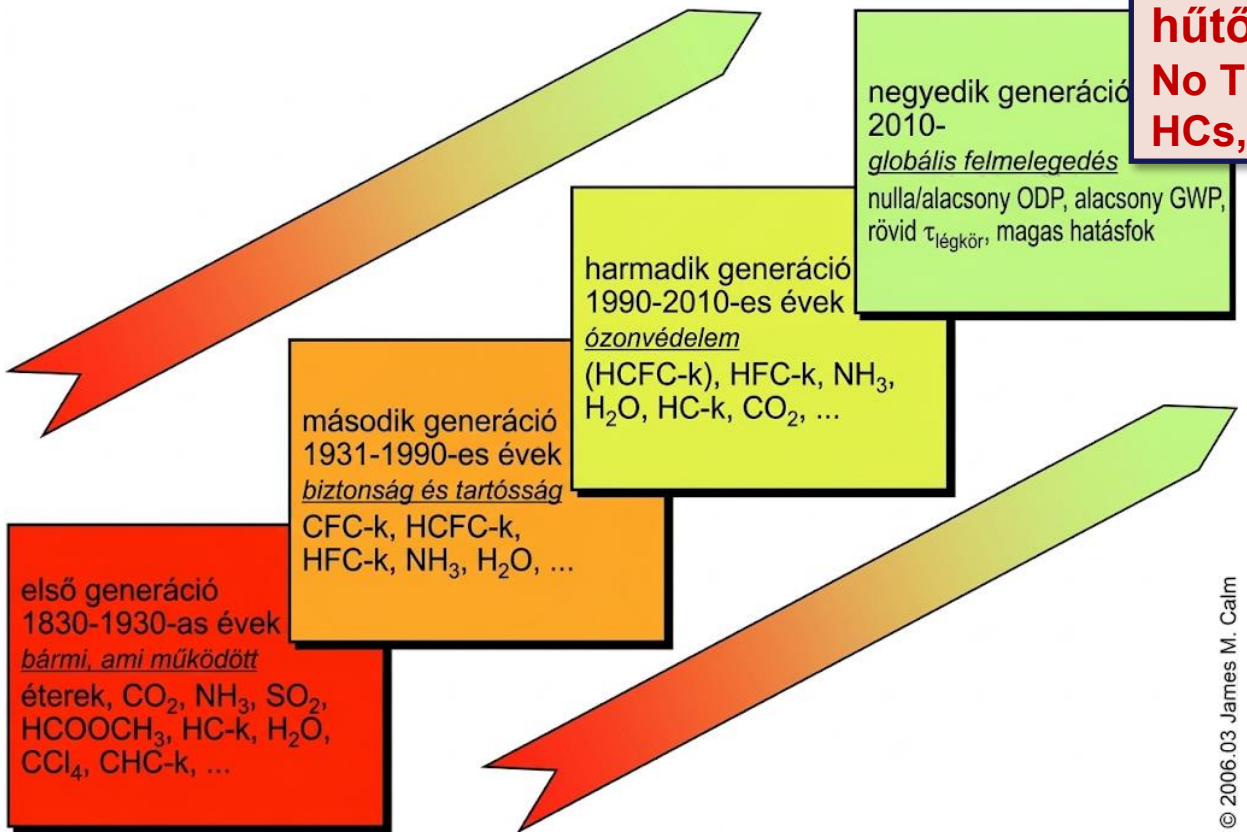
## Leggyakrabban használt hűtőközegek (természetes)

| Hűtőközeg | Típus | Alkalmazás | GWP | Biztonsági osztály |
|---|---|---|---|---|
| R-744 ($CO_2$) | Természetes | Kereskedelmi és ipari hűtőrendszerekben, vízmelegítő hőszivattyúkban és szupermarketekben alkalmazzák. A $CO_2$-t rendkívül alacsony GWP-értéke miatt részesítik előnyben, bár magas üzemi nyomása speciális rendszerkialakítást igényel. | 1 | A1 |
| R-290 | Természetes | Lakossági és kereskedelmi fűtési és hűtési rendszerekben használják, különösen az alacsony és közepes teljesítményű berendezések esetében. | 3 | A3 |
| R717 ($NH_3$) | Természetes | Elsősorban nagyüzemi ipari és kereskedelmi hűtésnél – például élelmiszer-feldolgozásban és hűtőházakban – alkalmazzák. | 0 | B2L |
| R-600 | Természetes | Kis méretű hűtőberendezésekben, például háztartási hűtőszekrényekben és egyes kereskedelmi fagyasztókban használják. | 3 | A3 |
| R-600a | Természetes | Gyakran alkalmazzák háztartási hűtőszekrényekben, kis kereskedelmi fagyasztókban és hőszivattyúkban. | 3 | A3 |

# 3.6. A HŰTŐKÖZEGEK JÖVŐJE

A történeti és fejlődési folyamatokat vizsgálva megfigyelhető, hogy a tendencia a természetes hűtőközegek felé mutat, mivel ezek nem rendelkeznek ózonlebontó potenciállal (ODP), alacsony a globális felmelegedési potenciáljuk (GWP), és nem képeznek trifluorecetsavat (TFA). Ugyanakkor kiemelt figyelmet kell fordítani ezen hűtőközegek biztonsági szempontjaira, és olyan stratégiákat kell kidolgozni, amelyek garantálják a természetes hűtőközeget alkalmazó berendezések biztonságos üzemeltetését.

**Ötödik generáció 2030-**
**Természetes hűtőközegek:**
**No TFA, no PFAS**
**HCs, $CO_2$, $H_2O$, …**




James M. Calm, The next generation of refrigerants – Historical review, considerations, and outlook, International Journal of Refrigeration, Volume 31, Issue 7, 2008, Pages 1123-1133, ISSN 0140-7007, https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2008.01.013.

# 3.7. KÖVETKEZTETÉSEK

- A hűtőközegek története segít megérteni a szabványkövetelményeket
- Miután a kereskedelmi hűtési és hőszivattyús alkalmazások kereskedelmi forgalomba kerültek, a legtöbb erőfeszítés a legfenntarthatóbb hűtőközeg megtalálására irányult.
- Minden alkalmazáshoz van egy optimális hűtőközeg. A tökéletes hűtőközeg azonban nem létezik.
- Mindig kompromisszumot kell találni a termodinamikai, műszaki, biztonsági, gazdasági és környezeti szempontok között.
- A meglévő és az új rendszerek (beépíthető vagy utólagosan beépíthető) alternatív hűtőközegei eltérőek. Ez utóbbiakat akkor veszik figyelembe, ha eltérő biztonsági követelmények vagy üzemi feltételek állnak fenn.
- A jövő a természetes hűtőközegek felé fog irányulni, hogy elkerüljék az összes környezeti aggályt.
- A DHN és a DCN segíthet a hőátadásban és a szigorúbb biztonsági követelményekkel rendelkező hűtőközegek használatában, mivel nagy és elszigetelt gőzkompressziós rendszerek tervezhetők.

