Module 3: Heat production

Module 3.4
A HŐTERMELŐ RENDSZEREK GAZDASÁGI ÉS KÖRNYEZETI ÉRTÉKELÉSE

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

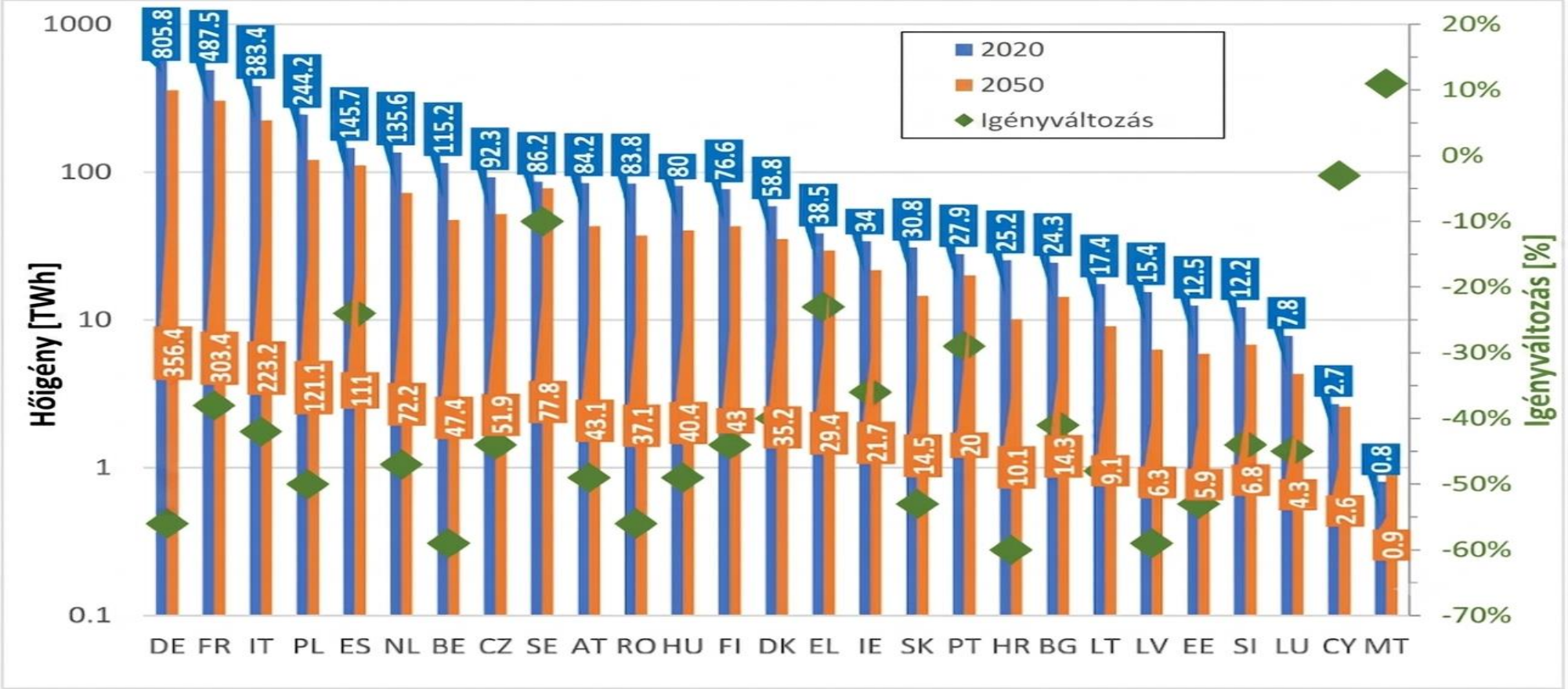
SHaKE
Sharing Knowledge on Energy Communities



3.1. BEVEZETÉS

Távfűtés

Hasznos hőigény-szintek (TWh) 2020-ban és 2050-ben, valamint a lakossági és harmadszektorok (másodlagos Y-tengely) relatív változásai a legjobb forgatókönyv alapján.

