1. modul

Bevezetés a távfűtési rendszerekbe

A SHaKE Oktatási Csomag része a távfűtési és -hűtési rendszerekről

Útmutató

Oktatási segédanyag felsőoktatási és szakmai képzésekhez

Verzió: 1.1
Dátum: 2026. május

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

Projekt

Sharing Heat and Knowledge on Energy Communities (SHaKE)
Erasmus+ KA220-HED Együttműködési Partnerségek a felsőoktatásban
Projekt szám: 2023-1-HU01-KA220-HED-000160219

Szerzők

Balázs Bokor, Zoltán Takács
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Szerkesztők

Eva Szalma, Balázs Bokor, Zoltán Takács

EU-finanszírozási elismerés és felelősségkizárás

Az Európai Unió által finanszírozott. A kifejezett nézetek és vélemények azonban kizárólag a szerző(k) véleményei, és nem feltétlenül tükrözik az Európai Unió vagy a Tempus Public Foundation véleményét. Sem az Európai Unió, sem a támogató hatóság nem vonható felelősségre ezekért.

Koordinátor

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Magyarország

Partnerintézmények

Universitat Jaume I de Castellón, Spanyolország
Mines Paris – PSL, Franciaország

Elismerés

Ez a kiadvány a SHaKE projekt részeként készült. A konzorcium köszönetet mond minden oktatónak, kutatónak, szakembernek és érintettnek, akik hozzájárultak az oktatási anyagok fejlesztéséhez, áttekintéséhez és fejlesztéséhez.

Engedély

Amennyiben másképp nincs feltüntetve, az anyag a Creative Commons Attribution 4.0 International Licence (CC BY 4.0) alatt érhető el. A felhasználók megoszthatják és átdolgozhatják az anyagot, amennyiben megfelelően feltüntetik a SHaKE projektet és a szerzőket, megadják a licencre mutató linket, valamint jelzik az esetleges változtatásokat.

Javasolt hivatkozás:

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem. 1. modul: Bevezetés a távhőrendszerekbe. SHaKE projekt, 2026.

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

Útmutató az 1. modul használatához

Ez a modul a SHaKE oktatási csomag része, amelyet a távhő- és távhűtési (DHC) rendszerek felsőoktatási és szakmai képzési keretek közötti oktatásának támogatására fejlesztettek ki.

Az 1. modul átfogó bevezetést nyújt a távhőrendszerekbe és azok fenntartható energiaközösségekben betöltött szerepébe. Bemutatja a távhőszolgáltatás történeti fejlődését a korai, gőzalapú hálózatoktól kezdve a modern, alacsony hőmérsékletű és ötödik generációs, energiamegosztáson alapuló rendszerekig. A modul ismerteti a rendszer főbb elemeit – beleértve a hőtermelést, -elosztást, -átadást, -felhasználást és a hőközpontokat –, miközben rávilágít a központi hőellátás előnyeire és kihívásaira is.

Kiemelt figyelmet kap a megújuló és alternatív hőforrások – például a geotermikus energia, a napenergia, a hulladékból energiát előállító technológiák és a hulladékhő-hasznosítás – integrációja. Európai példák szemléltetik, hogyan járulhatnak hozzá a távhőrendszerek az alacsony szén-dioxid-kibocsátású városi energiarendszerekre való átálláshoz.

Az útmutató elsősorban oktatók, előadók számára készült, oktatási segédanyagként. Használható előadások, vegyes (blended learning) oktatási tevékenységek, osztálytermi előadások, gyakorlati feladatok, esettanulmányokon alapuló bevezető munkák és szakmai továbbképzések támogatására. A kiegészítő prezentációs diák, a kérdésgyűjtemény, az önellenőrző kvíz, a modulhoz tartozó videó és a gyakorlati feladat mind azt a célt szolgálják, hogy segítsék az oktatókat a tartalom saját oktatási környezetükhöz való igazításában.

A modult hallgatók és szakemberek is használhatják önálló tanulásra. Bevezető modulként alkalmas mindazok számára, akik még csak most ismerkednek a távhőrendszerekkel, mind pedig azoknak, akik szeretnék átismételni a távhőszolgáltatás alapvető fogalmait, rendszerszerkezetét és technológiai fejlődését, mielőtt továbblépnének a speciálisabb SHaKE-modulokra.

A modul fő témái

- Távfűtési rendszerek és szerepük a városi energiaellátásban
- A távfűtés előnyei és hátrányai
- Hőtermelés és központosított hőellátás
- Távfűtés Európában
- Történelmi fejlődés és a távfűtés generációi
- Első generációs gőzelosztó rendszerek
- Második generációs forróvíz-elosztó rendszerek
- Harmadik generációs melegvíz-elosztó rendszerek
- Negyedik generációs alacsony hőmérsékletű, okos távfűtés
- Ötödik generációs környezeti hőmérsékletű energiaközösségek
- A távfűtési hálózatok funkcionális alrendszerei
- Távfűtési hőközpontok és hidraulikus csatlakozási típusok
- Hőcserélő technológiák hőközpontokban
- Megújuló energia integráció a távfűtésben
- Geotermikus energia és naphőenergia
- Hulladékból energiává tétel a távfűtésben
- Hulladékhő visszanyerése az iparból, adatközpontokból és önkormányzati infrastruktúrából
- Jövőbeli trendek a negyedik és ötödik generációs távfűtési hálózatokban

Az 1. modul célja

A modul célja, hogy támogassa a következő készségek és kompetenciák fejlesztését:

- megérteni a távfűtési rendszerek történelmi fejlődését és az első generációs gőzhálózatoktól az ötödik generációs energiaközösségekig tartó fejlődést;
- azonosítani a távfűtési hálózatok fő összetevőit és alrendszereit, beleértve a hőtermelést, elosztást, átadást, fogyasztást és hőközpontokat;
- összehasonlítani a különböző távfűtési technológiákat és generációkat hatékonyság, működési hőmérséklet, infrastruktúra és megújuló energia integráció szempontjából;
- értékelni a távfűtési rendszerek előnyeit, korlátait és fenntarthatósági hatásait különböző regionális és városi környezetben;
- elemezni a megújuló energiaforrások, a hulladékhő visszanyerése és az energiaközösségek szerepét az alacsony szén-dioxid-kibocsátású távfűtési rendszerekre való átmenet támogatásában;
- alkalmazza a távhőellátás alapvető fogalmait egy gyakorlati önkormányzati tervezési helyzetben.

Becsült óraszám

Ez a modul hozzávetőlegesen 6,7 tanulási órát ölel fel, beleértve az előadásokat, a gyakorlatokat, az esettanulmányokon végzett munkát, az önálló tanulást és a számonkérést.

Az oktatók a kurzus szintjétől, a kiválasztott tananyagoktól és az oktatási formától függően módosíthatják az óraszámot.

A modul felhasználható:

- teljes körű bevezető oktatási egységként,
- válogatott előadási anyagok gyűjteményeként,
- blended learning (vegyes oktatási) elemként,
- gyakorlati feladatcsomagként,
- a speciálisabb SHaKE-modulokat megelőző felkészítő modulként,
- vagy meglévő kurzusok kiegészítő anyagaként.

Tevékenységek és tanórák

Tevékenység típusa	Időkiosztás	Leírás
Előadások	3 óra	Bevezetés a távfűtési rendszerekbe, előnyök és hátrányok, hőtermelés és források, európai környezet, távfűtés termelése, hőközpontok, megújuló hőforrások, hulladékból energiává és hulladékhő visszanyerése
Gyakorlatok	0,5 óra	Gyakorlati tevékenység, amely a távfűtési termelések összehasonlításán, a megújuló és alternatív hőforrások értékelésén, valamint egy ajánlás előkészítésén alapul egy települési fűtés modernizációs forgatókönyvére
Esettanulmányok	0,5 óra	Európai és valós példák megvitatása a geotermikus távfűtés, a hulladékból energiavá tétel, a hulladékhő visszanyerése és az energia közösség koncepciói

Önálló tanulás	1,5 óra	Független olvasás, útmutató szekciók áttekintése, az önellenőrzés kvízre való felkészülés és a kulcsfontosságú modulfogalmak átdolgozása
Értékelés	0,2 óra	Feleletválasztós értékelő kérdések a fő távfűtési koncepciók, technológiák és alkalmazások megértésének értékelésére
Teljes tanulási idő	**6,7 óra**	

Célcsoportok

Ez az útmutató elsősorban olyan oktatók, előadók számára készült, akik saját oktatási vagy képzési tevékenységük során szeretnék felhasználni vagy adaptálni a SHaKE tananyagait.

A fő célcsoportok a következők:

- felsőoktatási oktatók a mérnöki tudományok, az épületgépészet, az energiarendszerek, a távhőellátás és a fenntartható városi energiarendszerek területén;
- a távhőellátással és távenergia-rendszerekkel kapcsolatos szakmai képzésekben vagy továbbképzésekben részt vevő képzők;
- vegyes (blended), moduláris vagy gyakorlatorientált tanulási tevékenységeket kidolgozó oktatók;
- fenntartható távenergia-rendszerekkel kapcsolatos, oktatási segédanyagokat kereső oktatók és kutatók;
- távhőellátással, megújuló hőenergia integrációjával, energiaközösségekkel, hőközpontokkal és városi energiainfrastruktúrával foglalkozó képzők és oktatók.

Az anyagokat hallgatók, szakemberek és tanulók is használhatják, amennyiben egyes témaköröket egyénileg kívánnak tanulmányozni. Mivel ez egy bevezető modul, nem szükséges a távhőellátással kapcsolatos mélyreható előismeret, bár az épületgépészet, a termodinamika vagy az energiarendszerek terén szerzett alapvető ismeretek hasznosak lehetnek.

