



**SZÍVÜGYÜNK
GYŐR**

Győr városára vonatkozó energiaellátás fejlesztése tanulmány

Készítette:

KondiCAD Mérnökiroda Kft.



KondiCAD MÉRNÖKIRODA KFT.

9023 GYŐR, ATTILA U. 28.

TELEFON +36 96/516-880 TELEFAX +36 96/516-893

E-mail: kondicad@kondicad.hu

Győr, 2023.

Tartalomjegyzék

1.	BEVEZETÉS	4
2.	GYŐR VÁROS ÁTTEKINTÉSE	5
3.	NEMZETKÖZI ÉS HAZAI ENERGIA HELYZET ISMERTETÉSE, KILÁTÁSOK, TÖREKVÉSEK	18
4.	KITEKINTÉS MÁS HAZAI ÉS KÜLFÖLDI NAGYVÁROSOK ENERGIA ELLÁTÁSÁNAK FEJLESZTÉSÉRŐL	19
5.	LEHETŐSÉGEK GYŐR ENERGIA ELLÁTÁSÁNAK FEJLESZTÉSÉRE	25
5.1.	TÁVHŐELLÁTÁS HATÉKONYSÁGÁNAK FEJLESZTÉSE	25
5.1.1.	<i>Alapvető megfontolások.....</i>	25
5.1.2.	<i>Energiafelhasználás csökkentése, épületek rekonstrukciója, felújítás hőszigetelés.....</i>	30
5.1.3.	<i>Biomassza.....</i>	35
5.1.4.	<i>Geotermikus energia felhasználásának fejlesztése</i>	56
5.1.5.	<i>Kapcsolt hő és villamosenergiatermelés gázmotorral.....</i>	65
5.1.6.	<i>Gázmotor-elektromos kazán üzemeltetése hálózat kiegyenlítésre.....</i>	67
5.1.7.	<i>Villamosenergia tárolása vízbontással (elektrolízis), H₂ formájában</i>	71
5.1.8.	<i>Közvetlen H₂ felhasználás vizsgálata a meglévő földgáztüzelésű kazánokban, gázmotorokban. A jelenlegi kazánok teljesítménynövelésének vizsgálata</i>	76
5.1.9.	<i>Ellátó hálózat felújítása, hőközpontok vezérlésének fejlesztése</i>	81
5.1.10.	<i>Öntanuló rendszer, mesterséges intelligencia</i>	84
5.1.11.	<i>Hőtárolás.....</i>	86
5.1.12.	<i>Napkollektor</i>	90
5.2.	SZENNYVÍZTISZTÍTÓBÓL KINYERHETŐ ENERGIA HASZNOSÍTÁSA GÁZMOTORRAL ÉS HŐSZIVATTYÚ BERENDEZÉSSEL....	91
5.3.	MOSONI DUNA VIZÉNEK HŐJÉT FELHASZNÁLÓ HŐSZIVATTYÚ BERENDEZÉS.....	98
5.4.	MEGÚJULÓ ALAPÚ VILLAMOSENERGIA TERMELÉS.....	101
5.4.1.	<i>Napelem telepítés.....</i>	101
5.4.2.	<i>Komplex energiátároló rendszerek, gyors teljesítményakkumulátorokból (Li-ion), nagykapacitású energia-akkumulátorokból (Nátrium-kén) és vízbontó H₂-üzemanyagcellákból.....</i>	105
5.4.3.	<i>ORC telepítés</i>	107
5.4.4.	<i>Városi hulladéklerakó depóniagázüzemű motorok létesítése villamos és hőenergia termelésre</i>	111
5.5.	ENERGIA POLITIKA, ENERGIA KÖZÖSSÉGEK, HÁLÓZAT BŐVÍTÉS	116
5.6.	KARBONLÁBNYOM, ÉLETCIKLUS ELEMZÉS	123
5.6.1.	<i>Különböző energia ellátási megoldások beruházási, működési költségének, fajlagos CO₂ kibocsátásának becslése a teljes életciklus figyelembevételével.....</i>	123
5.6.2.	<i>A meglévő energiatermelés során fajlagosan magas CO₂ kibocsátású folyamatok azonosítása és rangsorolása, javaslat tétele a javításra.</i>	128