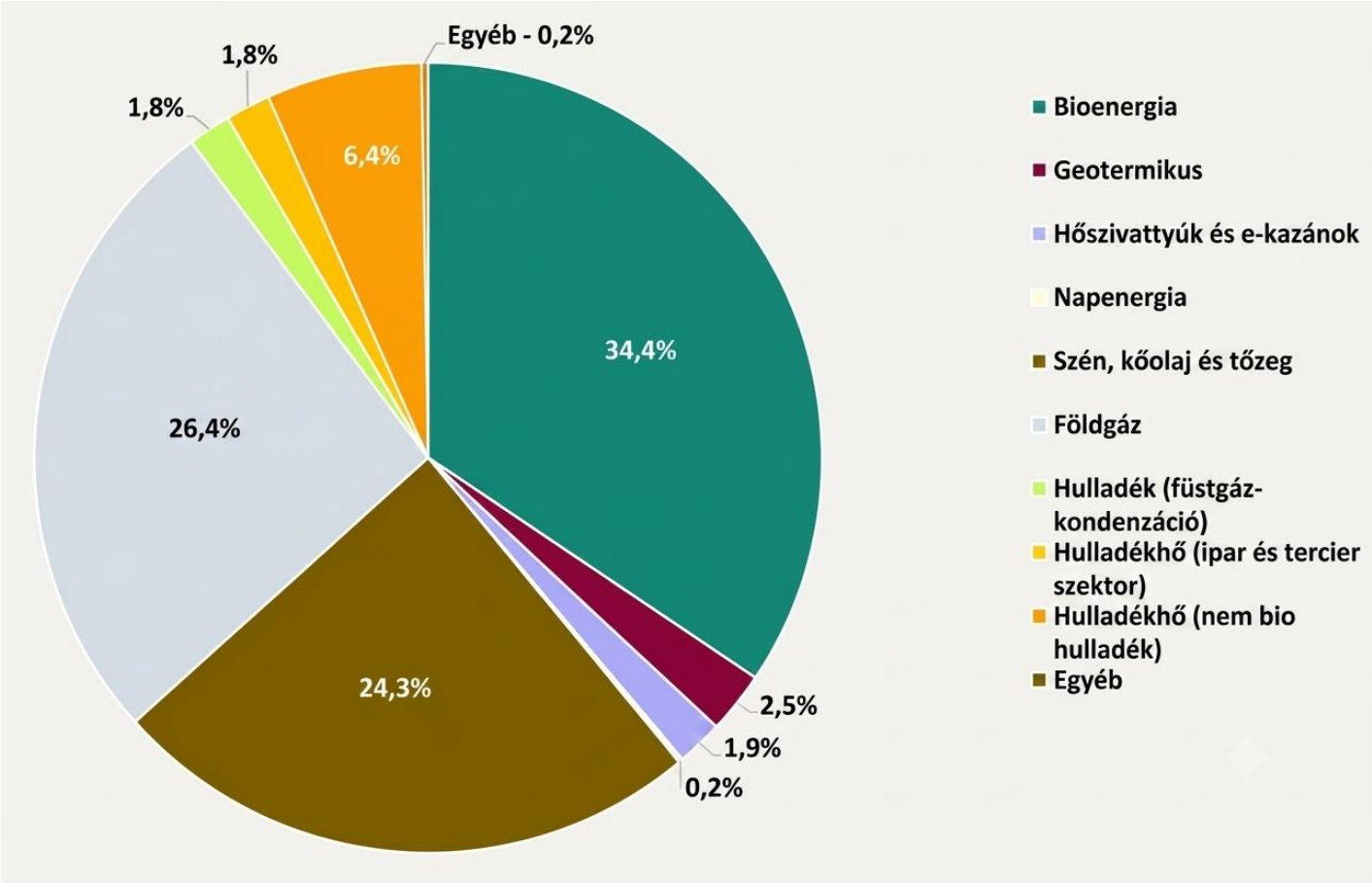


Euroheat & Power. (2023). Körfűtés és hűtés: Az energiaátmenet kulcsa. https://www.euroheat.org/knowledge-hub.html

3.1. BEVEZETÉS

Távfűtés Európában

Energiaforrások az európai távhőellátásban 2022-ben.



Euroheat & Power. (2023). District Heating and Cooling: A key to the energy transition. https://www.euroheat.org/knowledge-hub.html

3.2. HŐTERMELŐ RENDSZEREK MÉLYREHATÓ GAZDASÁGI ELEMZÉSE

Gazdasági elemzés – Bevezetés:

Definíció:

A hőtermelés gazdasági elemzése értékeli a különböző technológiák költséghatékonyságát, pénzügyi életképességét és hosszú távú fenntarthatóságát.

· **Főbb mutatók:**

Tőkeberuházás (CAPEX)
Működési kiadások (OPEX)
Szintezett hőköltség (LCOH)
Befektetési megtérülés (ROI)
Visszafizetési időszak

3.2. HŐTERMELŐ RENDSZEREK MÉLYREHATÓ GAZDASÁGI ELEMZÉSE

Tőkeberuházások(CAPEX):

A tőkeberuházás (CAPEX) olyan beruházásokat jelent, amelyeket egy vállalat hosszú távú alapeszközökbe, például épületekbe, gépekbe és technológiába fektet, amelyek elengedhetetlenek a működéséhez és a növekedéshez. Ezek a befektetések két fő kategóriába sorolhatók:

- Karbantartási CAPEX: Beruházások, amelyek a meglévő eszközök karbantartására vagy javítására irányulnak a megfelelő funkcionalitás érdekében.

- Terjeszkedési CAPEX: Beruházások új eszközök beszerzésére vagy meglévő fejlesztésére irányulnak a termelési kapacitás növelése vagy új piacok belépése érdekében.

A tipikus CAPEX komponensek a következők:

- **Felszerelés**
- **Telepítés**
- **Infrastruktúra**
- **Rendszerintegrációs költségek**

3.2. HŐTERMELŐ RENDSZEREK MÉLYREHATÓ GAZDASÁGI ELEMZÉSE

Működési kiadások(OPEX)

Az OPEX magában foglalja a távfűtés,-hűtés rendszer hatékony működtetéséhez és karbantartásához szükséges visszatérő költségeket. A kulcsfontosságú elemek a következők:

- **Energia/Üzemanyag:** A költségek jelentős költségek, amelyeket az üzemanyagárak ingadozásai befolyásolnak. A megújuló források stabilabb hosszú távú költségeket kínálnak.
- **Karbantartás:** Lefedi az ellenőrzéseket, javításokat és váratlan beavatkozásokat a megbízhatóság biztosítása érdekében.
- **Munkaerőköltségek:** A bérek és juttatások az operatív személyzet számára, általában a teljes OPEX 30–50%-a.
- **Rendszerfigyelés:** Szoftver, elemzés és képzés valós idejű teljesítménykövetéshez, hatékonyság javítása és költségcsökkentése érdekében.