# 4. GAZDASÁGI ÉS KÖRNYEZETI VONATKOZÁSOK



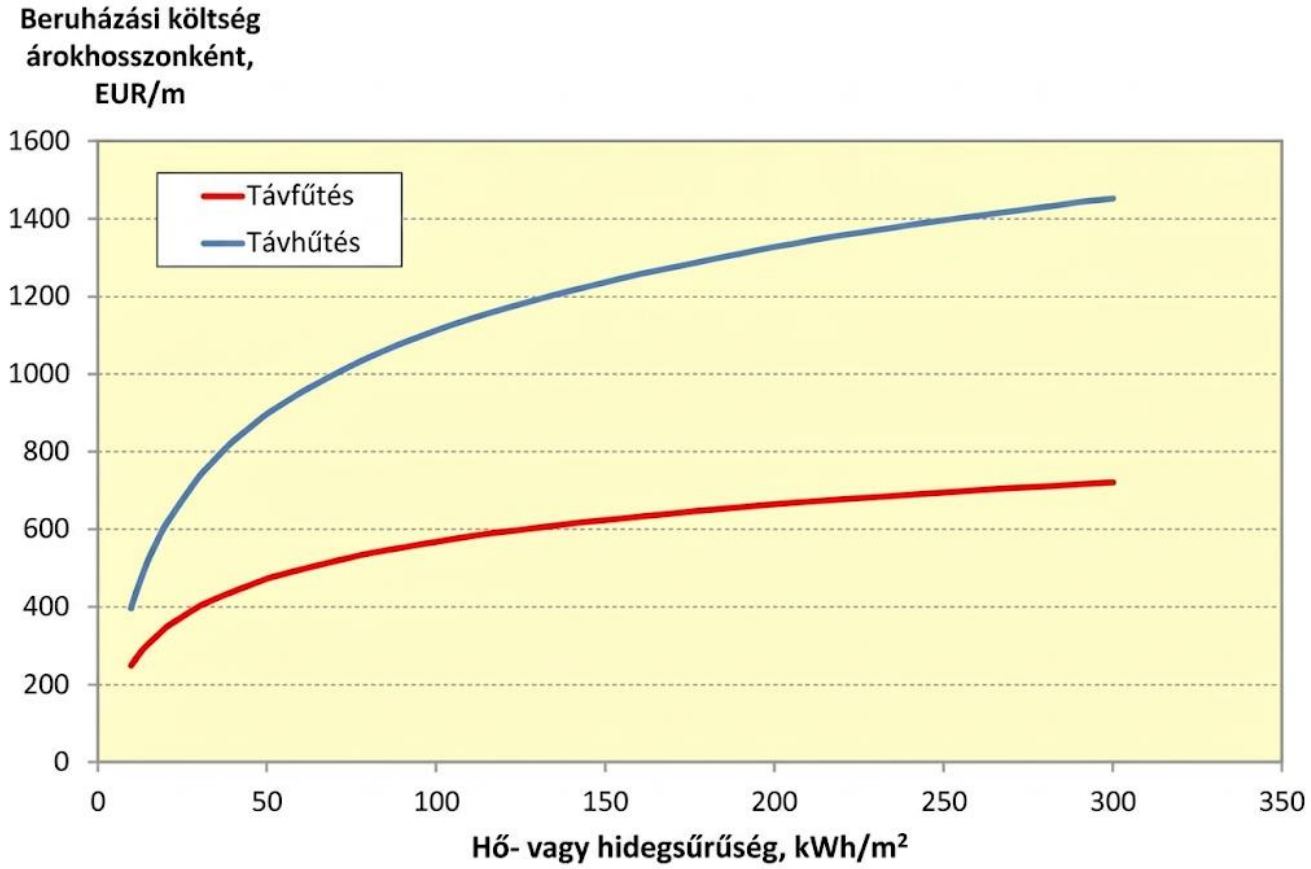
# 4.1. BEVEZETÉS A GAZDASÁGI ÉS KÖRNYEZETVÉDELMI SZEMPONTOKBA

Alternatíva a következőkhöz:
- Osztott (split) klímák, hőszivattyúk, folyadékhűtők, VRF-rendszerek
- Hagyományos rendszerek = lakásonként vagy zónánként egy egység

A távhűtés előnyei
- Központi hűtés több épület számára
- Magasabb energiahatékonyság
- Alacsonyabb berendezésköltségek
- Nagyobb fenntarthatóság, azonos szintű komfort mellett

Kihívások
- Jelentős infrastrukturális beruházás (hűtési csővezetékek)
- A gazdaságosság a mérettől és a környezettől függ
- Kevesebb hasznosítható hulladékhűtési forrás

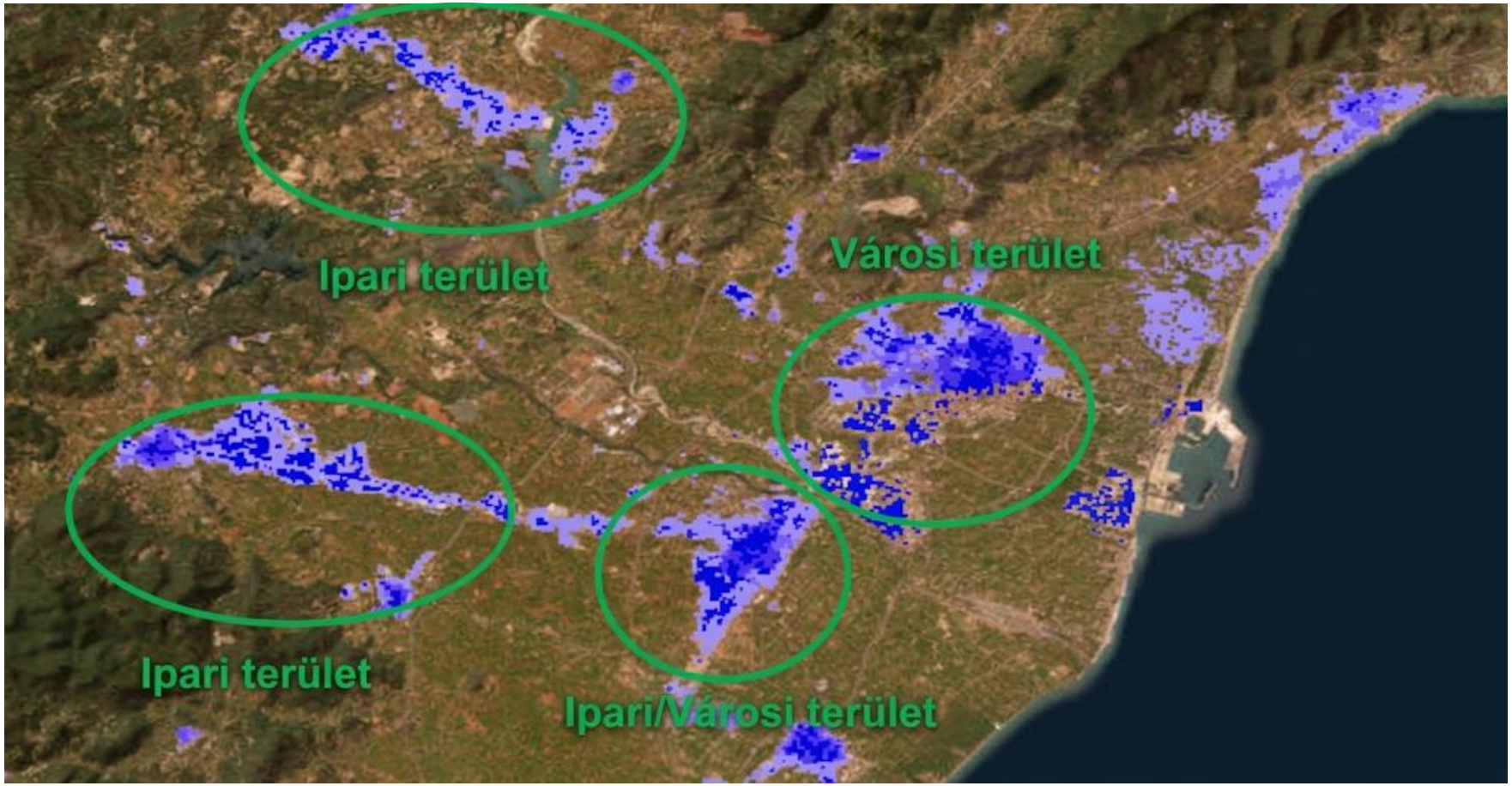
Megfontolandó szempontok
- A távfűtéssel azonos előnyök és hátrányok
- Jogi és politikai keretfeltételek hatása




*STRATEGO. (2015). WP2 background report 6: Mapping the potential for district heating and cooling. Heat Roadmap Europe. https://heatroadmap.eu/wp-content/uploads/2018/09/STRATEGO-WP2-Background-Report-6-Mapping-Potenital-for-DHC.pdf*

# 4.2. IGÉNYSŰRŰSSÉG

## Hűtési igény (2015), Castellón, Spain



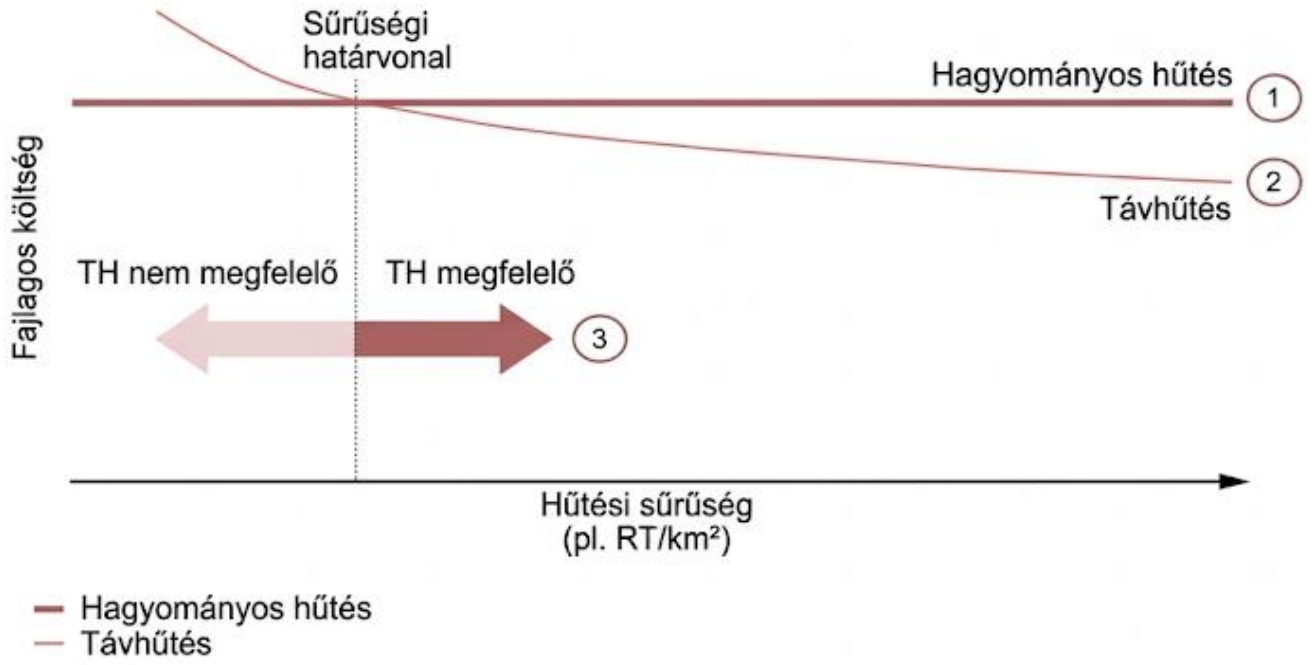

Ez egy példa a spanyol településekre, amelyek lehetőséget kínálnak a nagy sűrűségű igény (területi hűtés) bevezetésére

*Heat Roadmap Europe. (2024). Pan-European Thermal Atlas 5.2 [Data set]. Aalborg University. https://heatroadmap.eu/*

# 4.2. IGÉNYSŰRŰSSÉG

## Sűrűségi lezárás

Hűtési technológiák költsége a hűtési sűrűség függvényében




| | |
|---|---|
| 1 | A hagyományos hűtés költségei nem függnek a hűtési sűrűségtől |
| 2 | A távhűtés költségei a hűtési sűrűség növekedésével csökkennek az alacsonyabb relatív hálózati költségek miatt |
| 3 | A távhűtés csak akkor költséghatékonyabb a hagyományos hűtésnél, ha a hűtési sűrűség meghaladja a "sűrűségi határvonalat" |

Megjegyzés: RT/km² = hűtési tonna per négyzetkilométer. Fajlagos költség = az az ár, amely szükséges a fedezeti pont eléréséhez.