6.	ÖSSZEFOGLALÓ	140
6.1.	MEGLÉVŐ RENDSZEREKEN MEGTEHETŐ BEAVATKOZÁSOK.....	140
6.2	TOVÁBBI BERUHÁZÁSOKKAL MEGVALÓSÍTHATÓ ENERGIAFEJLESZTÉSI JAVASLATOK.....	143
7.	FORRÁSJEGYZÉK	145
8.	MELLÉKLETEK	147

1. Bevezetés

A következő tanulmány, Győr Megyei Jogú Város Önkormányzatának megbízásából jött létre, amelyet a KondiCAD Mérnökiroda Kft. készít. A tanulmány címe „Győr városára vonatkozó energiaellátás fejlesztése tanulmány”. A monográfia célja a problémafeltárás, a fejlesztési irányok meghatározása, a lehetséges fejlesztési és megoldási javaslatok ismertetése. A tanulmány készítésekor kiemelt figyelmet kap a megújuló energiatermelés lehetőségeinek meghatározása és a minél nagyobb százalékban való felhasználhatósága. Ezen kívül nagy hangsúlyt kap a földgáz felhasználás és a CO₂ kibocsátás lehető legalacsonyabbra csökkentése. A dokumentum megírása során a KondiCAD Kft. szoros együttműködést végzett a helyi közműszolgáltatókkal és intézményekkel. Ezek alapján meghatározta a meglévőket és a lehetséges fejlesztési, módosítási, beavatkozási javaslatokat.

A tanulmány első fejezetében rövid áttekintést nyújtunk Győr Megyei Jogú Város, valamint a városban működő közüzemi szolgáltatók múltjáról. Ezen kívül a város kezelésébe tartozó különböző intézményeket és azok energiaköltségeit határoztuk meg. Ezt követően kitekintést végeztünk más hazai és nemzetközi nagyvárosban. Ebből látható, hogy más városokban milyen energiát érintő problémák vannak jelen. Ezekre milyen megoldásokat dolgoztak ki és hogy azok milyen hatékonysággal működnek a valóságban.

Az elvárásoknak megfelelően meghatároztuk Győr energiaellátásnak fejlesztési lehetőségeit. Megvizsgáltuk a napelem telepítés lehetőségét. Azokat hova, milyen megtérülési költségek mellett érdemes telepíteni. Ezt követően részletesen bemutatjuk az Organic Rankine Cycle (röviden ORC) működését és telepítési lehetőségeit. Kitértünk a városi szennyvíztisztító biogáz alapú villamos- és hőenergia termelésre. Vizsgálatokat végeztünk a városi hulladéklerakónál is, ahol a depóniagázüzemű motorok létesítését analizáltuk. A depóniagázüzemű motorok villamos- és hőenergia termelésére ideálisak. Emellett megvizsgáltuk a Győri Távhő szolgáltató jelenlegi helyzetét, és javaslatokat dolgoztunk ki a rendszer hatékonyabb működése érdekében. Ebben a fejezetben részletesen beszéltünk a biomassza, hőszivattyú alkalmazási lehetőségeiről, a megtermelt energiák különböző tárolási lehetőségeiről. Ezen kívül az ellátó hálózat és a hőközpontok vezérlésének lehetőségeit tárgyaltuk, a mesterséges intelligencia vizsgálatával. A tanulmány során analizáltuk a szennyvíz és a Mosoni Duna vizének hőjét felhasználó hőszivattyús berendezések telepítési és felhasználási lehetőségeit. A monográfia továbbá kitér a karbonlábnyom és az életciklus elemzésére is. Ennek a keretén belül meghatározzuk a fajlagos CO₂ kibocsátás mértékét beruházási, működési költségek figyelembevételével a teljes életciklusra.