Oktatók és trénerek általi használatra ajánlott

Az 1. modul rugalmasan használható teljes bevezető tanítási egységként vagy kiválasztott oktatási források halmazaként. Az oktatók az anyagok kombinálhatják a kurzus szintje, a rendelkezésre álló tanítási idő és a tervezett tanulási eredmények szerint.

Tanítási igény	**Javasolt 1. modul forrás**
A téma bevezetése	Használja a modul áttekintését és a bevezető diákat, hogy bemutassa a távfűtés alapfogalmát és annak jelentőségét a fenntartható városi energiarendszerek számára.
A tanulók előkészítése az óra előtt	Kijelölt útmutató szakaszokat előolvasásként rendelje meg a fordított tantermi vagy vegyes tanulási tevékenységekhez.
Támogató előadások vagy szemináriumok	Használja a bemutató diákat a távfűtés elveire, előnyeire és hátrányaira, hőtermelésre, európai környezetére, a generációkra, hőközpontokra, megújuló hőforrásokra és a hulladékhő visszanyerésére.

Értés ellenőrzése	Használja a kiválasztott kérdéseket a kérdésbankból beszélgetéshez, rövid tanórái ellenőrzésekhez, formatív értékelésekhez vagy LMS-alapú kvízekhez.
Az alkalmazott érvelés fejlesztése	Használja a gyakorlati anyagot tantermi munkákhoz, csoportos tevékenységekhez, házi feladatokhoz vagy rövid írásos jelentésekhez a távfűtés modernizációjáról.
A fenntarthatóságról szóló beszélgetés támogatása	Használja a megújuló energia, hulladékból energia, hulladékhő visszanyerés és ötödik generációs energiaközösségek szakaszait a dekarbonizációról és a jövőbeli távfűtési rendszerekről szóló beszélgetések indításához.
Független felülvizsgálat támogatása	Irányítsa a tanulókat a modulszintű önellenőrzési kvízre, miután elsajátították a releváns anyagokat.
Alkalmazkodás a helyi oktatási kontextusokhoz	Válassza ki, kombinálja vagy módosítsa az útmutató részeket, diákat, kérdéseket és gyakorlatokat a tanterv, a résztvevői szint és a szakmai kontextus szerint.

Ajánlott út önálló tanulóknak

A modult használó hallgatók és szakemberek számára, akik önállóan követhetik az alábbi sorrendet.

Lépés	Javasolt tevékenységek
Nézze át a bevezető előadást	Ismerkedjen meg a távfűtési rendszerek fő fogalmaival, terminológiájával és szerkezetével.
Tanulmányozza az útmutató anyagait	Olvassa el a távfűtés elveit, rendszertermelését, hőközpontokat, megújuló hőforrásokat és a hulladékhő visszanyerését.
Nézze meg a modul videóját	Használja a modul videóját és a hozzá csatolt értékelő kérdéseket, hogy feltárjon egy kiválasztott témát, koncepciót vagy gyakorlati aspektust a modulból.
Töltse ki az önellenőrzési kvízt	Tesztelje a modulban lefedett kulcsfogalmak és technikai elvek megértését.
Próbálja meg a gyakorlati gyakorlatot	A megszerzett tudást alkalmazza a távfűtési technológiák és a hőforrások összehasonlításával egy önkormányzati modernizációs forgatókönyvben.
Nézze át a kérdéseket	Használja a kérdéseket áttekintéshez, megbeszéléshez vagy a számonkérésre való felkészüléshez.

Elérhető támogató anyagok

A rendelkezésre álló tanulási források és értékelő anyagok a következők:

- prezentációs diák a modul témáihoz;
- kérdésbank;
- modulszintű önellenőrző kvíz;
- videó a modulhoz, a hozzá tartozó ellenőrző kérdésekkel;
- letölthető gyakorlati feladat egy önkormányzati távhőrendszer-korszerűsítési forgatókönyv alapján;
- az önálló tanulást, az osztálytermi megbeszélést és a fejlesztő értékelést támogató ellenőrző kérdések.

A gyakorlati feladat felhasználható csoportmunkához, házi feladatként, rövid írásos beszámolókhoz, osztálytermi megbeszéléshez vagy bevezető jellegű, projektalapú tanuláshoz. A feladat arra kéri a résztvevőket, hogy hasonlítsák össze a távhőtermelési módokat, értékeljék a megújuló és alternatív hőforrásokat, valamint fogalmazzanak meg javaslatot egy fűtési infrastruktúrája korszerűsítését tervező önkormányzat számára.

1 Tartalomjegyzék

1 Tartalomjegyzék 8
1 Bevezetés a távfűtési rendszerekbe 10
1.1 A távfűtés előnyei és hátrányai 10
1.2 Hőtermelés és források 11
1.3 Távfűtés Európában 11
2 Történelmi fejlődés: Távhő generációi 12
2.1 Első generáció: Gőzalapú hőelosztás (Steam Distribution) 12
2.2 Második generáció: Forróvíz elosztás 12
2.3 Harmadik generáció: Melegvíz elosztás 12
2.4 Negyedik generáció: Alacsony hőmérsékletű okos távfűtés megújuló energia integrációval 13
2.5 Ötödik generáció: Közel környezeti hőmérsékletű energiaközösségek 13
3 Távfűtési alrendszerek és technológiák 14
3.1 A távfűtés funkcionális alrendszerei 14
3.2 A távfűtés generációi 14
3.2.1 Első generáció: gőz alapú távhőszolgáltatás (19. század vége – 20. század eleje) 14
3.2.2 Második generáció: forróvíz elosztás (1930–1970) 16
3.2.3 Harmadik generáció: melegvíz eloszlás (<100 °C) 17
3.2.4 Negyedik generáció: Alacsony hőmérsékletű távhő (50–70 °C) megújuló integrációval 18
3.2.5 Ötödik generáció: Környezeti hőmérsékletű energia közösségek 18
3.3 Hőközpontok 19
3.3.1 A hőközpontok feladata a távhőellátási rendszerben 19
3.3.2 Hőcserélő technológiák 20
4 Megújuló energia a távfűtésben 21
4.1 Geotermikus energia 21
4.2 Napenergia 22
4.3 Hulladékból energia a távfűtésben (Waste-to-Energy WTE) 22
4.3.1 Bécs Spittelau üzeme 23
4.4 Hulladékhő visszanyerése a távfűtésben 25
4.4.1 Ipari hulladékhő 25
4.4.2 Adatközpontok 26
4.4.3 Önkormányzati infrastruktúra 26
5 Jövőbeli trendek: 4. és 5. generációs hálózatok 27
5.1 4. generációs célok 27
5.2 5. generációs vízió 27

6 Összegzés 28
7 Bibliográfia 29

1 Bevezetés a távfűtési rendszerekbe

A távfűtés történelmileg gazdasági és biztonsági megfontolások hatására alakult ki. A korai alkalmazók célja az üzemanyag-felhasználás hatékonyságának növelése, a tüzelésből származó kibocsátás lakott területektől távolabbra történő összpontosítása, valamint a lakóépületekben üzemeltetett számos nagynyomású gőzkazánnal járó kockázatok csökkentése volt.

A 19. század végi kezdetektől – olyan úttörők munkássága révén, mint az Egyesült Államokbeli Birdsill Holly – napjaink megújuló energiaforrásokat hasznosító, alacsony hőmérsékletű, negyedik és ötödik generációs hálózataiig a távfűtés jelentős átalakuláson ment keresztül.

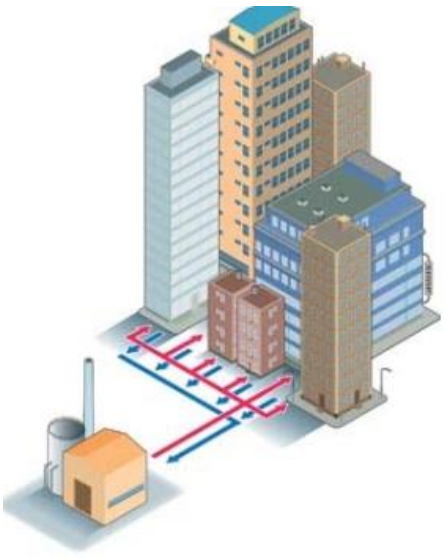
1.1 A távfűtés előnyei és hátrányai

A távfűtés számos olyan előnnyel jár, amelyek vonzó megoldássá teszik lakossági, kereskedelmi és ipari felhasználók hőenergiával történő ellátására. Az egyik legfőbb előnye a gazdasági hatékonyságban rejlik. A hőtermelés központosításával a távfűtési rendszerek kihasználhatják a méretgazdaságosság előnyeit, így az egységnyi hőre jutó költség alacsonyabb lehet, mint számos kisebb, egyedi rendszer esetében. Ez a központosított megközelítés általában alacsonyabb szolgáltatási költségeket is eredményez, mivel az üzemeltetési és karbantartási feladatok összevonása kevesebb erőforrást és szakembert igényel, mint a számos decentralizált rendszer működtetése.

Az egyik fő előny, hogy a távfűtés lehetővé teszi olyan megújuló energiaforrások – például a geotermikus energia – és hulladékhő (például hulladékégetőkből származó hő) hasznosítását, amelyekre egyedi épületek szintjén nem lenne lehetőség. Az EU célul tűzte ki, hogy 2050-re teljesen szén-dioxid-mentes és nulla kibocsátású épületállománnyal rendelkezzen, ezzel klímasemleges ágazattá alakítva Európa legnagyobb energiafogyasztó szektorát. A távfűtés segíti e cél elérését, mivel a távfűtési fogyasztók jelentős része nem lenne ellátható megújuló energiával központosított hőellátó rendszer nélkül.