3.2. HŐTERMELŐ RENDSZEREK MÉLYREHATÓ GAZDASÁGI ELEMZÉSE

Hő Kiegyenlített Költsége (LCOH):

A Hő Kiegyenlített Költsége (LCOH) egy olyan mérőszám, amely a fűtési rendszer élettartama alatt a hőtermelés átlagos költségét értékeli. Tartalmaz minden releváns kiadást, beleértve a kezdeti tőkeberuházást, az üzemeltetési és karbantartási költségeket, valamint az üzemanyag-kiadásokat, a teljes hőteljesítményre normalizálva. Ez a mérőszám lehetővé teszi a különböző fűtési technológiák és rendszerek következetes összehasonlítását.

Meghatározás és Képlet:

Az LCOH-t a következő képlettel számítják ki:

$$\mathrm{LCOH} = \frac{\sum_{t=1}^{n} \left(\frac{I_t + O_t + F_t}{(1+r)^t} \right)}{\sum_{t=1}^{n} \left(\frac{Q_t}{(1+r)^t} \right)}$$

Ahol:
I_t = Beruházási kiadások a t. évben
O_t = Üzemeltetési és karbantartási költségek a t. évben
F_t = Üzemanyagköltségek a t. évben
Q_t = Hőtermelés a t. évben
r = Leszámítolási ráta
n = A rendszer várható élettartama

3.2. HŐTERMELŐ RENDSZEREK MÉLYREHATÓ GAZDASÁGI ELEMZÉSE

Megtérülés és visszafizetés időszaka

A távfűtési és hűtési (DHC) rendszerek kontextusában elengedhetetlen olyan hatékonysági mutatók, mint a termelt hő MWh-ára jutó költsége és a megtérülés (ROI) megtérülési időszakokkal együtt a gazdasági életképességük és teljesítményük értékeléséhez.

A MWh-s hőtermelésre jutó költség:

A távfűtési és hűtési rendszerekben keletkezett hő megawattórára (MWh) jutó költsége olyan tényezők függvényében változik, mint az energiaforrások, a rendszer hatékonysága és a regionális gazdasági körülmények. Például egy EU-ban működő hatékony távfűtési és hűtési rendszerekről szóló tanulmány rámutatott, hogy a MWh-ra jutó költség jelentősen eltérhet a hőforrások és a termelőtechnológiák kombinációjától függően.

Befektetési megtérülés (ROI) és megtérülési időszakok:

A kezdeti tőkekiadások, az üzemeltetési költségek és a bevételi források befolyásolják a távfűtési és hűtési rendszerek megtérülését és megtérülési időszakait. A távfűtési rendszerek költségbefolyásolóiról szóló jelentés megjegyezte, hogy például a holland távfűtési és hűtési rendszerek MWh-ra jutó költségben eltérnek, ami befolyásolhatja az összesített megtérülést és a megtérülési időszakot.

3.2. HŐTERMELŐ RENDSZEREK MÉLYREHATÓ GAZDASÁGI ELEMZÉSE

Esettanulmányok és gazdasági összehasonlítás Dél-Korea:

- A nagyobb távfűtési rendszerek csökkentik az átlagos költségeket a méretgazdaságosság miatt.
- A költséghatékonyság javul a rendszer méretének növekedésével.

CHP vs. hőszivattyúk – gazdasági teljesítmény:

- **CHP:** ~70% hatékonyság, alacsonyabb üzemeltetési költség, de magas tőkeköltség ($1,250–$3,300/kW).
- **Hőszivattyúk:** Alacsonyabb üzemeltetési költségek; a hatékonyság a COP-tól és az áramforrástól függ, ugyanakkor magasak a kezdeti költségek.

Európa:

- A távfűtés lehetővé teszi a nagyszabású alacsony szén-dioxid-kibocsátású energia-integrációt.
- A bővítés növeli a rugalmasságot, hatékonyságot és költséghatékonyságot.

Összegzés:

- A távfűtés-hűtés rendszerek bővítése növeli a hatékonyságot és csökkenti a költségeket, támogatva fenntartható városi fűtést és hűtést.



GE Vernova. (2023, október 17.). Dél-korea Naepo Távfűtési Üzeme kereskedelmi üzembe kezd, amelyet a GE Vernova H-osztályú kombinált ciklusú berendezései hajtanak [Sajtóközlemény]. https://www.gevernova.com/news/press-releases/south-koreas-naepo-district-heating-plant-starts-commercial-operation-powered-by-ge

3.2. HŐTERMELŐ RENDSZEREK MÉLYREHATÓ GAZDASÁGI ELEMZÉSE

Összehasonlító költségelemzés:

CHP rendszerek:

Üzemanyagköltségek: Az elsődleges üzemanyag (pl. földgáz) ára és elérhetősége közvetlenül befolyásolja az üzemeltetési költségeket.

Tőkeberuházások (CAPEX): Magas kezdeti költségek a berendezések, telepítési és infrastruktúra követelményei miatt.

Karbantartási költségek: A rendszeres karbantartás szükséges az optimális teljesítmény érdekében, ami növeli az üzemeltetési költségeket.

Hőszivattyúk:

Villamosenergia költségek: Az üzemeltetési költségeket a villamosenergia árak és a rendszer hatékonysága befolyásolja.