2. Győr város áttekintése



1. ábra Győr városháza 1938

Győr alapadatai, lakossága, alapterülete, kilátások

Győr (régiben Arrabona) megyei jogú város Magyarországon, Győr-Moson-Sopron vármegye és Győri járás székhelye, illetve a Nyugat-Dunántúli régió központja. Dinamikusan fejlődő város, gazdasági, egyetemi és kulturális központnak is hívják. Bécs-Pozsony-Budapest tengelyén fekszik, ebből következően a közlekedési lehetőségei a városnak kiemelkedőek. 1989-ben elnyerte az Európa Nostra-díjat, melyet a barokk belváros rekonstrukciója elismerése képpen kapott meg a város. Győrt a folyók városának is szokás nevezni, mivel három folyó torkolatánál helyezkedik el, melyek a Mosoni-Duna, a Rába és a Rábca.

Alapterületét tekintve 174 km², tengerszint feletti magassága 108 méter. Lakossága 2023-as évi adat alapján 129 063 fő. Napközben ez a szám jelentősen megnőhet a napi agglomeráció miatt. Az egy km²-en lakók száma 761 fő [1].

Győr energia felhasználása

Győr város energia felhasználása villamosenergiából, gáz- illetve távhő energiából adódik össze. A villamosenergia ellátást az E.ON Áramszolgáltató Zrt. végzi, míg a gáz energiát az ÉGÁZ (ma MVM) vállalat és a Győrszol együttesen végzi. A távhő ellátást a Győri Hőszolgáltató Kft. végzi. A hőszolgáltató a városi önkormányzat tulajdonában van.

Energia ellátása Győrben (múltja és jelene)

Gázellátás

A gázellátás Győrben az 1800-as évekre vezethető vissza. Eleinte a gázfelhasználás nagy részét a közvilágítás tette ki. Az első gázüzemű közvilágítási lámpák 1816-ban helyezték el Győrben. Ám a szolgáltatásról szóló szerződés a város és a gázszolgáltató között csak 1868-ban kötött meg. A légszeszvilágítás megindulása nagy jelentőségű esemény volt a város életében, mivel a petróleum és olajlámpák fényéhez képest a légszesz lámpák fénye jelentősen erősebb volt. Szintén ebben az évben megkezdődött a gázmű építése is. A gázalapú világítás Győrött egy évvel később 1869-ben indult meg. Az 1880-as években a villamos világítás elterjedésével komoly verseny alakult ki a gáz és villany alapú világítás között. Az izzókörtés elektromos világítótesttel a lepkeéggős légszeszlámpákhoz képest jóval nagyobb fényerőt tudtak biztosítani. A város 1912-ben megvásárolta a gázműveket és a város kezelésébe került a gázmű. A gázmű megvétele jó döntésnek bizonyult, mivel a gondos gazdálkodásnak köszönhetően a város „zászlóshajójának” volt tekinthető [2].

Az iparosodással a város nagy fejlődésnek indult, ezáltal korszerűsítési munkákat tudott elvégezni a közvilágítás fejlesztésében és a csőhálózat bővítésében is. Az 1927-es év végére a gáztermelés megközelítette a 2 millió köbmétert, a napi csúcsteljesítmény pedig elérte a 7000 köbmétert. Ezekben az években a győri gázműnek 2700 fogyasztója volt. Az 1944-es évben a második világháború alatt Győrt is bombázások érték, mely során a gázgyár jelentős része is megsemmisült. Egy évvel később megkezdték a gyár helyreállítását. A helyreállítás során modernizációt is végrehajtottak, mivel a horizontális kemencét, hatkamrás vertikális kemencére cserélték. 1971-től az Égáz vette át a gázszolgáltatást Győrben [2].