További fontos előny a levegőminőség javulása. Mivel a hőtermelő létesítmények a sűrűn lakott városi területeken kívül helyezkednek el, minimálisra csökken a lakosság közvetlen kitettsége az égéstermékeknek. A központi erőművek emellett alkalmasabbak a pontos teljesítményszabályozásra is. Korszerű automatizálási rendszerek és terhelés-előrejelző eszközök alkalmazásával a hőtermelés pontosan a kereslethez igazítható, ami hatékony működést biztosít a teljes fűtési szezon során.

Ezen előnyök ellenére a távfűtési rendszereknek vannak hátrányaik is. Az egyik legjelentősebb kihívást a szállítási veszteségek jelentik. Ahogy a forró víz vagy a gőz halad az elosztóvezetékeken keresztül, elkerülhetetlenül hőveszteség lép fel – különösen a régebbi hálózatoknál, vagy amikor a hőt nagy távolságra kell szállítani. További akadályt jelentenek a magas kezdeti infrastrukturális költségek, mivel a szükséges csőhálózat, hőközpontok és vezérlőrendszerek kiépítése jelentős tőkebefektetést igényel. Emellett a távfűtési hálózatok sérülékenyek lehetnek az úgynevezett „egypontos” meghibásodásokkal szemben: a központi hőforrásban bekövetkező üzemzavar – legyen szó berendezés-meghibásodásról vagy üzemanyag-ellátási problémáról – potenciálisan az egész ellátott területet érintheti.



Ábra 1. A távolsági fűtési hálózatot szemlélteti

1.2 Hőtermelés és források

A távfűtési rendszerek különféle hőforrásokból érkeznek, melyek mindegyike egyedi technikai és környezeti előnyöket kínál. A dedikált fűtőerők a leggyakoribbak közé tartoznak, jellemzően földgázzal, biomasszával vagy olajjal működő kazánokat használnak meleg víz vagy gőz előállítására az elosztáshoz. Ezek az erőművek egyszerűek a tervezésben és üzemeltetésben, így alkalmasak mind kis, mind nagy hálózatok számára.

Hatékonyabb megoldást jelentenek a kapcsolt hő- és villamosenergia-termelő, kapcsolt (CHP) erőművek, amelyek villamos energiát állítanak elő, miközben a folyamat során keletkező hulladékhőt távfűtési célokra hasznosítják. Azáltal, hogy hasznosítják az egyébként veszendőbe menő hőenergiát, a kapcsolt rendszerek – a hő és a villamos energia külön történő előállításához képest – lényegesen magasabb összesített tüzelőanyag-hatékonyságot érhetnek el.

A hálózatok egyre gyakrabban fordulnak a megújuló energiaforrások – például naptermikus mezők, geotermikus kutak és nagyméretű hőszivattyúk – felé. Ezek a megoldások jelentősen csökkenthetik az üvegházhatású gázok kibocsátását, miközben mérséklik a hosszú távú tüzelőanyag-függőséget is. Szintén értékes forrást jelent a hulladékhő-hasznosítás, amely az ipari folyamatokból, adatközpontokból vagy hulladékégető művekből származó többlethőt hasznosítja, és azt a távhőhálózatba vezeti vissza.

A modern távhőrendszerek gyakran alkalmaznak több forrást integráló megoldásokat, amelyek keretében e technológiák közül többet is ötvöznek ugyanazon a hálózaton belül. Ez a megközelítés nemcsak a rendszer ellenállóképességét növeli – azáltal, hogy biztosítja a hőellátás folyamatosságát akkor is, ha valamelyik hőforrás kiesik –, hanem a fenntarthatósági célokat is támogatja azáltal, hogy lehetővé teszi a megújuló és a visszanyert hő nagyobb arányú felhasználását az energiamixben.

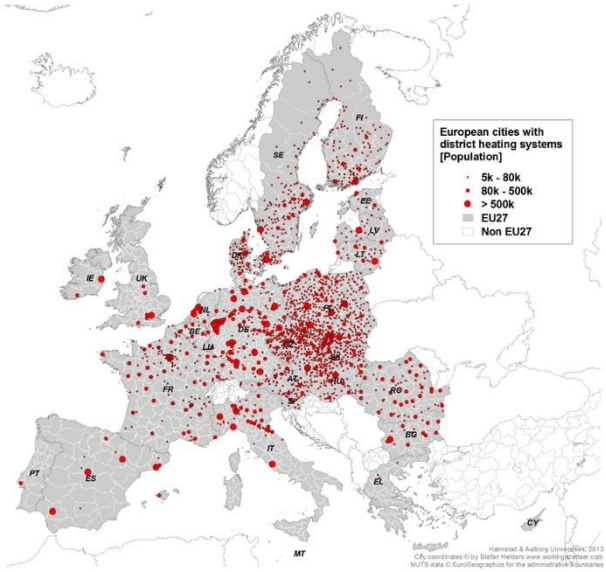
1.3 Távfűtés Európában

A távfűtés elterjedtsége világszerte jelentős eltéréseket mutat, ami az éghajlati viszonyok, a várostervezési hagyományok és az energiapolitika különbözőségét tükrözi. Észak-Európában és Skandináviában a távfűtésnek nagy hagyománya van. Az olyan országokban, mint Dánia, Svédország és Finnország, a városi fűtési igények több mint felét gyakran távfűtési hálózatokon keresztül elégítik ki. Ezt az elterjedtséget a hideg éghajlat, a városközpontok nagy népsűrűsége, valamint a központosított energetikai infrastruktúrába történő hosszú távú beruházások segítik elő.

Nyugat-Európában a távfűtés elterjedése az elmúlt évtizedekben felgyorsult. Olyan országok, mint Németország, Franciaország és Hollandia jelentősen kibővítették hálózataikat, nagyrészt a dekarbonizációs politikák és a fosszilis tüzelőanyagoktól való függőség csökkentésére irányuló vágy vezérelte őket. A megújuló energiaforrások és a hulladékhő-visszanyerés integrálása a távfűtési rendszerekbe központi stratégiává vált a nemzeti klímacélok elérésében.

Ezzel szemben számos Kelet-európai ország kiterjedt távfűtési rendszereket örökölt a szocialista korszakból. Ezek a nagyméretű hálózatok képesek egész városokat kiszolgálni, de gyakran hatékonysághiánytól, hőveszteségtől és elavult infrastruktúrától szenvednek. A modernizációs programok – a csővezeték-szigetelés korszerűsítésétől a régi kazánok megújuló energiaforrásokon alapuló rendszerekkel való cseréjéig – ma már a régió politikai döntéshozóinak és közműszolgáltatóinak fő fókuszában állnak.

Európa-szerte az olyan politikai keretek, mint az EU Energiahatékonysági Irányelv (EED), a nemzeti szén-dioxid-csökkentési célokkal együtt központi szerepet játszanak a távfűtés bővítésében és korszerűsítésében. Ezek a politikák ösztönzik mind a rendszerhatékonyság javítását, mind az alacsony szén-dioxid-kibocsátású és megújuló hőforrásokra való áttérést, alakítva a távfűtés jövőjét a különböző regionális kontextusokban.



Ábra 2. A távhő elterjedésének térképe Európában (Forrás: Heat Roadmap Europe 2050)

2 Történelmi fejlődés: Távhő generációi

A távhőtechnológia fejlődését gyakran egymástól elkülönülő „generációk” révén írják le; ezek mindegyike a hőelosztási módszerek, a hőmérsékleti tartományok és a rendszerintegráció terén elért előrelépést tükrözi. Bár széles körben négy generációt tartanak számon, az energetikai átállás részeként immár egy ötödik is megjelenőben van.

2.1 Első generáció: Gőzalapú hőelosztás (Steam Distribution)

Az első generációs távhőrendszerek gőzalapú hőelosztáson alapultak – ez a koncepció a 19. század végén jelent meg az Egyesült Államokban. Ezek a rendszerek magas hőmérsékletű – gyakran jóval 100 °C feletti – gőzt használtak hőhordozó közegként. Bár nagy mennyiségű hő továbbítására voltak alkalmasak, jelentősek elosztási veszteségek, a magas nyomásból eredő biztonsági kockázatok, valamint a fémcsövek korróziója jellemezte őket. Bár mára nagyrészt felváltották őket a korszerűbb megoldások, néhány gőzalapú hálózat – például a New York-i Manhattant ellátó rendszer – továbbra is üzemel.

2.2 Második generáció: Forróvíz elosztás

A második generáció – amely az 1930-as és az 1970-es évek között, különösen a Szovjetunióban volt meghatározó – hőhordozó közegként áttért a túlhevített víz alkalmazására olyan nyomáson, amely mellett a víz hőmérséklete a forráspont alatt maradt. Ezek a rendszerek jellemzően 120 °C és 200 °C közötti előremenő hőmérséklettel üzemeltek, ami gyakran meghaladta a légköri nyomáson mért forráspontot. Bár mérsékelték a gőzzel járó egyes biztonsági kockázatokat, továbbra is hátrányuk volt a nehézkes szabályozhatóság, a telepítéshez szükséges jelentős élőmunka-igény, valamint a szállítás során fellépő számottevő hőveszteség.

2.3 Harmadik generáció: Melegvíz elosztás

A harmadik generációs távhőellátás az 1970-es években jelent meg, jelentős előrelépést hozva a hatékonyság és a rugalmasság terén. Ezek a rendszerek 100 °C alatti előremenő hőmérsékletű meleg vízzel üzemeltek, és a hőveszteség csökkentése érdekében előszigetelt csöveket alkalmaztak. A moduláris hőközpontok szabvánnyá váltak, ami egyszerűsítette a telepítést és a karbantartást. Az alacsonyabb

hőmérséklet lehetővé tette a megújuló energiaforrások integrálását és a hulladékhő hasznosítását is, így a rendszerek környezetvédelmi szempontból fenntarthatóbbá váltak.