Telepítési költségek: A berendezésekkel és a telepítéssel kapcsolatos költségek jelentősek lehetnek, különösen olyan rendszerek esetében, amelyek kiterjedt csatornákat vagy föld alatti forrás telepítést igényelnek.

Teljesítményváltozás: A hatékonyság szélsőséges hőmérsékleteken csökkenhet, ami potenciálisan növelheti az üzemeltetési költségeket.

3.3. A HŐTERMELŐ RENDSZER KÖRNYEZETI HATÁSA

Környezeti hatások bevezetése:

Elemzett kulcsfontosságú tényezők

Az EIA általában számos tényezőt vizsgál a projekt környezeti lábnyomának felméréséhez:

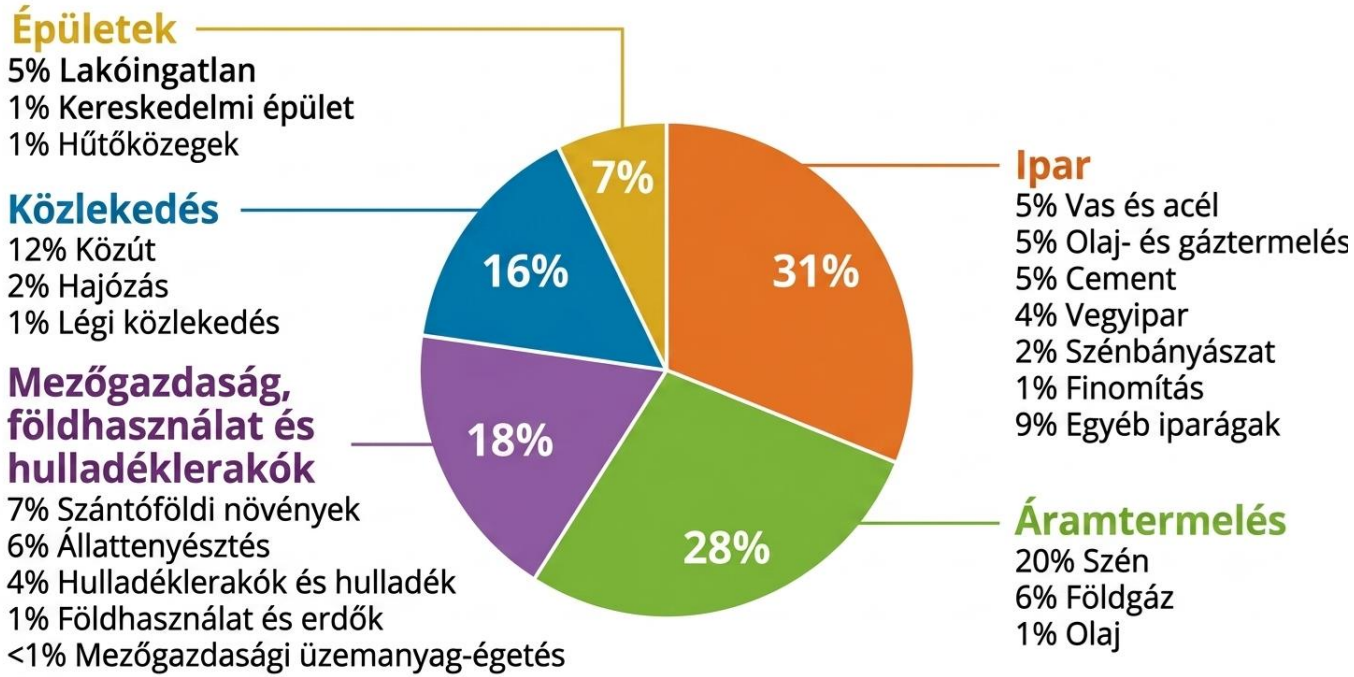
- **Projekt mérete és természete.**
- **Helyszín jellemzői.**
- **Lehetséges környezeti hatások.**
- **Halmozott hatások.**
- **Mérsékelési intézkedések.**
- **Szabályozási keret.**

3.3. A HŐTERMELŐ RENDSZER KÖRNYEZETI HATÁSA

Üvegházhatású gázkibocsátás (GHG):

Alacsony vagy nulla kibocsátás hőszivattyúkkal

Üvegházhatású gázok kibocsátásának elosztása szektorok szerint.