2. ábra Korabeli gázgyár területe

Távfűtés (térkép, adatok)

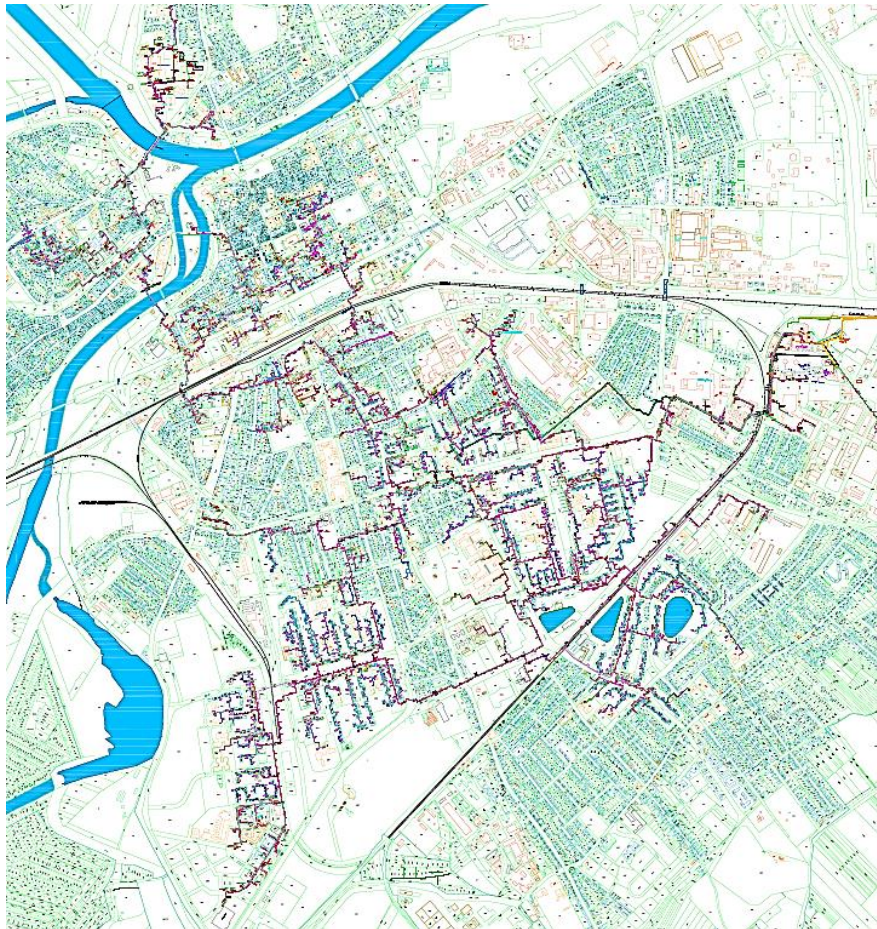
A távhő kezelését eleinte az ÉGÁZ vállalat végezte, ám az ÉGÁZ a tiszta gázprofil létrehozására törekedett, ezért a győri hőszolgáltató üzemegységet nem kívánja megtartani. 1969. július 1-től megalakult az önálló távfűtő vállalat, melynek felügyeletét a Győr Város Tanácsa VB. Építési és Közlekedés Osztálya végezte. A távfűtő vállalat életre hívásának célja olyan távhő ellátást biztosító szervezet kialakítása, amely képes a meglévő és kiépítendő termelőegységek zavartalan üzemeltetésére. Célja a különböző fogyasztók (ipari, lakossági, intézményi) változó szükségleteihez igazodva, az igényeket maradéktalanul kielégíteni. A vállalat „tiszta profilú” szolgáltató jellegű vállalat. A szervezet megalakításakor a központi fűtőművek 30 MW teljesítménnyel bírtak. A megalakuló szolgáltató szervezet a Győri Hőszolgáltató Vállalat elnevezést kapta. A vállalat tevékenysége a hőenergia termelése, elosztása, értékesítése fűtési és melegvíz szolgáltatási és ipari célra, hőtermelő, hőelosztó és hőfelhasználó berendezések létesítése, fenntartása és javítása, hővezetékek kiépítése. A vállalat illetékessége Győr város egész területe és később meghatározandó egyéb települések. A hőszolgáltató vállalat a fűtési idény alatt teljes kapacitással üzemel, fűtési idényen kívül a technológia hőt szolgáltat [3].