Forrás: Strategy&

*Strategy&. (n.d.). Consultoría de estrategia global: España. PwC. https://www.strategyand.pwc.com/es/es.html*

# 4.2. IGÉNYSŰRŰSSÉG

**Sűrűségi igény elemzése**

**1. Adatgyűjtés és előfeldolgozás**

- Épületadatok: Típusok, használat (lakóépületek, kereskedelmi épületek, ipari épületek), méretek, kihasználtság, korábbi igények
- Klímaadatok: Hőmérséklet, páratartalom, napsugárzás
- Energiaminták: Csúcsidőszaki és csúcsidőn kívüli fogyasztási profilok

**2. Hűtési terhelés becslése**

- Dinamikus szimulációs eszközök: pl. TRNSYS, EnergyPlus
- Óránkénti hűtési terhelések a burkolat, a HVAC és a belső nyereségek alapján
- Csúcsterhelés azonosítása: Kulcsfontosságú a rendszerkomponensek méretezéséhez

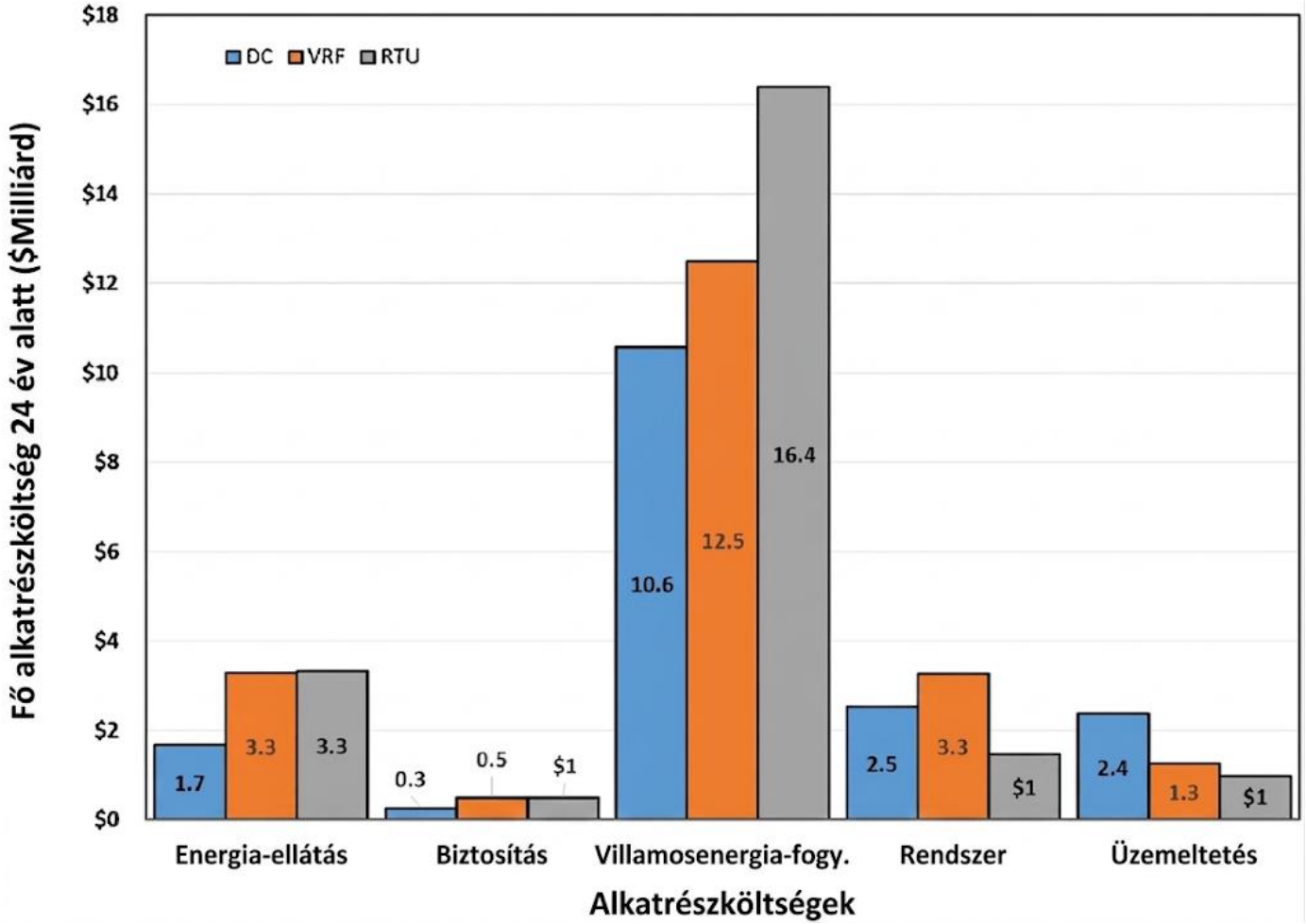
# 4.3. A TÁVHŰTÉS ÉLETKÉPESSÉGÉNEK ÖSSZEHASONLÍTÁSA MÁS TECHNOLÓGIÁKKAL

1. **Tőkeköltségek**: A távhűtés rendszerek magas kezdeti költségekkel járnak, de a méretgazdaságosság költséghatékonnyá teszi őket a sűrűn lakott területeken, ellentétben az olcsóbb, duplikált berendezésekkel rendelkező önálló rendszerekkel.
2. **Üzemeltetési** költségek: A távhűtés rendszerek energiahatékonyabbak és olcsóbban karbantarthatók a központosított működésnek köszönhetően, míg a hagyományos rendszerek hosszú távú költségei magasabbak.
3. **Hosszú** távú megtakarítások: A távhűtés jelentős költségmegtakarítást kínál idővel, míg az önálló rendszerek teljes tulajdonlási költsége magasabb.
4. **Bevétel**: A távhűtés stabil bevételi forrásokat teremt a szerződések révén, ellentétben a hagyományos rendszerekkel.
5. **Kockázat**: A távhűtés magasabb kezdeti pénzügyi kockázattal jár, de stabil hosszú távú előnyökkel; a hagyományos rendszerek alacsonyabb indítási kockázattal járnak, de ingadozó üzemeltetési költségekkel.
6. **Külső előnyök**: A távhűtés csökkenti a városi csúcsterheléseket és támogatja a helyi gazdaságokat, míg az önálló rendszereknek korlátozott a szélesebb körű hatásuk.

# 4.3. A TÁVHŰTÉS ÉLETKÉPESSÉGÉNEK ÖSSZEHASONLÍTÁSA MÁS TECHNOLÓGIÁKKAL

**Szén-dioxid-kibocsátás**

- Alajmi és Zedan (2020) kuvaiti tanulmánya.
- A teljes költség az RTU-rendszerek esetében 22 669 millió dollárról, a VRF-rendszereknél pedig 20 829 millió dollárról 17 395 millió dollárra csökken a DC-rendszer esetében.
- Míg az RTU-rendszer 660 200, a VRF-rendszer pedig 220 800 hűtőegységet igényel, addig a DC-rendszernek mindössze 624 egységre van szüksége. Ez hatással van
  - az egységek szervizeléséhez, karbantartásához és üzemeltetéséhez szükséges munkaórák számára,
  - a hűtőrendszer által a lakóépület tetején igényelt helyre,
  - a szükséges pótalkatrészek számára,
  - valamint növeli a hűtőközeg-szivárgás kockázatát.