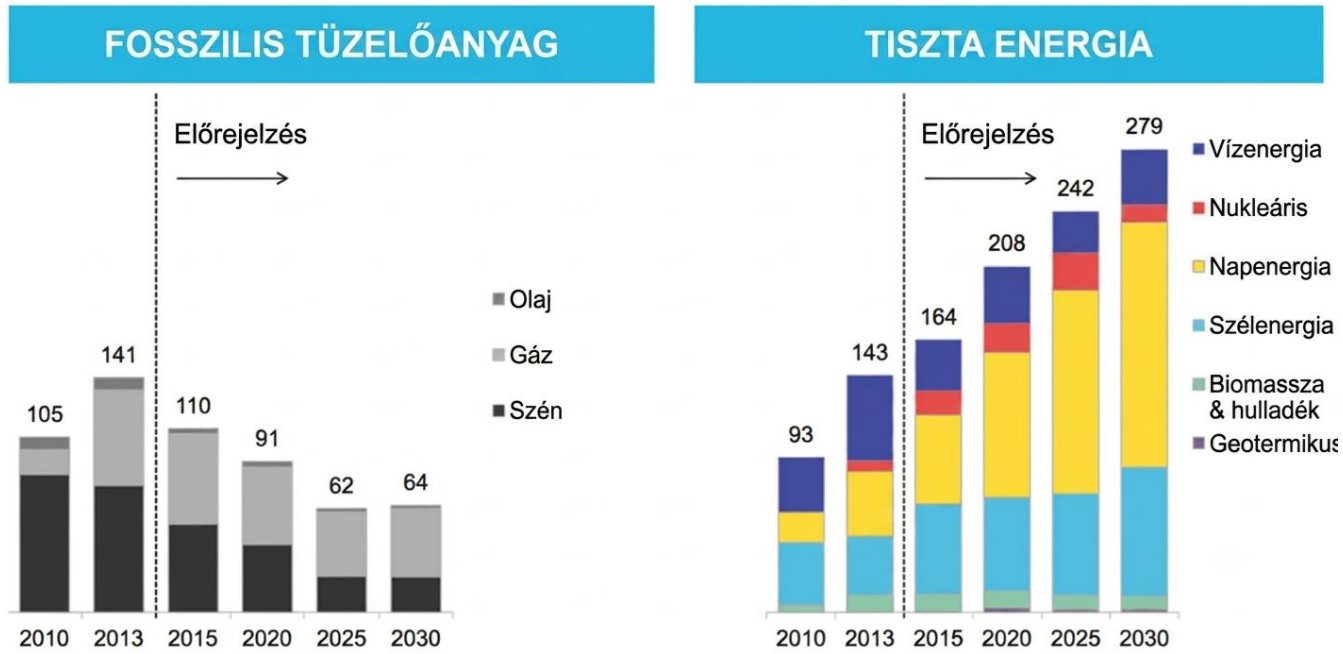
Rivera, A., Movalia, S., Pitt, H., y Larsen, K. (2022, December 19). Global greenhouse gas emissions: 1990-2020 and preliminary 2021 estimates. Rhodium Group. https://rhg.com/research/global-greenhouse-gas-emissions-2021/

3.3. A HŐTERMELŐ RENDSZER KÖRNYEZETI HATÁSA

Erőforrás-felhasználás

Hatékonyság és fenntarthatóság

Fosszilis tüzelőanyag vs tiszta energia termelési kapacitás előrejelzése



International Energy Agency. (2024). World Energy Outlook 2024. IEA. https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2024

3.3. A HŐTERMELŐ RENDSZER KÖRNYEZETI HATÁSA

A CHP és hőszivattyúk kibocsátása

CHP rendszerek:

- NO_x, SO_x és részecskéket bocsátanak ki, különösen fosszilis tüzelőanyagok használatakor.
- Hatékonyabbak, mint a különálló rendszerek, de mégis hozzájárulnak a légszennyezéshez.
- A kibocsátások üzemanyagtípustól és technológiától függően változnak.

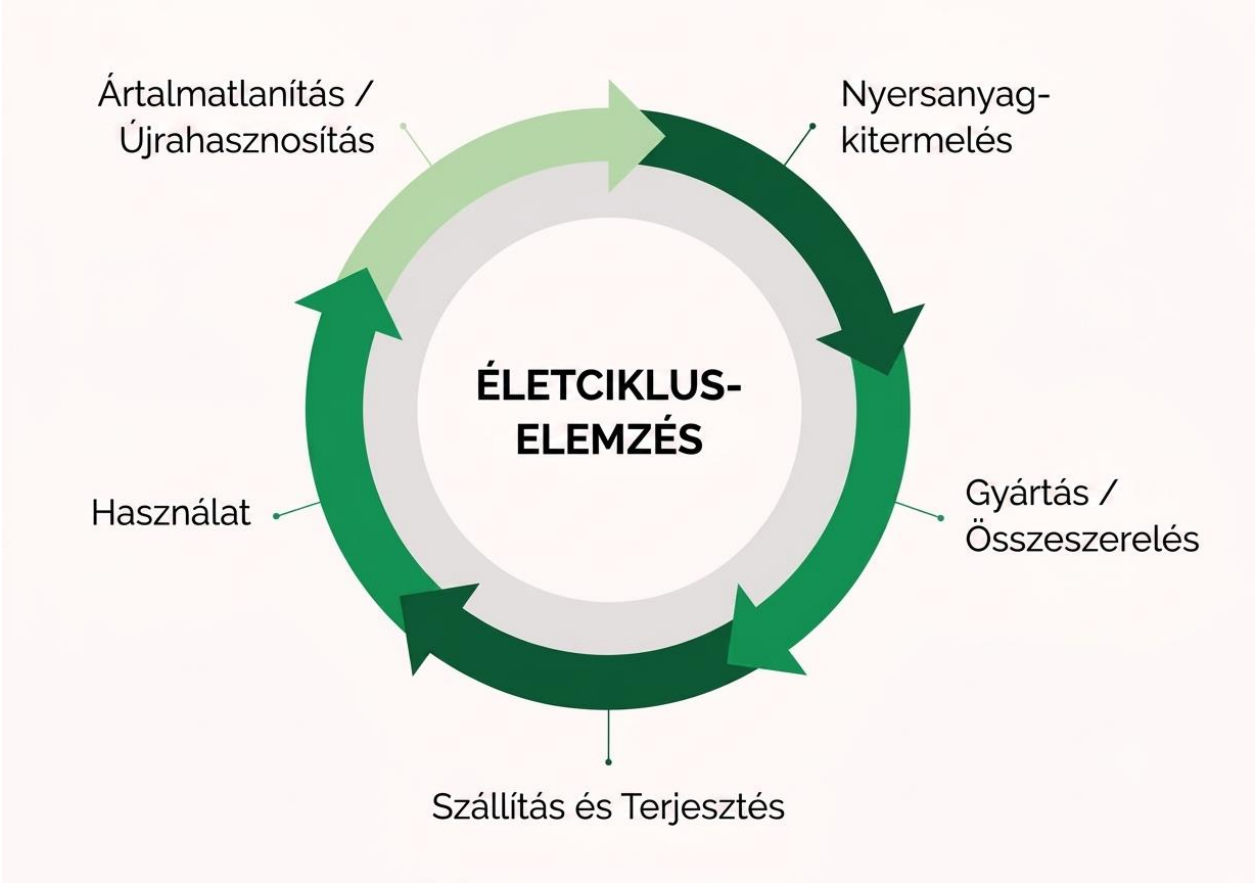
Hőszivattyúk:

- Szinte semmilyen helyszíni kibocsátás (NO_x, SO_x, részecskék).
- A környezeti hatás az áramforrástól függ.
- Tisztább, ahogy a hálózatok megújuló energiára térnek át.

3.3. A HŐTERMELŐ RENDSZER KÖRNYEZETI HATÁSA

Életciklus értékelése (LCA)

LCA Gyártási ciklus



Európai Bizottság. (2017). Jó gyakorlat az energiahatékonyságban: Egy fenntartható, biztonságosabb és versenyképesebb Európa érdekében. Az Európai Unió Kiadói Hivatala. https://data.europa.eu/doi/10.2775/723141

3.4. PIACI ÉS IPARÁGI TRENDEK, ÁRAK A CHP ÉS HŐSZIVATTYÚK PIACI VERSENYE

Piaci trendek – bevezetés
A hőtermelés és a hőszivattyúk fejlődése
A fűtés fejlődése:

- Átállás a szénalapú rendszerekről a hatékony, modern technológiákra.
- A gőz és az elektromos fűtés javította az irányítást és a hatékonyságot.
- A közelmúltbeli elmozdulás a fenntartható rendszerek felé, különösen a hőszivattyúk felé.

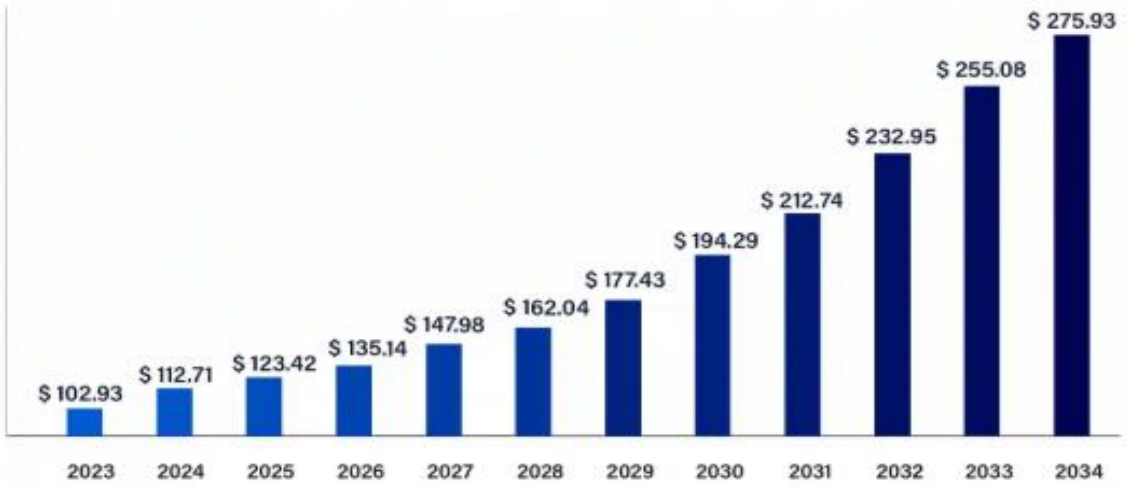
Hőszivattyúk:

- 2021-ben a globális fűtés ~10%-át tette ki.
- A növekedést a magas hatékonyság és a megújuló energiaforrások használata hajtja.
- 2024-ben az európai eladások politikai és gazdasági okok miatt 23%-kal csökkentek.
- Az Egyesült Királyságban az eladások 63%-kal nőttek, ami regionális eltérést mutat az elterjedésben.

3.4. PIACI ÉS IPARÁGI TRENDEK, ÁRAK A CHP ÉS HŐSZIVATTYÚK PIACI VERSENYE



CHP piacmérete 2024-től 2034-ig (milliárd USD)



Hőszivattyú piac mérete 2023-tól 2034-ig (milliárd USD)

- Hőszivattyúk : az elektromosítás és a szén-dioxid nélküli kibocsátás hajtja a CO_2-t a fosszilis alapú fűtés helyettesítésével.
- Hőszivattyú technológia: gyorsabb fejlesztés (pl. változó sebességű kompresszorok), nagyobb hatékonyság és könnyebb integráció.
- Hőszivattyú szerep: legjobb alacsony költségű/megújuló villamosenergia mellett, egyre fontosabb a rugalmas, alacsony szén-dioxid-kibocsátású energiarendszerekben.
- CHP rendszerek: a magas összhatékonyságra (~80%) fókuszálnak a hő- és villamosenergia egyidejű termelésével.
- CHP trend: a megújuló energiaforrások integrációja és a hibrid fűtésszivattyúkkal való működés felé való elmozdulás a rendszer optimalizálása érdekében.