2.4 Negyedik generáció: Alacsony hőmérsékletű okos távfűtés megújuló energia integrációval

Ezekre a fejlesztésekre építve a negyedik generáció az alacsony hőmérsékletű – jellemzően 50 °C és 70 °C közötti – hőelosztásra összpontosít, és integrálja az okoshálózatok (smart grid) koncepcióját. Kiemelt szerepet kapnak benne a megújuló energiaforrások, a nagyméretű hőszivattyúk és a hulladékhő-hasznosítás. Ezek a rendszerek különösen alkalmasak az alacsony fűtési igényű, modern és jól szigetelt épületek ellátására, digitális vezérlésük pedig lehetővé teszi a terhelés pontos szabályozását és optimalizálását.

2.5 Ötödik generáció: Közel környezeti hőmérsékletű energiaközösségek

A megjelenő ötödik generáció továbbfejleszti ezt a koncepciót azáltal, hogy ultraalacsony vagy akár környezeti hőmérsékletű hálózatokat üzemeltet. Ezekben a rendszerekben minden épületet hőszivattyúval látnak el, amely a szükséges szintre emeli a hőmérsékletet. A kétirányú áramlás lehetősége lehetővé teszi az „energiaközösségek” kialakulását, ahol az épületek fogyasztóként és termelőként – azaz „prosumer”-ként – egyaránt működhetnek: megosztják a hőt a szomszédokkal, így a hálózat valóban decentralizált hőhálózattá válik.

3 Távfűtési alrendszerek és technológiák

3.1 A távfűtés funkcionális alrendszerei

Hőelosztás – A hő szabályozott szétosztása a távhőhálózat különböző ágai vagy zónái között, biztosítva, hogy minden terület megkapja a megfelelő mennyiségű energiát.

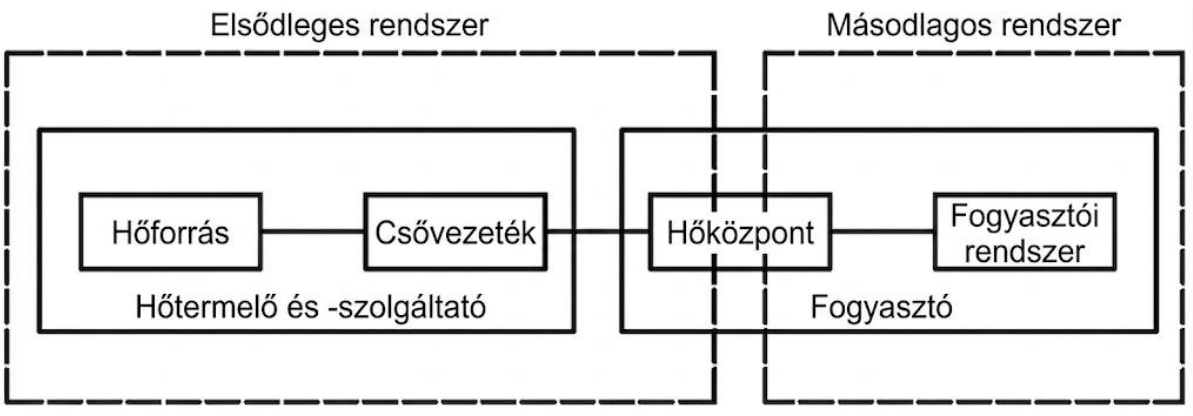
A távhőhálózat négy alapvető alrendszerből áll:

1. Hőtermelés – Központi előállítás kazánok, kapcsolt hő- és villamosenergia-termelő (CHP) erőművek, megújuló energiaforrást hasznosító rendszerek vagy hulladékhő-hasznosító egységek segítségével.

2. Hőelosztás – A hő szétosztása és szabályozása a hálózat különböző ágai felé.

3. Hőközpontok – A primer rendszer és fogyasztóknál kapcsolata, a felhasznált hő átadása, szabályozása, mérése, elszámolása.

4. Hőfelhasználás – A hő hasznosítása épületekben szekunder rendszerek fűtésére, használati melegvíz (HMV) előállítására vagy ipari folyamatokhoz.



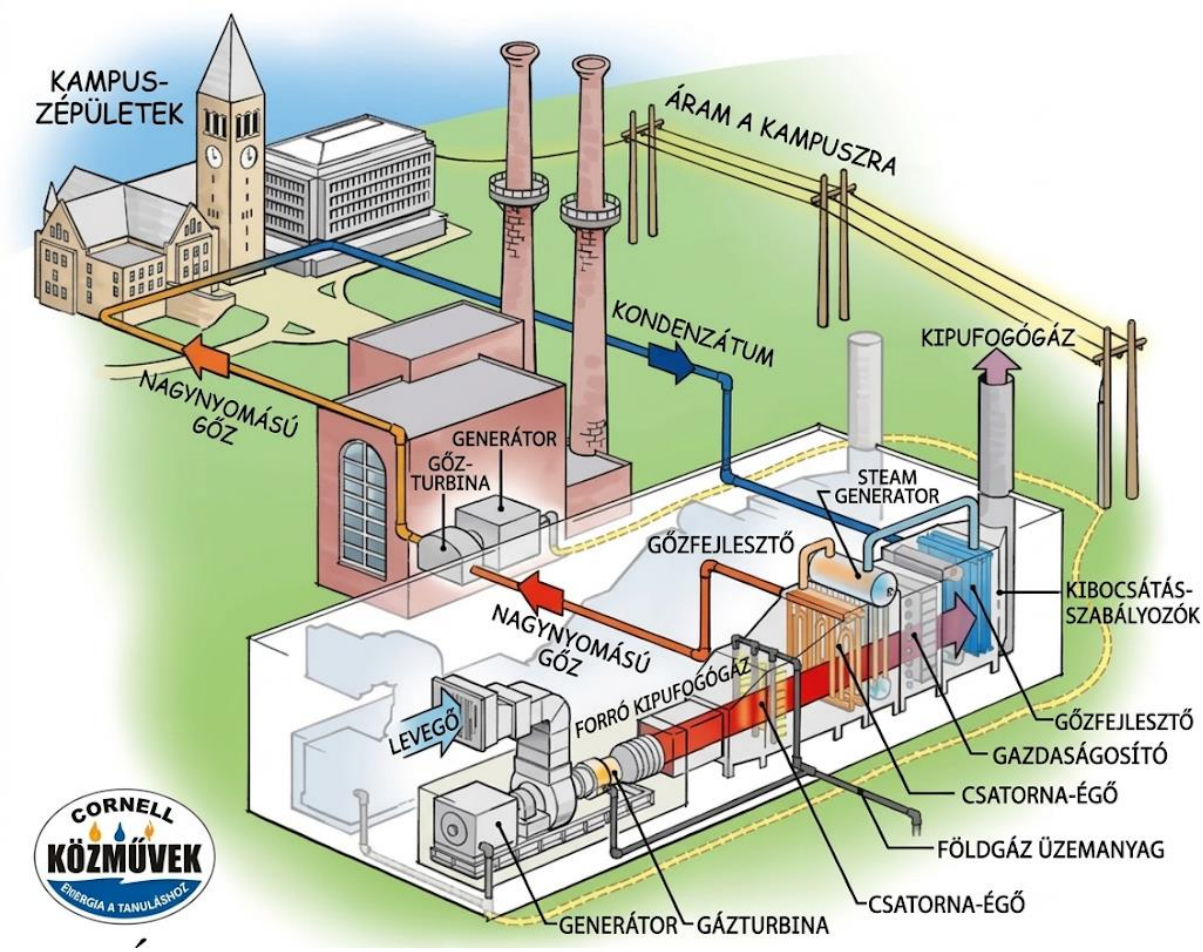
Ábra 3. A távhő funkcionális alrendszerei [14]

3.2 A távfűtés generációi

3.2.1 Első generáció: gőz alapú távhőszolgáltatás (19. század vége – 20. század eleje)

Birdsill Holly úttörő jelentőségű prototípusa az 1878–1879-es tél folyamán készült el a New York állambeli Lockportban, gőzzel látva el a szomszédos ingatlanokat. Bár az egyedi kazánok szükségességének kiküszöbölése csökkentette a robbanásveszélyt, a korai rendszerek problémákkal küzdöttek: korrózió okozta

szivárgások és jelentős elosztási veszteségek jelentkeztek, emellett hajlamosak voltak veszélyes csővezeték-robbanásokra is, amelyek sérüléseket és haláleseteket okoztak.



Ábra 4. A gőzeloszlás illusztráló ábra (Forrás: fzbellows.com)

A távfűtés legkorábbi, úgynevezett első generációs rendszerei a gőzt egy központi erőműből közvetlenül, nagynyomású csővezetékeken keresztül juttatták el a végfelhasználókhoz. Ezt a megoldást Birdsill Holly vezette be, aki 1878–1879-ben fejlesztette ki az egyik első működőképes prototípust a New York állambeli Lockportban. Akkoriban a gőzalapú hőelosztás egyértelmű előnyökkel járt: feleslegessé tette számos kis méretű kazán üzemeltetését az egyes épületekben, ezáltal csökkentve a kazánrobbanások kockázatát a sűrűn lakott városi területeken. A technológiának ugyanakkor jelentős hátrányai is voltak. A rendkívül magas elosztási hőmérséklet és az akkori szigetelőanyagok korlátozott hatékonysága miatt nagy volt a hőveszteség. A korrózió és a szivárgás állandó karbantartási kihívást jelentett, emellett biztonsági kockázatok – köztük a csővezeték-robbanás veszélye – is fennálltak. A technológia fejlődésével a gőzalapú rendszerek elavulttá váltak, és többségüket már üzemen kívül helyezték. Ennek ellenére néhány ilyen rendszer továbbra is

működik speciális esetekben – például Manhattan egyes részein –, valamint bizonyos európai városokban, így Hamburgban és Koppenhágában, ahol a történelmi rendszereket felújították vagy megőrizték.