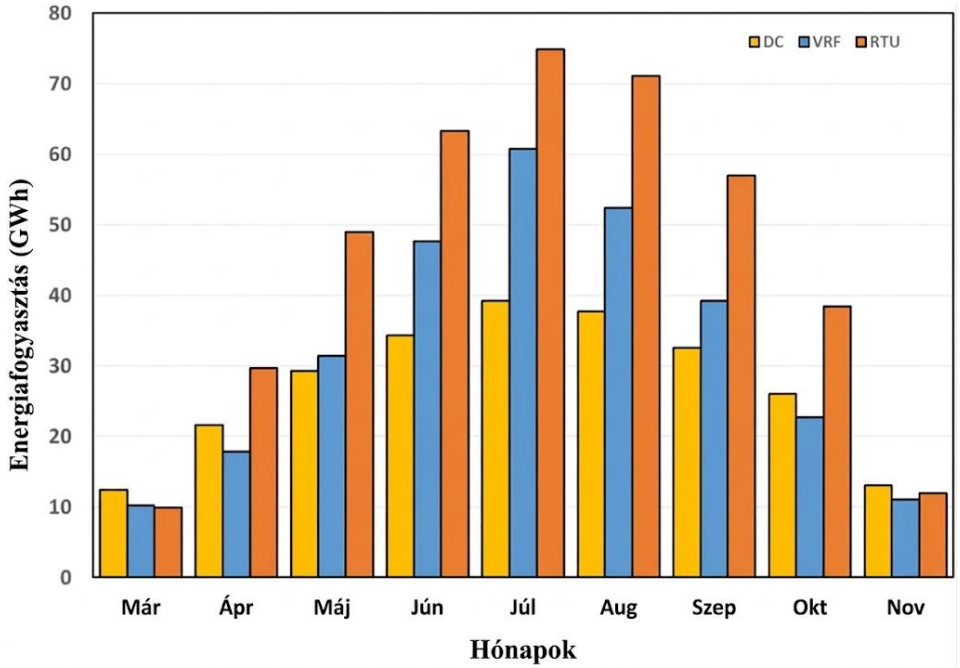

*Ali Alajmi, Mohamed Zedan, Energy, cost, and environmental analysis of individuals and district cooling systems for a new residential city, Sustainable Cities and Society, Volume 54, 2020, 101976, ISSN 2210-6707, https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101976.*

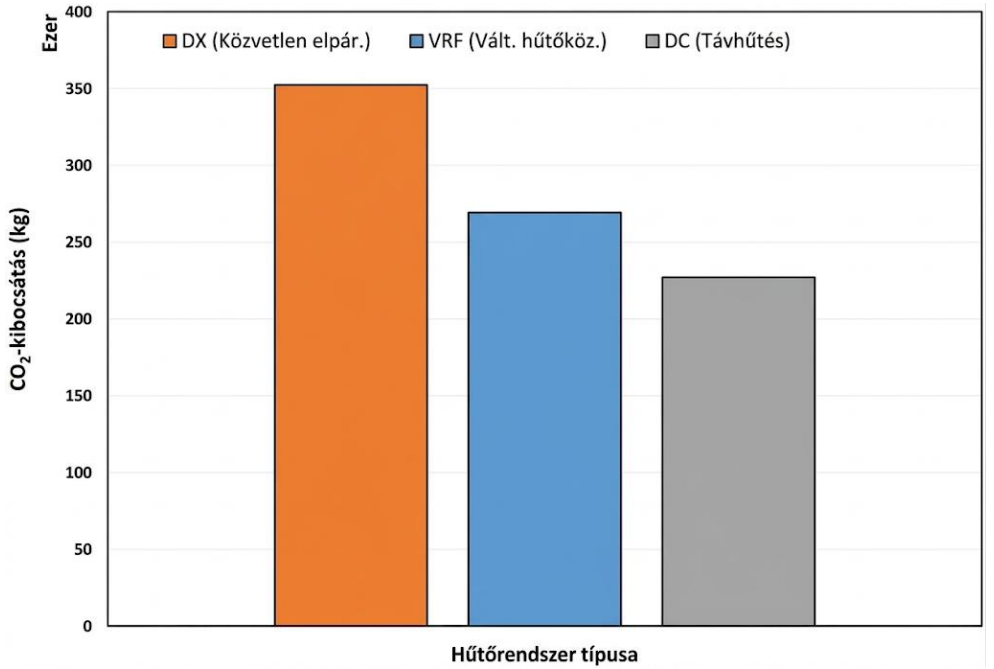
# 4.4. A TÁVHŰTÉS KÖRNYEZETI HATÁSAI

## Szén-dioxid-kibocsátás

**Alajmi és Zedan (2020) kuvaiti tanulmánya.**

**A magas CO2-kibocsátási tényező még fontosabbá teszi a magas energiahatékonyságot.**



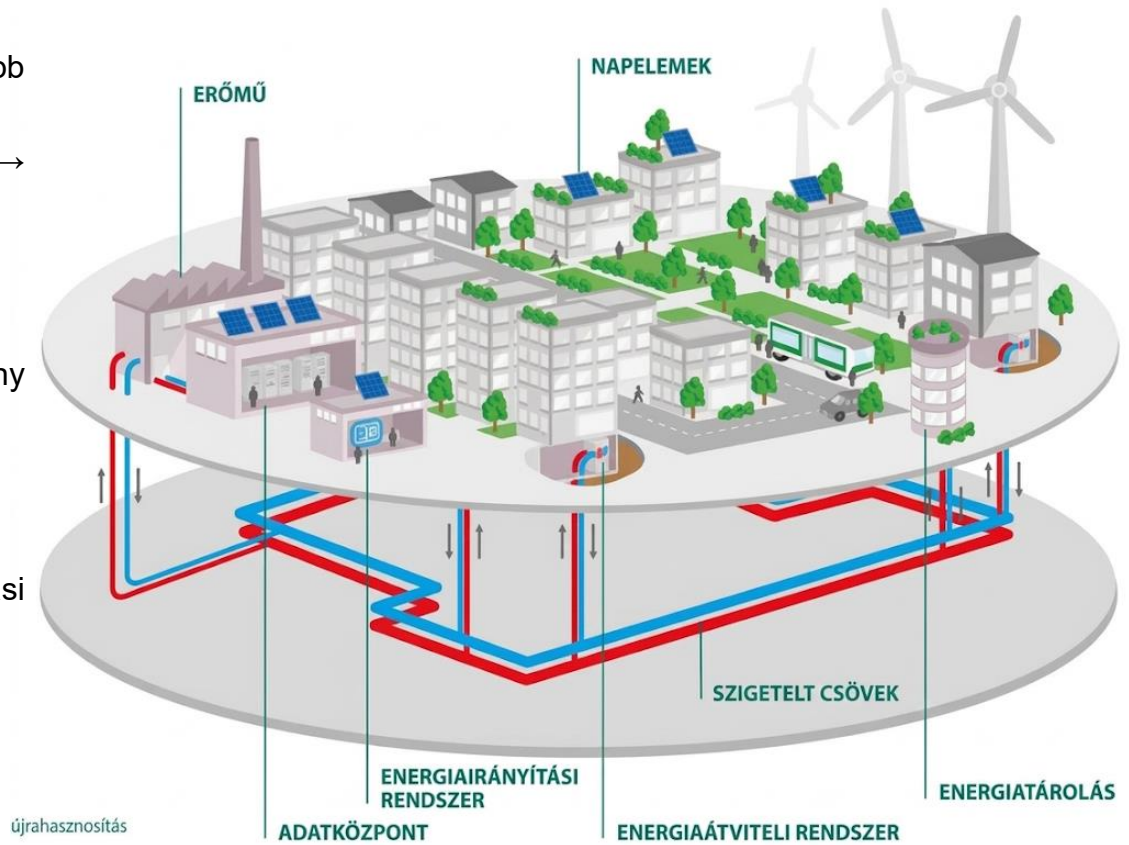




*Ali Alajmi, Mohamed Zedan, Energy, cost, and environmental analysis of individuals and district cooling systems for a new residential city, Sustainable Cities and Society, Volume 54, 2020, 101976, ISSN 2210-6707, https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101976.*

# 4.5. TÁVHŰTÉSI TECHNOLÓGIÁK OPTIMALIZÁLÁSA

**Gazdasági optimalizálás az üzemeltetési költségek csökkentése érdekében**

- **Méretgazdaságosság**
  - Tőkeköltségek megosztása számos fogyasztó között → alacsonyabb fajlagos költség
  - Berendezések (hűtőgépek, szivattyúk, csővezetékek) szabványosítása → építési idő és költségek csökkentése
- **Moduláris felépítés**
  - Ütemezett megvalósítás → alacsonyabb kezdeti beruházási igény
  - Rendszer méretezése az igényekhez igazítva → hatékony tőkefelhasználás
- **Központosított karbantartás**
  - Szervizelés egyszerűsítése → karbantartási költségek csökkentése
  - Prediktív karbantartás és adatelemzés alkalmazása → állásidő és javítási költségek minimalizálása




*ENGIE España. (n.d.). Red de calefacción urbana de biomasa. https://www.engie.es/red-de-calefaccion-urbana-de-biomasa/*

# 4.5. TÁVHŰTÉSI TECHNOLÓGIÁK OPTIMALIZÁLÁSA

**Gazdasági optimalizálás a tőkeköltségek csökkentése érdekében**

**Energiahatékonyság**

- Nagy hatékonyságú hűtőberendezések, változtatható sebességű hajtások és fejlett vezérlők használata
- A hőenergia-tárolás lehetővé teszi a csúcsidőn kívüli hűtést → csökkenti a csúcsidőszaki villamosenergia-költségeket

**Hulladékhő hasznosítása**

- Hulladékhő visszanyerése az iparból és az erőművekből
- Szorpciós rendszerek és párologtató hűtőbefecskendezés használata tévhűtéshez

**Megújuló energia integrációja**

- Napkolonnás termikus, geotermikus és alacsony szén-dioxid-kibocsátású villamos energia beépítése
- A napkollektoros hűtés csökkentheti a költségeket, különösen a napos területeken (a technológia még fejlesztés alatt áll)
- Csökkenti a fosszilis tüzelőanyagoktól való függőséget és stabilizálja az energiaárakat




University of Stavanger. (n.d.). Waste heat energy integration, storage and utilization. Future Energy Hub. https://www.uis.no/en/research/future-energy-hub/sustainability-and-environment/waste-heat-energy-integration-storage-and

# 4.5. TÁVHŰTÉSI TECHNOLÓGIÁK OPTIMALIZÁLÁSA

**Környezetvédelmi optimalizálás**

**Alacsony GWP-értékű hűtőközegek**

- Természetes vagy alacsony GWP-értékű szintetikus hűtőközegek alkalmazása
- Fejlett szivárgásérzékelés és karbantartás a kibocsátás minimalizálása érdekében