1977-ben a vállalat üzembe helyezte a központi karbantartó épületet és a hozzá tartozó fejépületet. Folyamatosan elkezdték kialakítani a távhőellátásba bevont épületek és lakótelepek hőenergiával történő ellátásához szükséges gépészeti berendezéseket, távhővezetéseket és a hőközpontokat. Kiépítették a primer forróvízes távvezetékét a belvárosban, melynek köszönhetően számtalan belvárosi épület kapcsolódott a távhőellátásra. 1980-as években a hőtermelői kapacitás 232 MW teljesítményű volt. Ezt a teljesítményt a folyamatosan növekvő igények miatt a fűtőművet bővítették. Ezt követően a kazántelesítmény 348 MW lett. 1983-ban a kazánteles tüzelőanyag-diverzifikálása mellett döntött a vállalat. Ennek értelmében a kazántelespre be lett vezetve a földgáz, tehát a fűtőolaj tüzelése helyett az üzemvitel földgázzal történt. Földgáz bevezetését követően alternatív gáz- és olajtüzelés valósult meg. Fűtőolaj tüzelésre energiagazdálkodási szempontok alapján, a csúcshőigény kielégítése érdekében került sor. Ennek köszönhetően a társaság rugalmasan tudott alkalmazkodni a tüzelőanyag árváltozásaira a mérsékeltebb fogyasztói árak érdekében [3].

1993-ban egyszemélyes korlátolt felelősségű társasággá alakult Győri Hőszolgáltató Kft. (röviden Győrhő Kft.), mely a győri önkormányzat tulajdonába került. Ezzel egyidejűleg megszűnt Győr városában az átalánydíjas szolgáltatás, helyette áttért a cég a tényleges fogyasztást jobban megközelítő, a hőközponti hőmennyiség mérésén alapuló elszámolásra. Ebben az időszakban végeztek el fejlesztéseket is, melynek értelmében áttértek a primer oldali változó tömegáramú, programozható mikroprocesszoros hőközponti hőmérséklet szabályozásra. Ennek eredménye a villamos energia költsége csökkenésében jelentkeztek. Fejlesztés történt a fogyasztói hőközpontok berendezésein is, ahol lemezes hőcserélők beépítésére került sor [3].

2002-ben a Győrhő gázmotoros erőművet épített, mely 30%-kal alacsonyabb költségek

mellett képes előállítani a hőt és az áramot. 2008-ban 172 lakásban önkormányzati támogatás mellett alakították át a régi fűtési rendszert. Önálló hőközpontokat telepítettek stranszabályozást, termosztatikus radiátor szelepeket és radiátoronként költségmegosztókat építettek be [3].



3. ábra Távhő ellátási térkép

Vízellátás, szennyvízelvezetés, szennyvíztisztítás regionális ismertetése

Vízellátás

Győr városának vízszükségletét a város lakóinak kezdetekben, a pincében-, vagy a házak udvarában ásott kutakból, köztéren lévő kutakból látták el. Az 1700-as években 120 ásott kutat tartottak nyilván. 100 évvel ez a szám 160-180-ra tehető. A „vizes talyigások” más néven „lajtosok” nagy szerepet játszottak a város vízellátásában. Korabeli szekerekkel (talyigákkal) járták a várost és mosásra és ivásra alkalmas vizet szolgáltatottak a város polgárai számára. A szolgáltatott víz minősége nem mindig volt megfelelő, néha mosásra és ivásra is alkalmatlan volt [4].

Kiskúton 1883-ban vízművet építettek, ahol a fenékvíz megfelelő mennyiségben és minőségben rendelkezésre állt. A vizet kutakban összegyűjtve gépi erő alkalmazása mellett a

városba vezették. Ezzel megkezdődött az ivóvíz szolgáltatás. Az egy személyre eső korabeli fogyasztás 170 liter volt. Ez a számításokat jelentősen felül múlta, mivel a kalkulált fogyasztás 60 liter volt személyenként. Ebből látható, hogy a bekapcsolt települések víz igénye a többszöröse volt, mint a számított érték. A hosszú ideig tartó nyári szárazságok és a fogyasztók számának növekedésével a vízszolgáltatásban folyamatos zavarok jelentkeztek. Az első tíz évben a csőhálózat 10%-át, a következő 4 évben pedig 2%-át fejlesztette a szolgáltató. 1899-ben a város tulajdonába került a vízvezetéki mű. 1903. október 1.-re elkészült egy próbakút a mai révfalusi telep helyén. A kút 32 m mély és 390 mm átmérőjű volt. Ezzel négy vízátadó réteget nyitott meg. A kutat 1908-ban tovább bővítették és új csővezetékeket fektettek le. 1910-ben elkészült a révfalusi víztorony [4].