Ábra 5. Történelmi gőz távhőhálózat Manhattanben (Forrás: Lizio-Katzen)

3.2.2 Második generáció: forróvíz elosztás (1930–1970)

A távhőszolgáltatás második generációja a gőzalapú rendszerekről a túlnyomásos melegvizes elosztásra való átállást jelentette, ahol az előremenő hőmérséklet jellemzően meghaladta a 100 °C-ot. Ezek a rendszerek az 1930-as években jelentek meg, és egészen 1970 környékéig meghatározóak maradtak. A meleg vizet helyszínen szigetelt acélcsöveken keresztül továbbították; ezeket beton védőcsatornákba fektették, ami védelmet nyújtott a környezeti hatásokkal szemben. Ez a megoldás különösen elterjedt volt a Szovjetunióban és Kelet-Európában, ahol nagyszabású, egész városokat ellátó távhőrendszereket építettek ki. Bár a nagy hőteljesítmény továbbítására hatékonyak voltak, ezeknek a rendszereknek jelentős hátrányai is voltak. A kiépítésük rendkívül munkaigényes volt, mivel a csatornák építése és a csövek hegesztése jelentős helyszíni munkát igényelt. Az üzemeltetési rugalmasság korlátozott volt, ami lehetetlenné tette a megújuló vagy alacsony hőmérsékletű hőforrások integrálását. A hőveszteség is nagyobb volt a későbbi generációkhoz képest, különösen a rosszul szigetelt csövek esetében. Egyes régiókban – így Magyarországon is – a hőtágulás kiegyenlítésére jellegzetes U-alakú ívekkel ellátott, felszíni csővezeték-rendszereket alkalmaztak.



Ábra 6. Föld feletti távhő vezetékek (Forrás: moksha.hu)

3.2.3 Harmadik generáció: melegvíz eloszlás (<100 °C)

Az 1970-es évektől kezdve a harmadik generáció jelentős technológiai fejlesztéseket vezetett be, amelyek célja a hatékonyság növelése és a veszteségek csökkentése volt. Az előremenő víz hőmérséklete 100 °C alá csökkent, lehetővé téve az előre szigetelt acélcsövek használatát, amelyeket közvetlenül a földbe lehetett fektetni költséges betoncsatornák nélkül. Ez az innováció csökkentette a telepítési költségeket, minimalizálta a hőveszteségeket, és lehetővé tette a hálózat gyorsabb kiépítését.



Ábra 7. A földalatti távhő vezetékek U-íves csővezetékek kompenzálják a hőtágulást [15]

Egy másik mérföldkő az előre gyártott, moduláris hőközpontok bevezetése volt, amelyek a korábbi kialakítású nagy csőköteges hőcserélőket kompakt lemezes hőcserélőkkel váltották fel. Ezek a hőközpontok kevesebb helyet igényeltek, jobb hőteljesítményt nyújtottak, és a gyári összeszerelés miatt csökkentették a

helyszíni munkaerőt. Kelet-Európában számos régi szovjet korabeli rendszert utólagosan harmadik generációs technológiával szereltek fel a hatékonyság és a megbízhatóság javítása érdekében.



Ábra 8. Előre gyártott moduláris távhő hőközpont (balra), előre szigetelt csővezeték (jobbra) Forrás: (fotav.hu)(magyarepitok.hu)

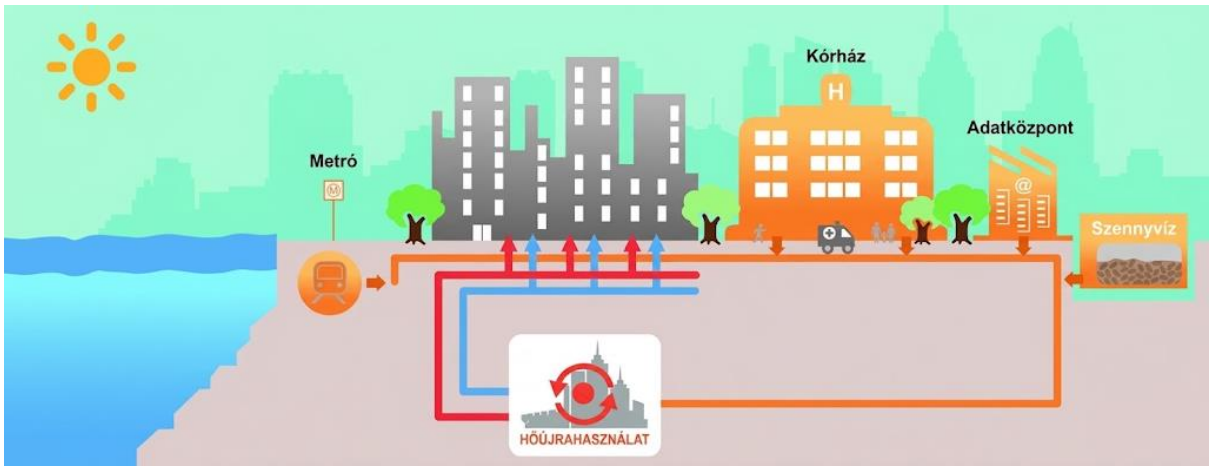
3.2.4 Negyedik generáció: Alacsony hőmérsékletű távhő (50–70 °C) megújuló integrációval

A negyedik generáció az elődje hatékonyságnövelő hatására épít, miközben a távfűtést összehangolja az energiahatékony épületek és a dekarbonizált energiarendszer követelményeivel. Az 50 °C és 70 °C közötti primer hőmérsékleten működő rendszerek jelentősen csökkentik az elosztási veszteségeket, és optimalizáltak az intelligens vezérlőrendszerekkel való integrációra. Az időjárás-előrejelzések és a valós idejű fogyasztási adatok felhasználásával az üzemeltetők dinamikusan igazíthatják a hőteljesítményt az igényekhez, növelve mind a kényelmet, mind a hatékonyságot. A negyedik generációs hálózatokba olykor intelligens villamosenergia-hálózatokkal vannak integrálva, lehetővé téve a terheléselosztást a villamosenergia- és hőtermelés között. A csökkentett hőmérsékleti rendszer lehetőséget nyit a hulladékhő széles körű visszanyerésére a nem hagyományos forrásokból, beleértve az adatközpontok hűtőrendszereit, a metrórendszerek szellőzőhőjét és a hőszivattyúk által kinyert szennyvízhőt. Kiemelkedő példa erre a bécsi Aspern Smart City, ahol a megújuló hőt, a kapcsolt hő- és villamosenergia-termelést (CHP) és a hőtárolást egy teljesen automatizált vezérlőrendszeren belül kombinálják.

3.2.5 Ötödik generáció: Környezeti hőmérsékletű energia közösségek

Az ötödik generáció, amely jelenleg korai elterjedési szakaszban van, paradigmaváltást jelent a távfűtés tervezésében. Ezek a hálózatok a környezeti talajhőmérsékleten vagy ahhoz közel (kb. 10–25 °C) működnek, decentralizált hőszivattyúkat használva az egyes épületekben a hőmérséklet emelésére a helyiségek fűtéséhez vagy a nyári hűtés biztosításához. Ez a konfiguráció lehetővé teszi a kétirányú hőáramlást, lehetővé téve az épületek számára, hogy fogyasztóként és termelőként is működjenek – úgynevezett prosumerként – akik a felesleges hőt a hálózatba juttathatják, hogy mások felhasználhassák. Az ultraalacsony üzemi hőmérséklet gyakorlatilag minimálisra csökkenti az elosztási veszteségeket, és a rendszert nagymértékben kompatibilissé teszi a szezonális hőtárolással és az ágazati összekapcsolási stratégiákkal, összekapcsolva a fűtési, hűtési és energiarendszereket egy egységes energiaközösséggé. Erre példa a franciaországi Párizs-

Saclay hálózat, ahol a decentralizált energiamegosztás és a megújuló energia integrációja alkotja a helyi fűtési és hűtési infrastruktúra gerincét.

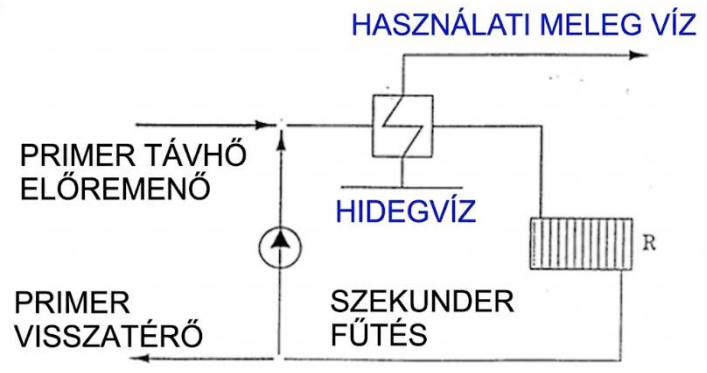


Ábra 9. Az 5. generációs energiaközösség koncepciódiagramja (Forrás: reuseheat.eu)