**Karbonmentes energiaellátás**

- Csatlakozás megújuló energiaforrásokon (szél, nap, víz) alapuló hálózatokhoz
- Helyszíni megújuló energiaforrások integrálása (pl. napelemes rendszerek a segédberendezések ellátására)

**Hatékony vízgazdálkodás**

- Zárt körű hűtőrendszerek bevezetése
- Nem ivóvízminőségű források (pl. tisztított szennyvíz) hasznosítása

# 4.5. TÁVHŰTÉSI TECHNOLÓGIÁK OPTIMALIZÁLÁSA

**Rendszertervezés és technológiai integráció**

**Intelligens hálózatok és IoT integráció**

- Valós idejű monitorozás IoT érzékelőkkel

**Dinamikus terheléselosztás és prediktív elemzés**

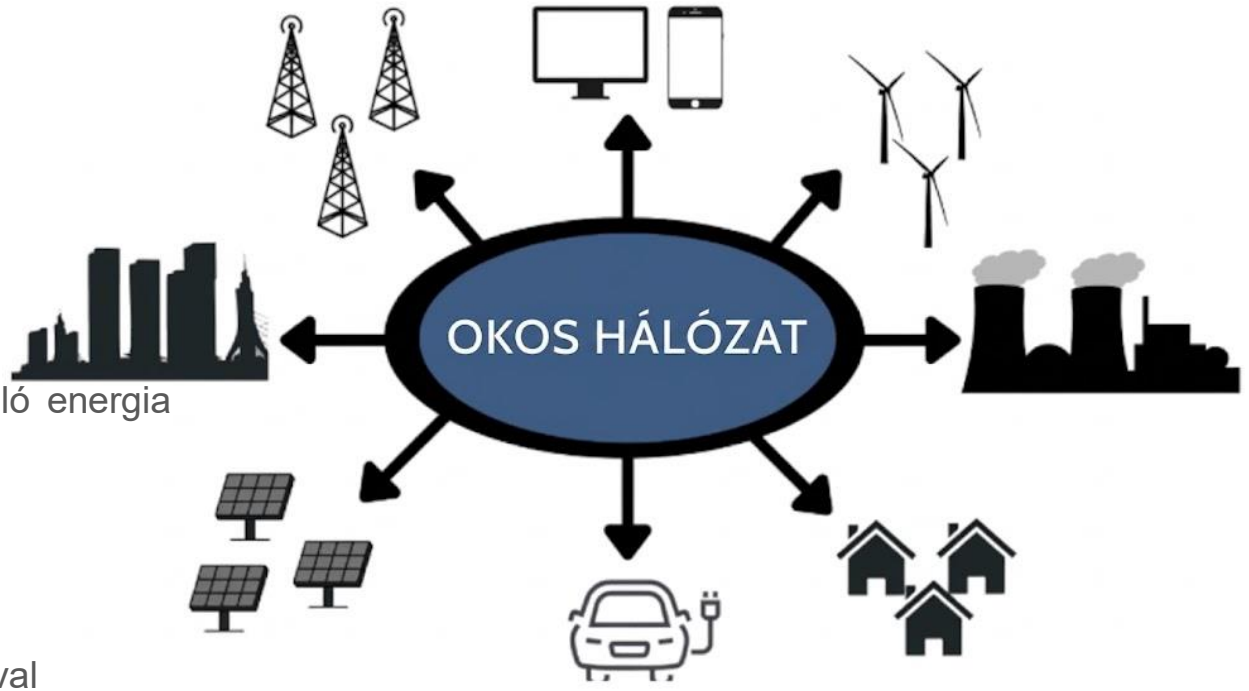
- Intelligens vezérlés igény, időjárás és árak alapján

**Igényreagálás**

- A hűtés áthelyezése a csúcsidőszakon kívülre
- Csökkenti az energiaköltségeket és támogatja a megújuló energia integrációját
- Kti az elektromos hálózat terhelését

**Tartalék és rugalmas rendszerek**

- Redundancia tartalék hűtőberendezésekkel vagy hőtárolóval
- Fenntartja a szolgáltatást meghibásodások vagy csúcsterhelések esetén
- Elkerüli a vészhelyzeti költségeket és biztosítja a megbízhatóságot




*Vikas. (n,d). Smart grid & IoT. LinkedIn. https://www.linkedin.com/pulse/smart-grid-iot-vikas-%E0%A4%B5-%E0%A4%95-%E0%A4%B8--jg7ac/*

# 4.6. KÖVETKEZTETÉSEK

- A távhűtési hálózat alkalmasságának meghatározásához a sűrűségigény gondos tanulmányozása szükséges. Ennek a tanulmánynak figyelembe kell vennie az épületeket, az ipari fogyasztókat és az adatközpontokat.
- A sűrűségigény vizsgálata a hagyományos HVAC és hűtési projektek mellett további tudományágakat is magában foglal, például a GIS-t.
- Gondosan indokolt és a kockázatok minimalizálása esetén a megfelelő sűrűségigényt kiszolgáló távhűtés jobb lesz, mint a hagyományos hűtési rendszerek. A megtérülési idők vonzóak lehetnek.
- A hagyományos hűtési rendszerekkel ellentétben a kormányoknak be kell vonniuk a távhűtési hálózatok fejlesztésébe és alkalmassági keretrendszerébe, és számos szempontból kell azokat előmozdítaniuk.
- Az energiahatékonyabb technológia hagyományos előnyei mellett a távhűtés segíthet csökkenteni a városi hőszigetek hatásait, csökkenteni a hulladékot, és elősegítheti a fenntartható technológiákkal való integrációt.
- A távhűtésnek nagyobb kihívást jelentő vezérlésoptimalizálásra van szüksége ahhoz, hogy jövedelmező és energiahatékony legyen, és az IoT és a kommunikáció legújabb fejlesztései hozzájárulnak ehhez.

# 5. MEGVALÓSÍTOTT PROJEKTEK ÉS ESETTANULMÁNYOK



SHaKE

# 5.1. TÁVFŰTÉSI ÉS TÁVHŰTÉSI HÁLÓZAT – BARRIO LA PINADA (VALENCIA, SPANYOLORSZÁG)

Áttekintés

A **Barrio La Pinada** egy **Valencia** közelében, **Paternában** megvalósuló magánberuházású városfejlesztési projekt, amely várhatóan **320 000 m²-es** területet foglal majd el.

A Barrio La Pinada egy új városfejlesztési projekt, amelynek kivitelezése még nem kezdődött meg. Ez lehetőséget kínál a hálózat a nulláról történő kiépítésére, így a projekt megfelel egy új hálózati esettanulmány kritériumainak.

A kielégítendő teljes energiaigény 9,4 GWh (ebből 7,52 GWh lakossági, 1,88 GWh pedig kereskedelmi jellegű).

| | **Ellátás** |
|---|---|
| **Technológia** | Geotermális/aerotermikus |
| **Felhasznált üzemanyag** | Villamosenergia |
| **Maximális kapacitás** | 5 MW |
| **Fix költségek** | 200,000 € |
| **Kapacitásköltségek** | 500 €/Kw |
| **Éves O&M költségek** | 30 €/kW |
| **Ellátási költségek** | 1.4 c€/kWh |

*Creara, & THERMOS Project. (2021). Deliverable 3.9: THERMOS case studies (Version 2.0). Horizon 2020 THERMOS Project. https://www.thermos-project.eu/fileadmin/user_upload/case_studies/210331_THS_D3.9_CREARA_THERMOS_Case_Studies_V2_FINAL-komprimiert.pdf*

# 5.1. TÁVFŰTÉSI ÉS TÁVHŰTÉSI HÁLÓZAT – BARRIO LA PINADA (VALENCIA, SPANYOLORSZÁG)

**Hálózati topológia**

A Barrio La Pinada projekt keretében a tervek szerint a környék összes energiaigényét a távhő- és távhűtő hálózathoz csatlakoztatják, így szinte minden épületet bevontak a rendszerbe.

Az esettanulmányból csupán a fejlesztési terület legdélibb részén található két épület maradt ki, amelyek egy iskolát alkotnak. Erre azért került sor, mert ezek az épületek már elkészültek, így nem képezik részét a tervezett fejlesztésnek. Összesen 73 épületet csatlakoztattak, ami a tervezett igények 100%-át lefedi – az iskola kivételével.

Az optimalizálás eredménye szerint a projekt igényeinek kielégítéséhez a rendelkezésre álló (5 MW-os) kapacitásból mindössze 3,3 MW-ra van szükség. A beruházás 2,14 millió eurós költsége összhangban áll más geotermikus energetikai fejlesztések adataival.