1980-ban beüzemelésre került a szőgyei Vízmű. A vízmű tisztítókapaacitása 20 000 m³/d volt az első ütemnek megfelelően. A Dunából származó víz egy természetes tisztítórendszeren keresztül érkezik meg a kutakba. Ezen folyamat alatt sok fizikai, kémiai és biológiai átalakulás zajlik le, aminek eredményeként ivóvíz minőségű vizet nyerhetünk. [pannon víz oldala]

A városi vízhálózatot folyamatosan korszerűsíti a Pannon-Víz, igazodva az útfelújítások ütemezéséhez. Korszerű csőbéleléses technológiával újítják fel, a főnyomó vezetékeket és a folyók alatti átvezetéseket. A XXI. század elején elmondható, hogy Győr vízellátása, a szolgáltatás, a vízbázisok védelme a kor szakmai színvonalának megfelelő [4].

Szennyvízelvezetés

A szennyvízelvezetés Győr városában gravitációs szennyvízelvezető rendszerrel történik. 620 db köztéri szennyvízátemelőt működtet a Pannon-Víz a sík terepviszonyoknak köszönhetően. A kényszeráramoltatású szennyvízrendszerek üzemeltetése miatt gyakran szükség van hibaelhárításra, amely többnyire légtelenítés, úszókapcsoló elakadás vagy vákuum szelep hiba [5].

Győrben a régebbi építésű városi csatornák egyesített rendszerűek. Erre a rendszerre a 1970-es évektől folyamatosan csatlakoztak a környező települések, a peremkerületek. A szennyvizet a kapcsolódott településeken már elválasztott rendszerben gyűjtik. Győrbe 15 település szennyvize érkezik. Speciális eljárást igényel az egyesített rendszerbe kerülve az elválasztott rendszerekben összegyűjtött szennyvíz. Ehhez biofilteres légszűrőket és csatorna légfűvatást alkalmaznak. A csatorna vezetékeit és az átemelőket műanyag bevonatú béleléssel látják el, a megfelelő korrózió elleni védelem érdekében. A gyakran tartósan magas belvízszint miatt több súlyos csatorna meghibásodást szenvedett a rendszer. Tervezhető csatorna felújításokat az önkormányzati útrekonstrukciós programhoz igazítják. 2018-ban csatorna gerinc vezetékein 714 db utcai csatorna dugulást, bekötő vezetékeken pedig 939 db bekötő vezeték dugulást hárítottak el a szakemberek [5].

Szennyvíztisztítás

A Pannon-Víz környezettudatos megoldásokat alkalmaz a szennyvíztisztítás terén. Szennyvíztelepeiken mechanikai tisztítás után kis és nagyterhelésű eleveniszapos tisztítási technológiát működtetnek, amely nitrogén és foszfor eltávolítással üzemel. A szennyvizet többféle baktérium segítségével tisztítják meg az eleveniszapos medencékben. A baktériumoknak légbefúvással oxigént biztosítanak. A keletkező szennyvíziszapot fél éves tárolást és víztelenítést követően a mezőgazdaság hasznosít, amely által a tápanyagok a talajba kerülnek [5].

Összesen 17 db szennyvíztelepet működik Győrben. A legnagyobb kapacitású, szennyvíztisztító telep Győrben 95%-os tisztítási hatásfokkal rendelkezik. Többségében szennyvíztisztító energia felhasználását biogázzal fedezik. A megfelelően megtisztított szennyvíz végül természetes vizeinkbe kerül vissza [5].



4. ábra Pannon-Víz víztározója [5]

Győr Önkormányzati Intézményei

A tanulmány megírása során felmértük a győri önkormányzati intézmények, az önkormányzati óvodák és az egyesített bölcsődei intézmények aktuális helyzetét. A megvizsgált intézmények a következők voltak.