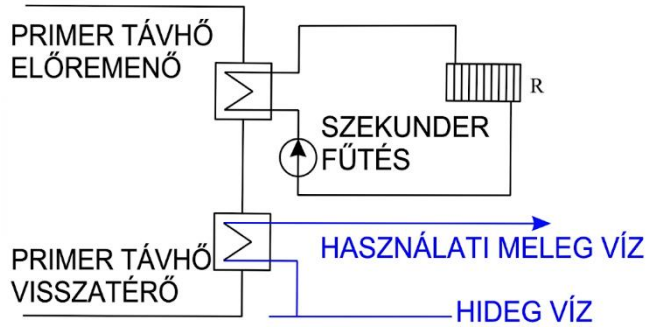
3.3 Hőközpontok

3.3.1 A hőközpontok feladata a távhőellátási rendszerben

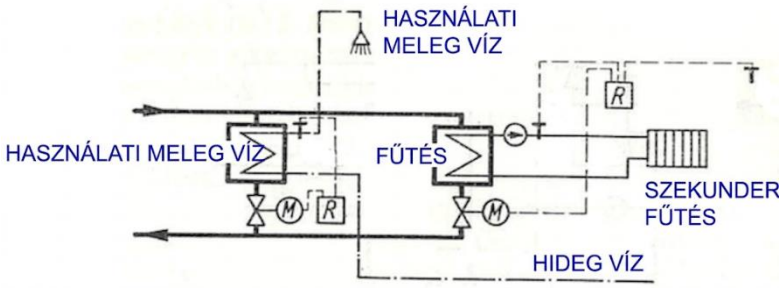
A hőközpont képezi a kapcsolatot a primer távhőhálózat és az épület szekunder fűtési rendszere között. Elsődleges feladata a hőenergia átadása az elosztóhálózatból az épületbe, miközben szabályozza az előremenő hőmérsékletet, a tömegáramot és a rendszernyomást. A gyakorlatban két fő állomáskialakítás használatos. Közvetlen (direkt) hőközpont esetén az épület fűtési köre hidraulikailag összeköttetésben áll az primer távhőhálózattal, így a hálózatból érkező forró víz közvetlenül kering az épület radiátoraiban vagy fűtőkörében. Ez a megoldás egyszerű, ugyanakkor az épület rendszerét ugyanannak az üzemi nyomásnak és vízminőségi feltételeknek teszi ki, mint amilyenek a távhőhálózatra jellemzők. Ezzel szemben a közvetett (indirekt) hőközpont hőcserélőket alkalmaz az épület körének és az elsődleges hálózatnak a hidraulikus elválasztására. Ez a kialakítás növeli az üzembiztonságot, csökkenti a hálózati oldali vízszennyeződés kockázatát, és nagyobb rugalmasságot biztosít a rendszer tervezése során. További változatot jelent a változó tömegáram-szabályozással ellátott közvetett állomás, amely az épület hőigényéhez igazítja az elsődleges oldali tömegáramot, ezáltal javítva az energiahatékonyságot.



(a)



(b)



(c)

Ábra 10. Hidraulikus csatlakozási típusok a primer távfűtési hálózathoz. Közvetlen (a), közvetett (b) közvetett változó tömegárammal (c) (Kiss, 1997)

3.3.2 Hőcserélő technológiák

Második generációs rendszerekben a csőköteges hőcserélők számítottak a távhő hőközpontokban alkalmazott szabványos technológiának. Bár ezek az egységek robusztus felépítésűek, méretük és tömegük jelentős, így nagy beépítési helyet igényelnek; emellett hatásosságuk jellemzően alacsonyabb a korszerűbb megoldásoknál. Idővel a legtöbb új létesítmény esetében a lemezes hőcserélők váltak a preferált választássá. Ezek a kompakt egységek számos vékony, hullámosított lemezből állnak, amelyek váltakozó csatornákat képeznek az primer és a szekunder közeg számára. Nagy felületük és a turbulenciát fokozó kialakításuk révén kis helyigény mellett is magas hőátadási hatásfokot biztosítanak. A lemezes hőcserélők tisztítása, karbantartása és bővítése is egyszerűbb, így kiválóan alkalmazhatók olyan moduláris állomáskialakításoknál, amelyek rugalmasan igazíthatók a változó terhelési igényekhez.

4 Megújuló energia a távfűtésben

4.1 Geotermikus energia

A geotermikus energia a távfűtési rendszerek egyik legmegbízhatóbb és legfenntarthatóbb hőforrása. Működési elve a földalatti tárolókból származó hőenergia kinyerésén alapul; a kinyert hő közvetlenül betáplálható a távhőhálózatba, vagy hőszivattyúk segítségével magasabb hőmérsékletre emelhető. Izlandon széles körben hasznosítják a geotermikus hőt: a főváros, Reykjavík hőigényének mintegy 90%-át geotermikus alapú távfűtéssel fedezik. A helyiségek fűtésén túl a rendszer visszatérő vezetékeiben áramló vizet másodlagos célokra – például utak és járdák hó- és jégmentesítésére – is felhasználják. A geotermikus távfűtés fő előnyei közé tartozik az alacsony üzemeltetési költség és a minimális CO_2-kibocsátás, miután az infrastruktúra már kiépült. A megvalósíthatóság azonban nagymértékben függ a helyi geológiai adottságoktól, így az eljárás széles körű alkalmazása azokra a régiókra korlátozódik, ahol könnyen hozzáférhetők a geotermikus erőforrások.

Izlandon a távfűtési rendszerek visszatérő vezetékeiből származó, alacsony hőmérsékletű geotermikus víz feleslegét még járdák és utak fűtésére is hasznosítják, hó- és jégmentesítést végezve ezzel a téli közlekedésbiztonság javítása érdekében.



Ábra 11. Izland geotermikus erőmű és távfűtési rendszerek
(https://en.wikipedia.org/wiki/File:NesjavellirPowerPlant_edit2.jpg)



Ábra 12. Az épületen keresztüli keringés után, alacsony hőmérsékletű geotermikus hőt út jégtelenítéshez használják fel (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:%22Under-floor_heating%22_in_the_street.jpg)

4.2 Napenergia

A nagyméretű napkollektorparkok távhőhálózatokba is integrálhatók, megújuló és zéró kibocsátású hőforrást biztosítva – különösen a magas napsugárzási intenzitású régiókban. A napkollektorok – legyenek azok síkkollektorok vagy vákuumcsöves kialakításúak – hasznosítják a napsugárzás energiáját, amelyet aztán a távhőhálózatba továbbítanak, vagy későbbi felhasználás céljából nagy méretű melegvíz-tárolókban raktároznak el. Gyakran alkalmaznak szezonális hőtárolást a nyári csúcsidőszakban rendelkezésre álló bőséges napenergia és a téli csúcsfűtési igény közötti eltérés kiegyenlítésére. Erre figyelemre méltó példa a dániai Marstal napenergiás távhőerőmű, amely kiterjedt napkollektor-mezőket kombinál szezonális, medence típusú hőtárolóval a város fűtési igényeinek jelentős részét fedezve. A szolártermikus rendszerek esetében azonban kihívást jelent a kínálat és a téli hőigény összehangolása, ami gyakran szükségessé teszi a más hőforrásokkal – például biomassza-kazánokkal vagy kapcsolt hő- és villamosenergia-termelő (CHP) egységekkel – történő hibridizációt.

4.3 Hulladékból energia a távfűtésben (Waste-to-Energy WTE)

A hulladékból energiát előállító (WtE) rendszerek olyan energiaátalakítási technológiák, amelyek hasznos hőt és villamos energiát nyernek ki a települési szilárd hulladékból, amelyet egyébként hulladéklerakókban ártalmatlanítanának. Egy tipikus WtE-létesítményben a hulladékot ellenőrzött körülmények között elégetik, hőenergiát szabadítva fel, amelyet gőz előállítására használnak fel. Ez a gőz turbinákat hajthat villamosenergia-termelésre, miközben egyidejűleg hőenergiát szolgáltat a távfűtési hálózatoknak kapcsolt hő- és villamosenergia-termelési (CHP) folyamatokon keresztül. Az energiatermelés mellett a modern WtE-erőművek hozzájárulnak a fenntartható hulladékgazdálkodáshoz azáltal, hogy csökkentik a maradék hulladék mennyiségét, újrahasznosítható anyagokat nyernek ki az égésmaradványokból, és csökkentik a

hulladéklerakással járó környezeti hatásokat. Egy integrált energiarendszer részeként a hulladékból energiát előállító technológiák támogatják az erőforrás-hatékonyságot, növelik az energiabiztonságot, és megbízható helyi hőforrást biztosítanak, amely kiegészítheti a megújuló energia technológiáit a távfűtési hálózatokon belül.

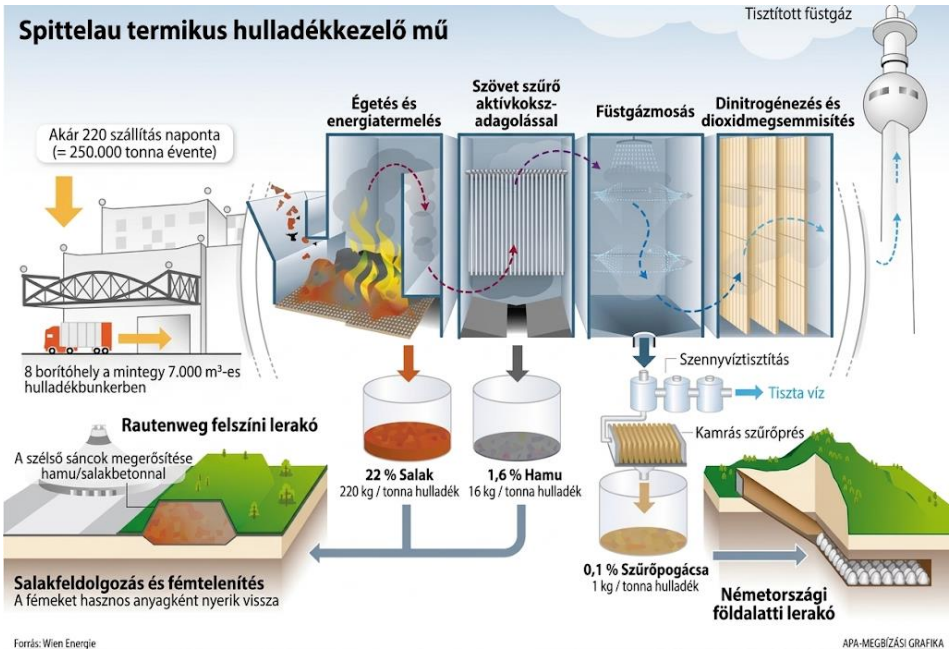
4.3.1 Bécs Spittelau üzeme

Az üzem jellegzetes építészeti áttervezését Friedensreich Hundertwasser osztrák művész és építész végezte, így Bécs ikonikus nevezetességévé vált.