*Creara, & THERMOS Project. (2021). Deliverable 3.9: THERMOS case studies (Version 2.0). Horizon 2020 THERMOS Project. https://www.thermos-project.eu/fileadmin/user_upload/case_studies/210331_THS_D3.9_CREARA_THERMOS_Case_Studies_V2_FINAL-komprimiert.pdf*

# 5.1. TÁVFŰTÉSI ÉS TÁVHŰTÉSI HÁLÓZAT – BARRIO LA PINADA (VALENCIA, SPANYOLORSZÁG)

**Hálózati megoldás**

| **Csővezeték-megoldás** | |
|---|---|
| Hossz | 6.76 km |
| Teljes költség | 1.35 M€ |
| Fajlagos költség | 200 €/m |
| Veszteségek | 1.85 GWh/year |
| Kapacitás | 3.88 MW |

| **Csővezeték-megoldás** | |
|---|---|
| Szükséges teljes kapacitás | 3.88 MWp |
| Kimenet | 11.05 GWh/year |
| Tőkeköltség | 2.14 M€ |
| Működési költség: O&M | 0.12 M€/year |
| Működési költség: hőtermelés | 0.15 M€/year |

| **Igények megoldása** | |
|---|---|
| Teljes csúcskereslet | 6.16 MW |
| Kereslet | 9.2 GWh/year |
| Bevételek | 0.405 M€/year |

*Creara, & THERMOS Project. (2021). Deliverable 3.9: THERMOS case studies (Version 2.0). Horizon 2020 THERMOS Project. https://www.thermos-project.eu/fileadmin/user_upload/case_studies/210331_THS_D3.9_CREARA_THERMOS_Case_Studies_V2_FINAL-komprimiert.pdf*

# 5.1. TÁVFŰTÉSI ÉS TÁVHŰTÉSI HÁLÓZAT – BARRIO LA PINADA (VALENCIA, SPANYOLORSZÁG)

**Elemzés**

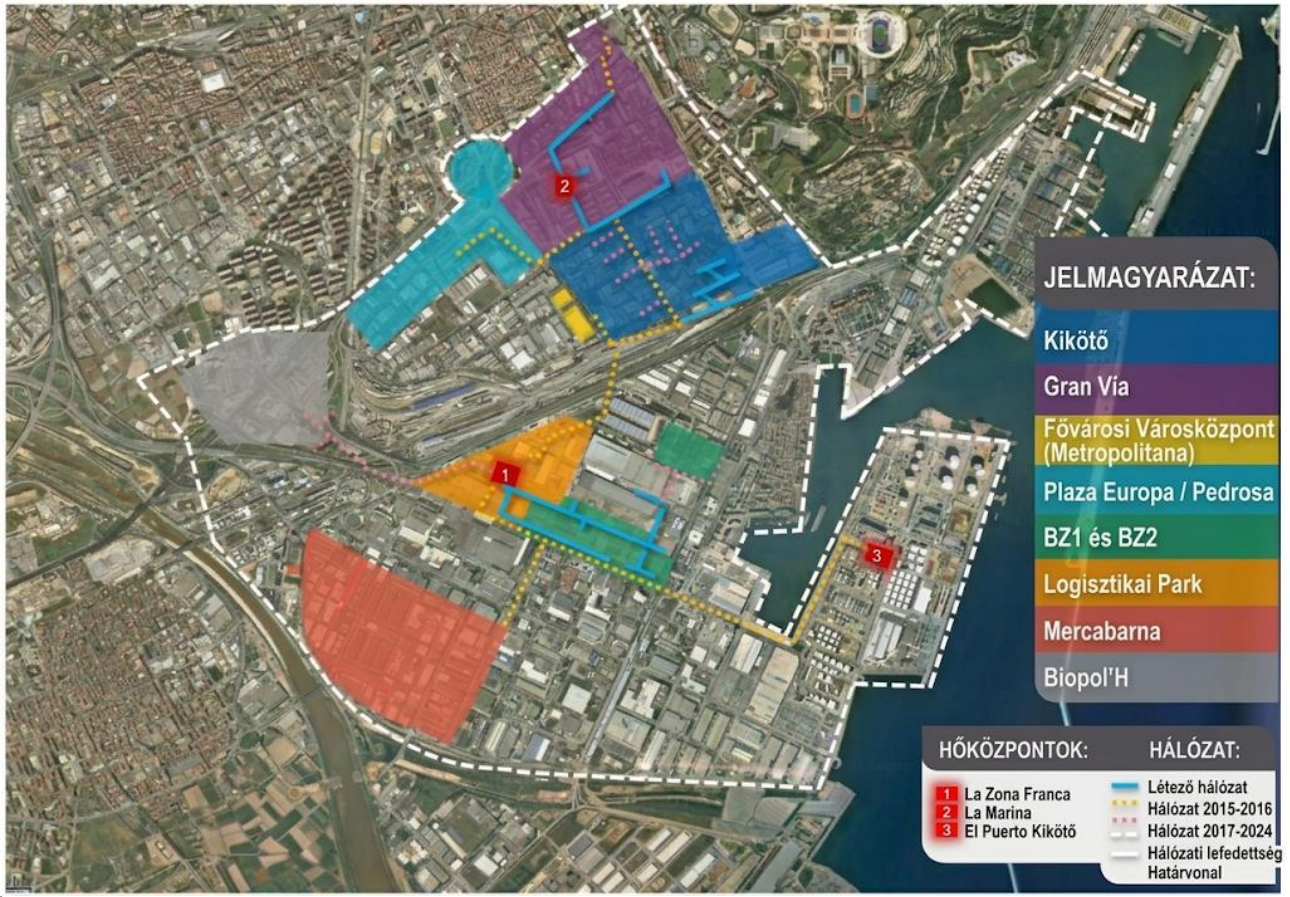
| | Tőkeköltség | Működési költség | Működési bevétel | NPV |
|---|---|---|---|---|
| Csővezetékek | -1.35 M€ | - | - | -1.35 M€ |
| Hőellátás | -2.14 M€ | -0.27 M€/year | - | -9.35 M€ |
| Igények | - | - | 0.41 M€/year | -10.74 M€ |
| Kibocsátások | Not included at this stage | | | |
| **Hálózat** | **-3.49 M€** | **-0.27 M€/year** | **0.41 M€/year** | **0.06 M€** |

*Creara, & THERMOS Project. (2021). Deliverable 3.9: THERMOS case studies (Version 2.0). Horizon 2020 THERMOS Project. https://www.thermos-project.eu/fileadmin/user_upload/case_studies/210331_THS_D3.9_CREARA_THERMOS_Case_Studies_V2_FINAL-komprimiert.pdf*

# 5.2. TÁVFŰTÉSI ÉS TÁVHŰTÉSI HÁLÓZAT – BARCELONA (SPANYOLORSZÁG)

## Főbb tudnivalók és elhelyezkedés

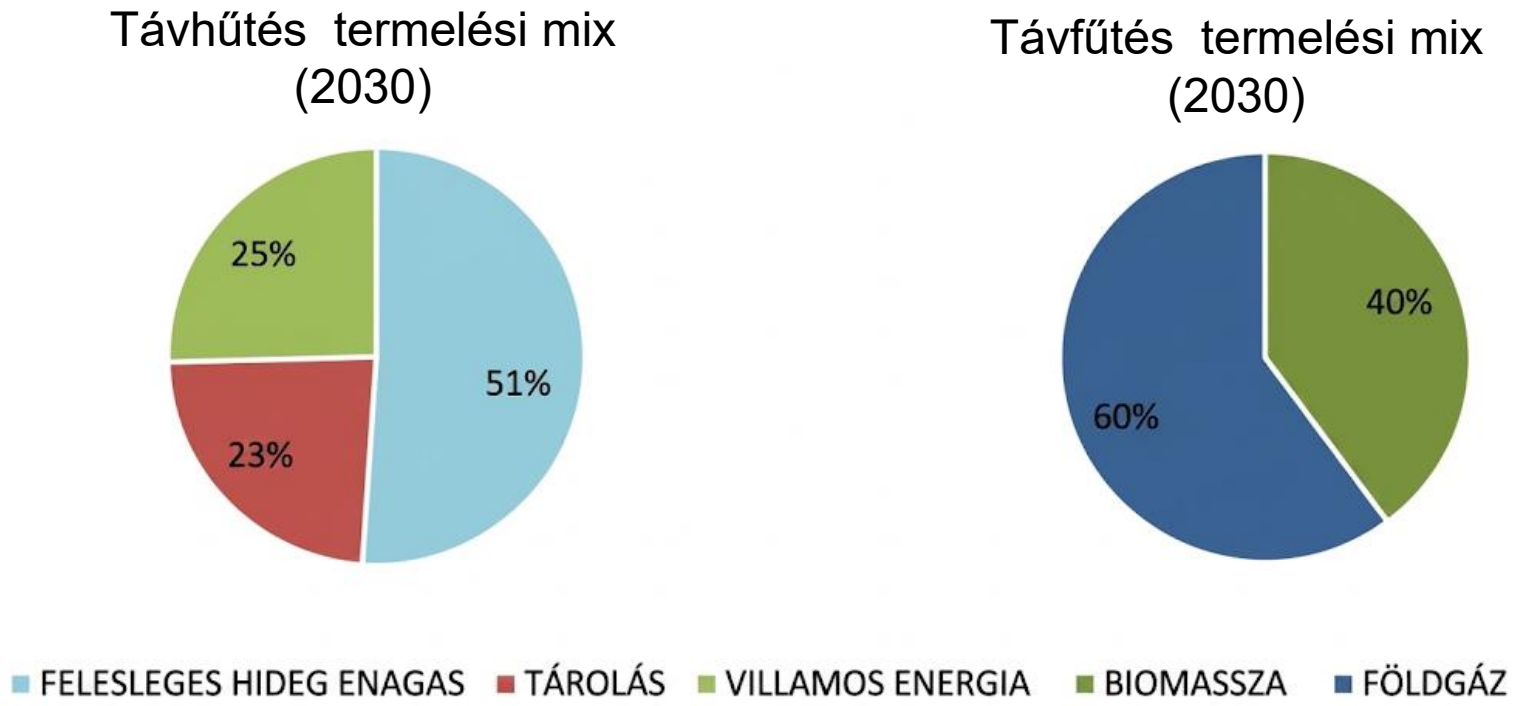
| | |
|---|---|
| Távhő piaci részesedése | N.a. |
| Fűtési és hűtési kapacitás | Távhő: 23 MW<br>(cél: 40 MW)<br>Távhűtés: 14 MW (cél: 70 MW + 36 MW Jégtároló) |
| Hő- és hűtésienergia-termelés | Távhő: 12 GWh/y<br>(target: 59 GWh/y)<br>Távhűtés: 7.6 GWh/y<br>(cél: 54 GWh) |
| Km hálózat (dupla cső) | 12 km (cél: 36 km) |
| $CO_2$ Kibocsátások | Távhő: 94.9 kg/MWh<br>Távhűtés: 0 kg/MWh (nettó kibocsátások, amelyeket a CHP villamosenergia-termelésével kompenzál) |