Precedence Research. (2024). Hulladékhővisszanyerő rendszer piac: globális iparági elemzés, méret, részesedés, növekedés, trendek, regionális kilátások és előrejelzés 2024-2034-re. https://www.precedenceresearch.com/waste-heat-recovery-system-market

3.4. PIACI ÉS IPARÁGI TRENDEK, ÁRAK A CHP ÉS HŐSZIVATTYÚK PIACI VERSENYE

Iparági vezetők, árképzési dinamika és technológiai hatás

Kulcsfontosságú piaci szereplők

GE – Jelentős CHP-szolgáltató, nagy hatásfokú és megbízható rendszerekkel.
Siemens Energy – Német piaci vezető, amely különféle iparágak számára kínál CHP-megoldásokat.
Veolia – Integrált energetikai és CHP-szolgáltatásokat nyújtó francia vállalat.
Wärtsilä – Erős piaci jelenléttel rendelkező finn innovátor a CHP területén.
2G Energy – A fejlett CHP-technológiára szakosodott német vállalat.

Árképzés és piaci dinamika(2019–2022)

Az energiaárak emelkednek:

- Villamosenergia: +6–14% | Földgáz: +22–46%
- Fűtőolaj: +35% | Propán: +33–50%

A gázárak emelkedése → csökkenti a CHP nyereségességét.
Stabil/csökkenő áram → növeli a hőszivattyúk elterjedését.
Mikro-CHP + hőszivattyúk + hőtároló + PV → >130% üzemanyag-hatékonyság integrációja.
A jobb teljesítmény csökkenti az üzemeltetési költségeket.
Hőszivattyúk: Megtérülés akár 16 évig is, támogatva a hosszú távú piaci növekedést.

3.5. A CHP ÉS HŐSZIVATTYÚK POLITIKAI ESZKÖZEI ÉS SZABÁLYOZÁSI KERETEI

Politikai eszközök és globális keretrendszer

Globális kontextus

- A politika célja, hogy a globális felmelegedést 1,5°C-ra korlátozzák a hő szén-dioxid-kibocsátásának csökkentésével.
- A megvalósítás régiónként változik, gazdasági és politikai körülményektől függően.

EU-kezdeményezések

- REPowerEU Terv:
  - 20 millió hőszivattyú 2026-ig
  - 60 millió 2030-ig → csökkenti a fosszilis tüzelőanyag-függőséget.

Globális Dél kihívásai

- A magas hitelfelvételi költségek lassítják a tiszta energia projekteket.
- COP29 és G20: hangsúlyozzák a klímafinanszírozást (szén-dioxid-adók, adósságcserék).
- A politikáknak régióspecifikusnak kell lenniük a fenntartható elfogadás érdekében.

Szabályozási keretek (EU)

- RED II: 2030-ra 32% megújuló energia ≥.
- EED: +32,5% energiahatékonyság 2030-ra.
- Nemzeti szabványok: Az EU céljainak helyi adaptálása (pl. Németország épületekhez vonatkozó EnEV-je).

3.5. A CHP ÉS HŐSZIVATTYÚK POLITIKAI ESZKÖZEI ÉS SZABÁLYOZÁSI KERETEI

Támogatások, szén-dioxid árazás és piaci hatás

- Támogatások és ösztönzők
- Támogatások: Csökkentsék az előzetes befektetési költségeket.
- Adókedvezmények (ITC, PTC): Ösztönzik megújuló energiaforrások telepítését és üzemeltetését.
- Betáplálási vámok (FiT): Garantált bevétel a megújuló termelők számára.

Hatás a piacra

- Magasabb elterjedési arány és piaci bővülés alacsonyabb költségek révén.
- Ösztönzi az innovációt és a hosszú távú versenyképességet.
- A támogatásfüggőség fokozatos csökkentése a technológiák fejlődésével.

Szén-dioxid árazási mechanizmusok

- Kibocsátási Kereskedelmi Rendszerek (ETS): A vállalatok kibocsátási engedélyeket cserélnek; A sapkák hajtják a csökkentéseket.
  - Példa: EU ETS – a legnagyobb globális szén-dioxid-piac.
- Szén-dioxid adók: Növeljék a fosszilis tüzelőanyagok költségeit → csökkentsék a kibocsátásokat.
  - Példa: Svédország szén-dioxid-adója → jelentős kibocsátáscsökkentések.
- Mindkét eszköz befolyásolja az üzemeltetési költségeket, és elősegíti a tisztább innovációt.

3.6. JÖVŐBELI MEGFONTOLÁSOK

Jövőbeli energiaátmenetek: dekarbonizáció és innováció

Dekarbonizációs kihívások

- Átállás megújuló hőforrásokra (nap, geotermális, hulladékhő).
- Akadályok: infrastruktúra, beruházás és tárolókapacitás.
- Példa: A geotermikus rendszerek fejlett hőmérséklet-szabályozást igényelnek.

Innováció és technológia

- Fejlett hőszivattyúk, hőtárolók és alacsony szén-dioxid-kibocsátású rendszerek fenntartható növekedést tesznek lehetővé.
- Példa: Az új generációs hőszivattyúk javítják a megújuló energiaforrások integrációját.