- Teljesítmény:
  - 60 000 háztartás fűtésére.
  - 50 000 háztartás villamos ellátására.
  - Évente 250 000 tonna hulladékot dolgoz fel.
  - 120 000 MWh villamos energiát és 500 000 MWh hőt termel.
- Jelentőség: Ötvözi a városi hulladékgazdálkodást a nagy hatékonyságú kogenerációval.

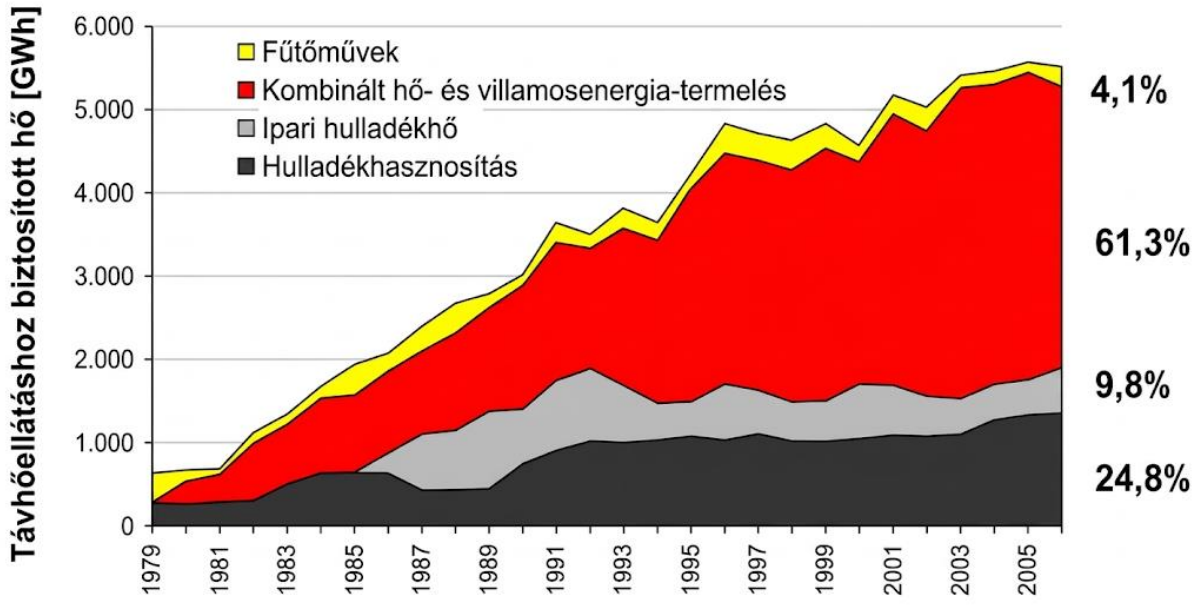


Ábra 13. Spittelau WtE üzem, Bécs (https://www.wienenergie.at)



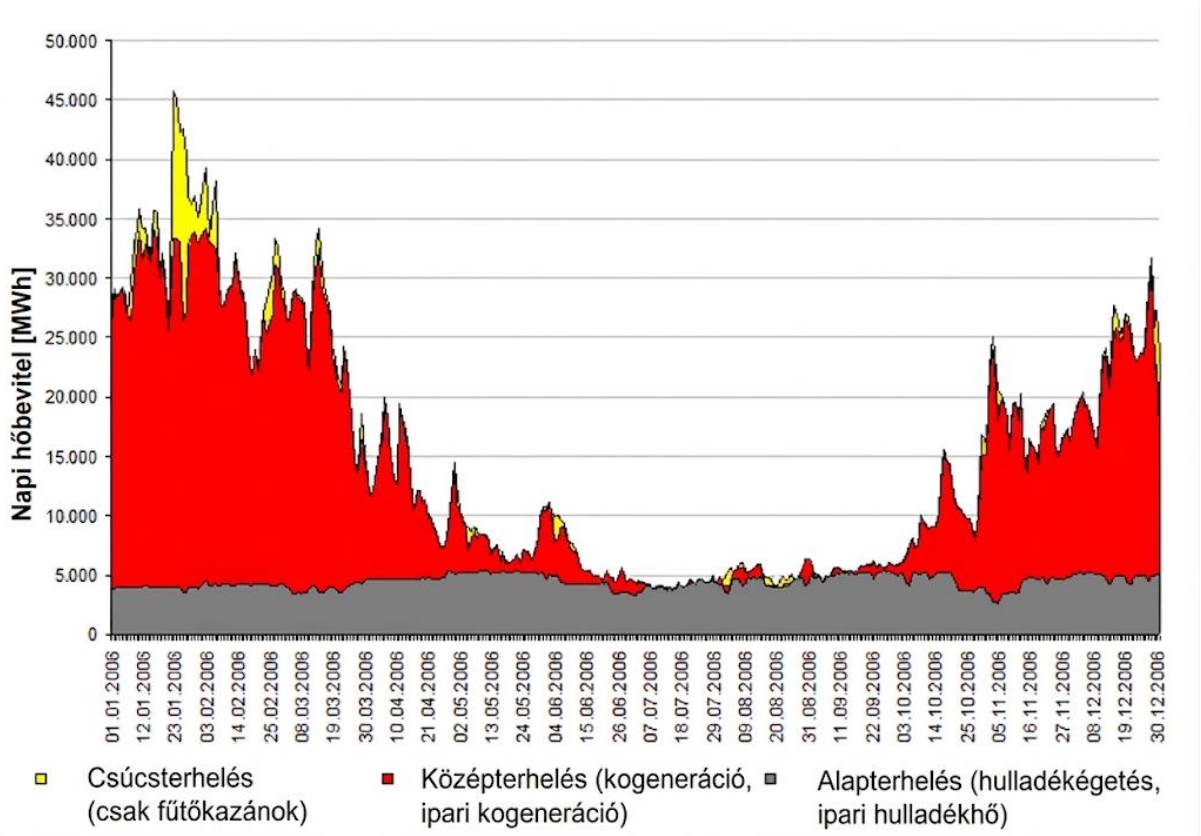
Ábra 14. A bécsi hulladékhőkezelő üzem működési terve (https://www.wienenergie.at)

A 15. ábra Bécs távhőellátásának jelentős bővülését és szerkezeti átalakulását mutatja be az 1979 és 2006 közötti időszakban. Miközben a teljes hőtermelés drasztikusan nőtt e három évtized alatt, az energiaforrások összetétele a nagyobb hatékonyság és fenntarthatóság irányába tolódott el. Az egykor jelentősebb szerepet játszó egyszerű fűtőművek (sárga) aránya mindössze 4,1%-ra csökkent, ezzel szemben a kapcsolt hő- és villamosenergia-termelés (CHP – piros) vált meghatározó technológiává, a teljes hőmennyiség 61,3%-át biztosítva. Emellett folyamatosan nőtt a hulladékhasznosítás (fekete) aránya is, amely immár a teljes ellátás közel negyedét (24,8%) teszi ki, jól tükrözve a város stratégiai elmozdulását a körforgásos gazdaság elvei és az energetikai hasznosítás irányába.



Ábra 15. A távfűtéshez biztosított hőforrások fejlődése Bécsben [14]

A 16. ábra a bécsi távhőrendszer 2006-os napi hőterhelési profilját mutatja be, szemléltetve, hogyan történik a különböző energiaforrások alkalmazása az évszakos igények függvényében. A szürke színnel jelölt alapterhelés egész évben viszonylag állandó; ezt elsősorban költséghatékony hulladékégetés és ipari hulladékhő fedezi, biztosítva, hogy a nyári melegvíz-igényt a legolcsóbb források elégítsék ki. A vörös sáv a közepes terhelést jelöli, amelyet kapcsolt hő- és villamosenergia-termelő (CHP) erőművek látnak el; ez a szint jelentősen változik a hidegebb hónapok megnövekedett fűtési igényeinek kielégítése érdekében. Végezetül, a sárga színű csúcsterhelési szakaszok csak a tél leghidegebb napjain jelentkeznek, amikor kizárólag hőtermelő kazánokat használnak rugalmas tartalékként az ellátási hiány áthidalására azokban az időszakokban, amikor az igény meghaladja az alap- és közepes terhelést biztosító egységek kapacitását.



Ábra 16. A gyártási menetrend az év során történő változása [14]

4.4 Hulladékhő visszanyerése a távfűtésben

A meglévő folyamatokból származó többlet-hőenergia hasznosítása rendkívül hatékony stratégia a távhőellátás fenntarthatóságának javítására. Azáltal, hogy hasznosítják azt a hőt, amely egyébként a környezetbe távozna, a hulladékhő-visszanyerés hozzájárul a kibocsátás csökkentéséhez, javítja a rendszer hatékonyságát, és mérsékli az elsődleges tüzelőanyag-forrásoktól való függőséget. A negyedik generációs távhőhálózatoknál az viszonylag alacsony előremenő hőmérséklet lehetővé teszi – mind műszaki, mind gazdasági szempontból –, hogy a rendszerbe különféle típusú, alacsony hőmérsékletű hulladékhőt integráljanak.