*Ecoenergies. (n.d.). Red de calor y frío en Barcelona y L'Hospitalet de Llobregat. https://www.ecoenergies.cat/es*

# 5.2. TÁVFŰTÉSI ÉS TÁVHŰTÉSI HÁLÓZAT – BARCELONA (SPANYOLORSZÁG)

A távfűtési és távhűtési (DHCN) projektek célja az energiaellátást szolgáló erőforrások bővítése, ami révén módosul az energiamix és csökken a károsanyag-kibocsátás; ugyanakkor továbbra is fennáll a fosszilis tüzelőanyagokon alapuló technológiáktól való függőség, így a hosszú távú cél e függőség csökkentése vagy megszüntetése a megújuló energiaforrások arányának növelésével.




Az Ecoenergies Barcelona 2014 távfűtéséhez és távhűtéséhez használt energiaforrások

*Ecoenergies. (n.d.). Red de calor y frío en Barcelona y L'Hospitalet de Llobregat. https://www.ecoenergies.cat/es*

# 5.2. TÁVFŰTÉSI ÉS TÁVHŰTÉSI HÁLÓZAT – BARCELONA (SPANYOLORSZÁG)

Energiaigény és -ellátás – Barcelona (Összefoglaló)

Éghajlat és energiaigény

- Szubtrópusi-mediterrán éghajlat; ~1150 fűtési foknap (enyhe telek).
- Alacsony fűtési, ugyanakkor magas és növekvő hűtési igény.

Jelenlegi energiamix

- Fűtés: Főként földgáz (egyedi rendszerek).
- Hűtés: Többnyire villamosenergia-alapú.
- Napkollektoros rendelet (1999): Kötelező napkollektoros használati melegvíz-ellátás új és felújított épületekben.

Energiafogyasztás

- Meglévő épületek: ~80 kWh/m²·év
- Új épületek: ~45 kWh/m²·év

Piaci szerkezet

- Liberalizált energiapiac (a fogyasztók szabadon választhatnak szolgáltatót).
- 5–6 szolgáltató látja el a piac kb. 90%-át → mérsékelt piaci koncentráció.

Távfűtés és távhűtés (DHC)

- Szabályozó: Barcelona Városi Tanácsa, a TERSA (közszolgáltató vállalat) révén.
- Az áraknak versenyképesnek kell maradniuk a hagyományos energiaforrások áraival.

Árazás

- Távfűtés: 42 €/MWh, kb. 10%-kal olcsóbb a földgáznál.
- Távhűtés: 38 €/MWh, 5–12%-kal olcsóbb a villamos energiánál.
- Ipari ügyfelek: egyedi árazás (B2B modell).
- Esettanulmány – Mercabarna (Ecoenergies)
- Évi 32 GWh villamosenergia-igény kiváltása távhűtéssel.

Megtakarítás:

- 20%-kal alacsonyabb villamosenergia-költségek.
- Évi 8730 tonna $CO_2$-kibocsátás elkerülése.

*Ecoenergies. (n.d.). Red de calor y frío en Barcelona y L'Hospitalet de Llobregat. https://www.ecoenergies.cat/es*

# 5.3. TÁVHŰTÉSI HÁLÓZAT, HIDEGENERGIA-VISSZANYERÉS CSEPPFOLYÓSÍTOTT FÖLDGÁZ ELPÁROLOGTATÁSÁBÓL (OLASZORSZÁG)

**Háttér**

- Az épületek a globális energiafelhasználás mintegy 40%-át teszik ki; a hűtési igény növekszik.
- Globális lakossági hűtési igény: 300 TWh (2000) → 4000 TWh (2050) → 10 000 TWh (2100).
- A hűtési igényt nehezebb előrejelezni, mint a fűtési igényt; befolyásolja a napsugárzás, a belső hőnyereség és a városi hőszigethatás.

**Távhűtési rendszerek (DCS)**

- Központosított hűtési megoldás több épület számára.
- Összetevők: hűtést előállító egység, elosztóhálózat, fogyasztók, hőleadó rendszer.
- Az EU-ban a „legjobb elérhető technológiaként” (BAT) elismert megoldás.

**LNG-ből származó hulladékhűtési energia**

- Az LNG visszagázosítása jelentős mennyiségű hűtési energiát szabadít fel (Olaszországban az L-CNG állomásokról évi ~1245 MWh-t).
- Lehetőség nyílik ingyenes hűtésre, ami csökkenti a légkondicionálás villamosenergia-igényét.
- Nem készültek korábbi tanulmányok a távhűtési rendszerek (DCS) és az L-CNG hűtésienergia-visszanyerés összekapcsolásáról.

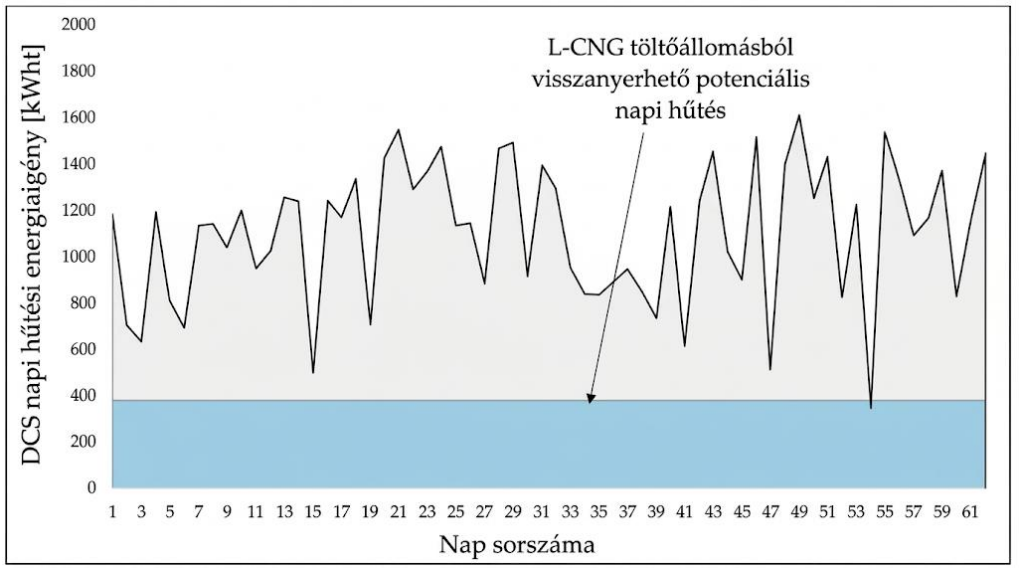
*Mugnini, A., Coccia, G., Polonara, F., & Arteconi, A. (2019). Potential of District Cooling Systems: A Case Study on Recovering Cold Energy from Liquefied Natural Gas Vaporization. Energies, 12(15), 3027. https://doi.org/10.3390/en12153027*

# 5.3. TÁVHŰTÉSI HÁLÓZAT, HIDEGENERGIA-VISSZANYERÉS CSEPPFOLYÓSÍTOTT FÖLDGÁZ ELPÁROLOGTATÁSÁBÓL (OLASZORSZÁG)

**Esettanulmány**

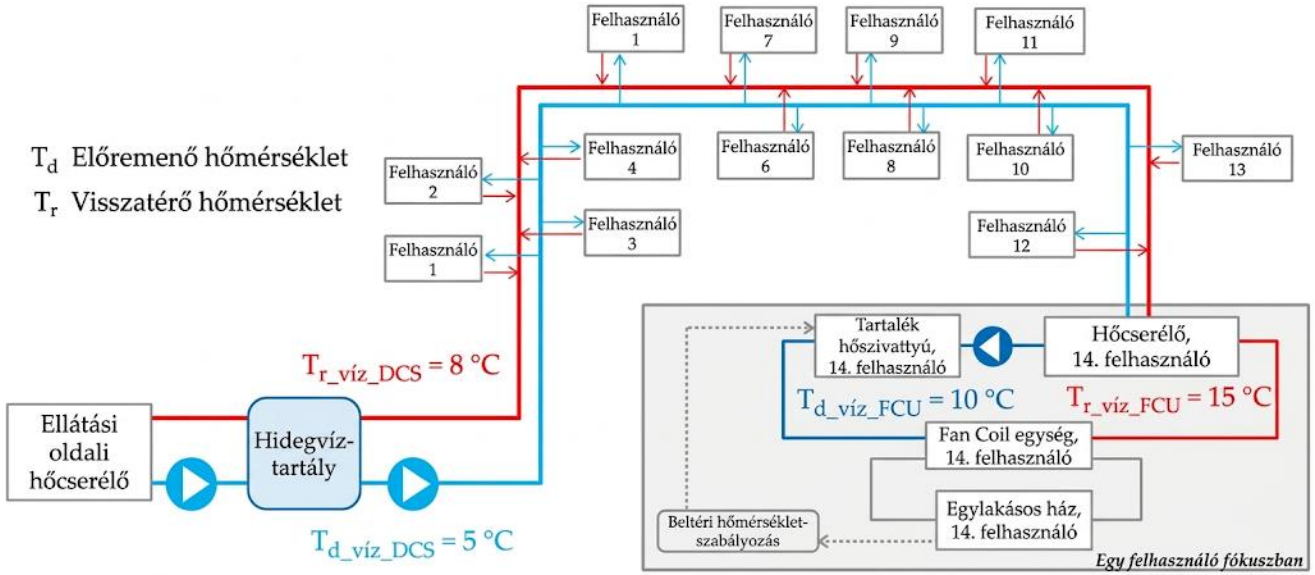
**Hidegenergia-potenciál**

- Éves LNG-felhasználás L–CNG állomásokon: 5400 t/év
- Visszagázosítás során elvesző hidegenergia: 830 kJ/kg LNG
- Hasznosítható hidegenergia:
- ~380 kWh (termikus)/nap (évi 365 napos üzemelés esetén)
- ~550 kWh (termikus)/nap (hétvégék nélkül, évi 253 napos üzemelés esetén)