Üzleti modellek és finanszírozás

- A köz- és magánszféra partnerségek (PPP-k) és a zöld kötvények finanszírozzák a megújuló energia átmeneteit.
- Cél: csökkenteni a pénzügyi kockázatokat és elősegíteni a fenntartható távfűtési beruházásokat.

Net-Zero 2050 célok

- Az EU és az USA elkötelezte magát a nettó zéró kibocsátás mellett 2050-ig.
- Nagyszabású megújuló integrációra, energiatárolásra és okoshálózatokra van szükség.
- Példa: EU Green Deal → –55% kibocsátás 2030-ig, nettó zéró 2050-re.

3.6. JÖVŐBELI MEGFONTOLÁSOK

Átmenet a fosszilis alapú CHP-ről

- Jelenleg: A CHP erőművek földgázt, szenet, olajat → főbb CO_2 forrásokat használnak.
- Jövő: átállás biomassza, naptermikus, geotermális, zöldhidrogénre.
- Példa: A dán távfűtési rendszer biomassza és hulladékhő felé való átállása (2030-ra szén-semleges)).

Technológiai fejlődés

- Ultra-magas hőmérsékletű hőszivattyúk (UHTHP): >100°C-os hőmérsékleten működnek ipari/körzeti használatra.
  - Példa: Energiepark Mainz (Németország) – >100% hatékonyság.
- Fejlett CHP bioüzemanyagokkal és hidrogénnel: alacsony szén-dioxid-kibocsátású vagy nulla kibocsátású üzemeltetés.
  - Példa: Hannover CHP üzem, amely hidrogén üzemanyagot használ szénsemleges hőséghez.

Hálózatintegráció és rugalmasság

- Keresletoldali menedzsment (DSM): a fogyasztók ár/kínálat szerint igazítják a felhasználást.
- Hőtárolás: egyensúlyban tartja a hőigényt és a hálózati ingadozásokat.
- Előnyök: alacsonyabb költségek, megelőzve a dugulásokat, javítani a rendszer hatékonyságát.

3.6. JÖVŐBELI MEGFONTOLÁSOK

Klímaellenállás

- Az időjárási változás befolyásolja a fűtési igényt (enyhe telek vs. hideg szélsőségek).
- Megoldások: rugalmas működés, hőtárolás, megújuló tartalék (bioüzemanyagok, H_2).
- Cél: megbízható és adaptív távfűtési rendszerek.

Gazdasági ellenálló képesség

- Diverzifikáljuk az energiaforrásokat, alkalmazzunk rugalmas árazást és okos hálózatokat a stabilitás érdekében.
- A hosszú távú befektetésekre és az életciklus költségoptimalizálására fókuszál, összhangban a dekarbonizációs célokkal.

Jövőbiztos hőhálózatok: Kulcsfontosságú projektek

- Egyesült Királyság – Zöld gáz Londonnak: Biogáz + hulladékhő a nulla szén-dioxidú távfűtéshez.
- Copenhill (Koppenhága): Hulladékból energia-termelést végző üzem, amely 150 000 otthont fűtés; Szén-dioxid-semleges cél 2025-re.
- Amszterdami Smart Heat Network: Integrálja a nap-, geotermikus és hőtárolót digitális vezérléssell.

Hatás

- Dekarbonizáció: Ötvözi a megújuló energiákat és az innovációt alacsony szén-dioxid-kibocsátású rendszerek számára.
- Ellenálló képesség és rugalmasság: Stabil ellátás a változó éghajlat alatt.
- Skálázhatóság: Bővítésre és jövőbeli technológiai integrációra tervezve.

3.7. KÖVETKEZTETÉSEK

Következtetések

- **Gazdasági és környezeti szempontok:**
  - Gazdaságos: A távfűtési rendszerek csökkentik a fosszilis tüzelőanyag-függőséget, csökkentik az üzemeltetési költségeket, és ösztönzők, valamint szén-dioxid-jótékonyságok révén hoznak bevételt.
  - Környezetvédelem: A megújuló technológiák alkalmazása és a hulladékhő visszanyerése segít a fűtés szén-dioxid csökkentésében és a szénlábnyom csökkentésében.
  - Hatékonyság: Az okoshálózatok és fejlett technológiák javítják a rendszer alkalmazkodóképességét és energiahatékonyságát.
- **A politikák és jövőbeli trendek jelentősége:**
  - Szabályzatok: Támogató politikák, mint a támogatások, a szén-dioxid árazás és az energiaszabványok elengedhetetlenek a felgyorsított elterjedéshez.
  - Jövőbeli trendek: Az ultra-magas hőmérsékletű hőszivattyúk, a bioüzemanyagokkal és hidrogénnel rendelkező CHP, valamint az okos hálózatok alakítják a távfűtés jövőjét.
  - Klímaellenállás: A rendszertervezés rugalmassága biztosítja a megbízhatóságot változó éghajlati körülmények között.

SHaKE
Sharing Knowledge on Energy Communities

CC BY

Thank you!

Module 3.4 – Economic and Environmental Assessment
SHaKE – Sharing Heat and Knowledge on Energy Communities

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

Developed by Universitat Jaume I de Castellón

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

MŰEGYETEM 1782

UNIVERSITAT JAUME I

MINES PARIS | PSL

Co-funded by the European Union