4.4.1 Ipari hulladékhő

A nagyipari létesítmények – például acélművek, olajfinomítók és vegyipari üzemek – jelentős forrásai a hasznosítható hulladékhőnek. Ez a hő – amely gyakran alacsony vagy közepes hőmérsékletű víz vagy füstgáz formájában áll rendelkezésre – további tüzelőanyag-felhasználás nélkül betáplálható a távhőhálózatba,

ezáltal csökkentve a rendszer teljes kibocsátását. Erre jó példa a németországi Hamburgban működő Aurubis rézüzem, ahol a rézgyártás során keletkező többlethőt hasznosítják, és a helyi távhőrendszerbe vezetik. Ez az integráció évente mintegy 20 000 tonnával csökkenti a szén-dioxid-kibocsátást, miközben kiváltja a fosszilis tüzelőanyagon alapuló hőtermelést.

4.4.2 Adatközpontok

2010-ben a globális adatközponti villamosenergia-fogyasztás elérte a mintegy 350 TWh-t, ami meghaladta a teljes világfogyasztás 1%-át. Az EU-ban a fogyasztás a 2007-es évi 56 TWh-ról 2020-ra becslések szerint évi 104 TWh-ra nőtt, miközben a hűtőrendszerek a teljes energiafelhasználás körülbelül 40%-át tették ki. A közepes méretű (1 MW informatikai kapacitású) adatközpontok évente mintegy 3700 MWh hasznosítható hőmennyiséget bocsáthatnak ki; ez 1 MWh felhasznált villamos energia (MWh_el) arányában körülbelül 0,46 MWh hőenergiának (MWh_th) felel meg.

Az adatközpontok – magas és folyamatos villamosenergia-fogyasztásuk révén – a hasznosítható hulladékhő további, gyorsan növekvő forrását jelentik. 2020-ban az Európai Unió adatközpontjai becslések szerint 104 TWh villamos energiát használtak fel, amelynek jelentős része végül hő formájában távozott a hűtőrendszereken keresztül. A jellemzően 30 °C és 50 °C közötti hőmérsékletű hulladékhő hőcserélőkkel kinyerhető, majd hőszivattyúk segítségével a távhőellátásban hasznosítható szintre emelhető. Ezt a megközelítést példázza a Stockholm Data Parks kezdeményezés is, amely ingyenes hűtési szolgáltatást kínál az adatközpontoknak cserébe azért, hogy azok a hulladékhőt a városi távhőhálózatba táplálják be.



Ábra 17. A szerverterem, amely alkalmas hulladékhő felhasználásra (reuseheat.eu)

4.4.3 Önkormányzati infrastruktúra

Az Európai Unióban a metróhálózatok elméletileg évi 6,7–11,2 TWh hulladékhőt képesek szolgáltatni. Világszerte a földalatti vasúthálózatok hossza eléri a 11 000 kilométert, és naponta 151 millió utast szállítanak, ami jelentős lehetőségeket kínál az alacsony hőmérsékletű hő hasznosítására.

A városi közlekedési rendszerek szintén értékes, bár nem szokványos forrásai lehetnek az alacsony hőmérsékletű hőnek. A metróhálózatok például jelentős mennyiségű hőt bocsátanak ki a szerelvények fékrendszerein, az elektromos berendezéseken és az utasok jelenlétén keresztül. Az EU-ban a metrórendszerekből származó hő hasznosításának elméleti potenciálját évi 6,7–11,2 TWh-ra becsülik. Párizsban kísérleti projektek keretében hasznosítják a metróállomásokról származó hulladékhőt, amelyet közeli lakó- és kereskedelmi épületek fűtésére vezetnek át. Hasonlóképpen, a csatornahálózatok is állandó hőenergia-forrást jelentenek, mivel a szennyvíz hőmérséklete jellemzően 10 °C és 20 °C között mozog. A

németországi Kölnben a szennyvízhő-hasznosító rendszerek fedezik a helyi távhőigény mintegy 5%-át, ami bizonyítja, hogy a települési infrastruktúrából származó hulladékhő integrálása a modern távhőrendszerekbe életképes megoldás.

Önmagában Németországban a szennyvízből nyerhető hő elméletileg fedezhetné az épületállomány fűtési igényének 20%-át, hiszen a szennyvíz hőmérséklete egész évben átlagosan 10–15 °C, nyáron pedig akár a 20 °C-ot is eléri.

5 Jövőbeli trendek: 4. és 5. generációs hálózatok

5.1 4. generációs célok

A negyedik generációs távfűtési hálózatokat úgy tervezték, hogy mind az energiahatékonysági, mind az éghajlati célokat kielégítsék. Az elsődleges műszaki cél az alacsony elosztási hőmérsékletek fenntartása – jellemzően 50 °C és 70 °C között –, ezáltal csökkentve a hőveszteségeket, javítva a rendszer hatékonyságát, és lehetővé téve az alacsony minőségű megújuló és visszanyert hőforrások integrációját. A hőellátás megújuló részarányának növelése központi törekvés, amelyet a napenergia, a geotermikus források és a megújuló villamos energiával működő nagyméretű hőszivattyúk beépítésével érnek el. Az intelligens vezérlőrendszerek kulcsszerepet játszanak, fejlett algoritmusokkal és mesterséges intelligencia alapú előrejelzéssel, amelyek valós időben optimalizálják az ellátást az időjárás-előrejelzések és a fogyasztási szokások alapján. Ezenkívül az ágazati összekapcsolás – a távfűtés integrálása a villamosenergia- és hűtési hálózatokkal – további lehetőségeket kínál az energiaáramlások kiegyensúlyozására, a felesleges megújuló villamos energia hőként történő tárolására és a rendszer általános ellenálló képességének növelésére.

5.2 5. generációs vízió

Az ötödik generációs távfűtés átalakító jövőképet képvisel a városi energiarendszerek számára. Ezek a hálózatok környezeti hőmérsékleten – gyakran 10 °C és 25 °C között – működnek, és kétirányú áramlást használnak az épületek közötti hőcsere lehetővé tételére. Minden csatlakoztatott épület fel van szerelve egy lokalizált hőszivattyúval, amely képes növelni a hőmérsékletet a helyiség fűtéséhez, vagy hűtést biztosítani a melegebb hónapokban, kivételes rugalmasságot kínálva. Az ötödik generációs hálózatok meghatározó jellemzője a decentralizált energiaközösségek létrehozása, amelyekben minden résztvevő egyszerre működhet hőfogyasztóként és -termelőként (prosumer). Ez a modell ösztönzi a helyi energiamegosztást és támogatja a megújuló energia nagyobb mértékű integrációját. Továbbá az ötödik generációs tervek jellemzően integrált szezonális tárolási megoldásokat – például fúrtlyuk-hőtárolást, víztározó réteg-hőtárolást vagy nagyméretű aknahőtárolást – tartalmaznak, hogy az alacsony keresletű időszakokban a felesleges energiát a csúcsfűtési szezonokban felhasználják. Ezek a jellemzők együttesen egy rendkívül alkalmazkodóképes, alacsony szén-dioxid-kibocsátású fűtési modellt hoznak létre, amely képes támogatni a jövő fenntartható városait.



Ábra 18. A Paris Saclay egyetemi kampus energiaközösség sematikus működési ábrája

(Forrás: https://epa-paris-saclay.fr/nos-missions/amenager-durablement/le-reseau-dechange-de-chaleur-et-de-froid-de-paris-saclay-un-modele-innovant-au-service-de-la-transition-energetique/)

6 Összegzés

A távhőszolgáltatás a fenntartható városi energiarendszerek bevált, rugalmasan alakítható és egyre meghatározóbb eleme. A 19. századi úttörő gőzhálózatoktól kezdve az intelligens, megújuló energiával működő, ötödik generációs rendszerekig a technológia folyamatosan fejlődött, hogy megfeleljen a változó környezeti, gazdasági és társadalmi igényeknek.

A jövőben a távhőellátás már nem csupán fűtési szolgáltatásként, hanem integrált városi hőinfrastruktúraként funkcionál majd, elősegítve a rezilienciát, a rugalmasságot és a klímasemlegességet.

7 Bibliográfia

[1] Alfa Laval: Távfűtés/Közösségi fűtés, https://www.alfalaval.com.co/globalassets/documents/microsites/heating-and-cooling-hub/application-sheets-heating/district-heating_community-heating-for-gaskted-plate-heat-exchangers.pdf

[2] Urban Persson: Hő úti térkép Európa 2050.https://www.4dh.eu/resources/Urban%20Persson_Heat%20Roadmap%20EUR%202050_Nov%2020133d06.pdf?docid=205

[3] Környezetvédelmi és Energia Tanulmányi Intézet (EESI): A körzeti energia/kombinált hő és energia szerepe az energia- és klímapolitikai megoldásokban, https://www.eesi.org/briefings/view/the-role-of-district-energy-combined-heat-and-power-in-energy-and-climate-p

[4] https://www.fanpage.it/esteri/paura-a-new-york-esplosione-in-strada-colonna-di-fumo-altissima-edifici-evacuati/

[5] https://www.moksha.hu/utazas/pimp-my-pipe-szinezz-tavho-vezeteket

[6] http://www.fotav.hu.

[7] [Online]. Elérhető: http://www.magyarepitok.hu.

[8] [Online]. Elérhető: reuseheat.eu.

[9] R. Kiss, Távhőellátási zsebkönyv, Budapest: Műszaki Könyvkiadó, 1997.

[10] [Online]. Elérhető: https://en.wikipedia.org/wiki/File:NesjavellirPowerPlant_edit2.jpg .

[11] [Online]. Elérhető: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:%22Under-floor_heating%22_in_the_street.jpg.

[12] [Online]. Elérhető: https://www.wienenergie.at.

[13] https://www.chooseparisregion.org/news/combine-environmental-excellence-rd-design-sustainable-city.

[14] Dr. Szánthó Zoltán: Hőszállítás (Hőszállítás) – előadásdiák. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem.

[15] https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Fernw%C3%A4rme_u_bogen.jpg