**Hűtési teljesítményprofilok**

- P1: Állandó ellátás (napi 10 óra, évi 365 nap)
- P2: Állandó ellátás (hétvégék és ebédszünetek kivételével)
- P3: Változó profil, csúcsértékkel 18–19 óra között




*Mugnini, A., Coccia, G., Polonara, F., & Arteconi, A. (2019). Potential of District Cooling Systems: A Case Study on Recovering Cold Energy from Liquefied Natural Gas Vaporization. Energies, 12(15), 3027. https://doi.org/10.3390/en12153027*

# 5.3. TÁVHŰTÉSI HÁLÓZAT, HIDEGENERGIA-VISSZANYERÉS CSEPPFOLYÓSÍTOTT FÖLDGÁZ ELPÁROLOGTATÁSÁBÓL (OLASZORSZÁG)

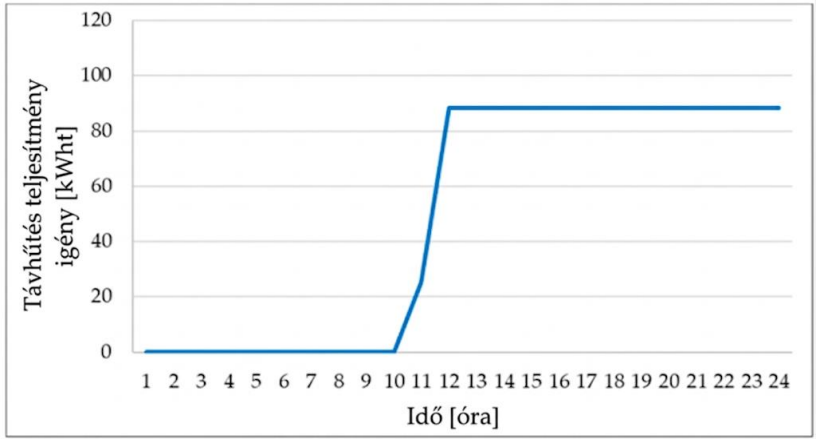
**Szimulációs eredmények**

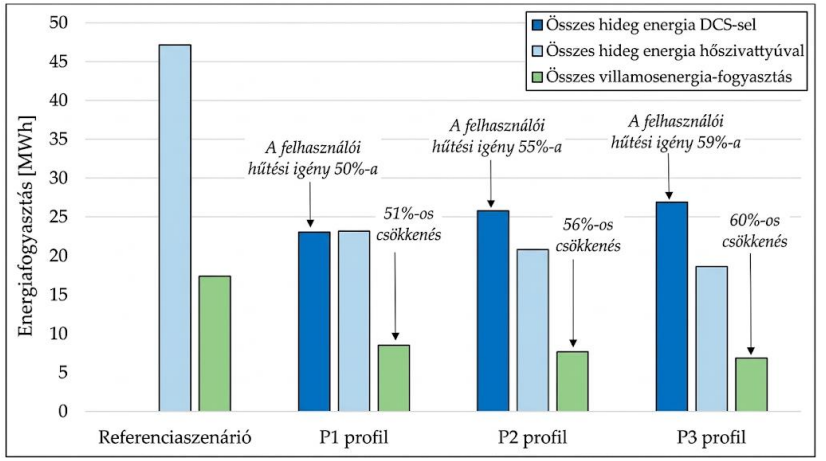
**Referenciaeset**
- Különálló hűtőrendszerek: Hőszivattyúról táplált fan-coil egységek
- Hűtési igény (július–augusztus): 47 MWht
- Villamosenergia-fogyasztás: 17 MWhe

**Szabadhűtési teljesítményelemzés**
- Hőcserélőhöz közvetlenül csatlakoztatott DCS (hőtároló nélkül):
- P1 (állandó ellátás): Hűtési igény 50%-ának fedezése, 52%-os villamosenergia-megtakarítás
- P2 (hétköznapi szabályozás): 58%-os villamosenergia-megtakarítás
- P3 (változó ellátás): Kevésbé hatékony az igény és az ellátás közötti eltérés miatt

**Hőtároló (TES) hatása**
- 60 m³-es tartály alkalmazása:
- P3 eset: Hűtési igény 59%-ának fedezése, 60%-os villamosenergia-megtakarítás
- P1 és P2 esetek: Minimális hatás az egyenletes ellátás miatt
- Jobb egyensúlyt tesz lehetővé az igény és az ellátás között

**Hőtároló méretezési szempontok**
- Optimális tartomány: 30–90 m³
- Kisebb tartályok: Elégtelen hőtehetetlenség
- Nagyobb tartályok: Megnövekedett hőveszteség és lassabb rendszerreakció




*Mugnini, A., Coccia, G., Polonara, F., & Arteconi, A. (2019). Potential of District Cooling Systems: A Case Study on Recovering Cold Energy from Liquefied Natural Gas Vaporization. Energies, 12(15), 3027. https://doi.org/10.3390/en12153027*

# 5.3. TÁVHŰTÉSI HÁLÓZAT, HIDEGENERGIA-VISSZANYERÉS CSEPPFOLYÓSÍTOTT FÖLDGÁZ ELPÁROLOGTATÁSÁBÓL (OLASZORSZÁG)

**Következtetések**

**Távhűtés előnyei:**
- Alacsony költségű hidegenergia-ellátás csökkentett $CO_2$-kibocsátással
- Integráció megújuló energiaforrásokkal, trigenerációval és hőtárolással
- Hatékony hulladékhűtési energia-visszanyerés (pl. L-CNG töltőállomások)

**Esettanulmány:**
- Rendszer: L-CNG töltőállomás, amely lakóövezet hűtését biztosítja
- Legjobb teljesítmény: 60%-os árammegtakarítás (P3 profil + 60 m³ TES)
- Általános megtakarítás: >50%-os árammegtakarítás minden forgatókönyvben

**Megfontolások és jövőbeli feladatok:**
- Az eredmények az LNG párologtató energia rendelkezésre állásával kapcsolatos feltételezésektől függenek
- További vizsgálatokra van szükség a DCS méretezésével és a felhasználói csatlakozások optimalizálásával kapcsolatban

**Fő következtetések:**
- Az LNG párologtatása hatékonyan képes ellátni a lakossági DCS-eket
- A közlekedés és a lakossági hűtés integrálása fokozza a városi fenntarthatóságot

*Mugnini, A., Coccia, G., Polonara, F., & Arteconi, A. (2019). Potential of District Cooling Systems: A Case Study on Recovering Cold Energy from Liquefied Natural Gas Vaporization. Energies, 12(15), 3027. https://doi.org/10.3390/en12153027*

# 5.4. KÖVETKEZTETÉSEK

| Kulcsfontosságú sikertényezők (külső) | Leírás |
|---|---|
| **Megfelelő nemzeti szakpolitikai és szabályozási környezet** | A nemzeti energiapolitika és a szabályozási környezet megfelelő alapot és ösztönzőket biztosít a távhő- és távhűtési (DHC) rendszerek fejlesztéséhez. |
| **Közvetlen/közvetett pénzügyi támogatás** | A távhűtés-projektek kihasználhatják a meglévő közvetlen és közvetett támogatásokat. |
| **Célzott helyi szakpolitika és összhang a várostervezéssel** | A helyi hatóságok energiaellátási és klímastratégiájuk részeként támogatják a távhűtést, és beépítik a hőellátási tervezést városfejlesztési projektjeikbe. |
| **Érdekek összehangolása / Együttműködési érettség** | Az országos és helyi szintű hatóságok, a szabályozó szervek, a végfelhasználók, a távhűtés-szolgáltató és egyéb helyi szereplők hatékonyan együttműködnek a színvonalas szolgáltatás, valamint a fenntartható és költséghatékony hő- és hűtésellátás megvalósítása érdekében. |

Thank you!

Module 4 - District Cooling
SHaKE – Sharing Heat and Knowledge on Energy Communities

https://www.shakeproject-dhc.eu/

Developed by UJI
Dr. Adrián Mota-Babiloni | mota@uji.es
Ghad Alarnaot-Alarnaout | alarnaot@uji.es

Co-funded by
the European Union