1. Intézmények:

- Családi és Gyermejjóléti Központ és kezelésébe tartozó intézmények (10 db)
- Dr. Kovács Pál Könyvtár és Községi Tér és kezelésébe tartozó intézmények (12db)
- Egyesített Egészségügyi és Szociális Intézmény és kezelésébe tartozó intézmények (51db)

- Gazdasági Működtető Központ
- Generációk Művelődési Háza
- Győr Megyei Jogú Város Gyermektábora
- Győr Megyei Jogú Város Levéltára és kezelésébe tartozó telephely (1db)
- Győri Balett és kezelésébe tartozó intézmények (2db)
- Győri Filharmonikus Zenekar
- Győri Művészeti és Fesztiválközpont
- Győri Nemzeti Színház és műhelyháza (1db)
- Hajléktalanokat Segítő Szolgálat Győr
- Molnár Vid Bertalan Művelődési Központ és kezelésébe tartozó intézmények (7db)
- Rómer Flóris Művészeti és Történeti Múzeum (18db)
- Újvárosi Művelődési Ház és kezelésébe tartozó intézmények (2db)
- Vaskakas Bábszínház
- Xantus János Állatkert és Füles Bástya
- Esély Kft.
- Győr Projekt Kft. és kezelésébe tartozó intézmények (8db)
- Győr Térségfejlesztési és Projektmenedzsment Kft.
- Innonet Kft. és Technonet Kft.

2. Önkormányzati Óvodák:

- Bartók Óvoda és tagóvodái (2db)
- Bisinger Óvoda és tagóvodái (1db)
- Erzsébet Ligeti Óvoda és tagóvodái (2db)
- Gyárvárosi Óvoda és tagóvodái (2db)
- Győri Mosolyvár Óvoda és tagóvodái (2db)
- Kovács Margit Óvoda és tagóvodái (2db)
- Márvány Óvoda és tagóvodái (2db)
- Ménfőcsanak Óvoda és tagóvodái (3db)
- Nagybácsai Óvoda és tagóvodái (3db)
- Sün Balázs Óvoda és tagóvodái (2db)
- Szentiváni Óvoda és tagóvodái (3db)
- Tárogató Óvoda és tagóvodái (2db)

3. Egyesített bölcsődei Intézmények:

- Báthori Úti Bölcsőde
- Cuha utcai Bölcsőde
- Jósika utcai Bölcsőde
- Kassák Lajos utcai Bölcsőde

- Kígyó utcai Bölcsőde
- Kisdobos utcai Bölcsőde
- Kiskúti úti Bölcsőde
- Kodály Zoltán utcai Bölcsőde
- Mónus Illés utcai Bölcsőde
- Örkény István utcai Bölcsőde
- Szelényi Imre Rudolf utcai Bölcsőde
- Türr István utcai Bölcsőde
- Zöld utcai Bölcsőde

A felsorolt intézmények számára készítettünk egy kérdés listát. Az intézményektől kapott válaszok alapján összesítettük, a létesítmények különböző energiafogyasztásait, a fogyasztáshoz tartozó egyes költségeit. Emellett listáztuk az intézmények fűtésére, hűtésére és melegvíz előállítására használt szolgáltatók és berendezések típusát. Valamint kérdéseket fogalmaztunk meg az intézmények jelen állapotával kapcsolatban. Ezek alapján megállapítottuk, hogy az egyes épületeken történt-e valamilyen költségcsökkentésre irányuló fejlesztés vagy beruházás. Összesítettük az egyes intézmények szabályozhatósági lehetőségeit is.

Ezek alapján láthatóvá vált intézményi szinten az egyes energia fogyasztások nagysága és hogy ahhoz mennyi költséghányad kapcsolódik. Illetve egyértelműen megállapítható, hogy melyek azok az intézmények, ahol különösen nagy az energia fogyasztás vagy kiugróan magas költség látható. Ezeknél az intézményeknél módosítási és fejlesztési javaslatokat adtunk.

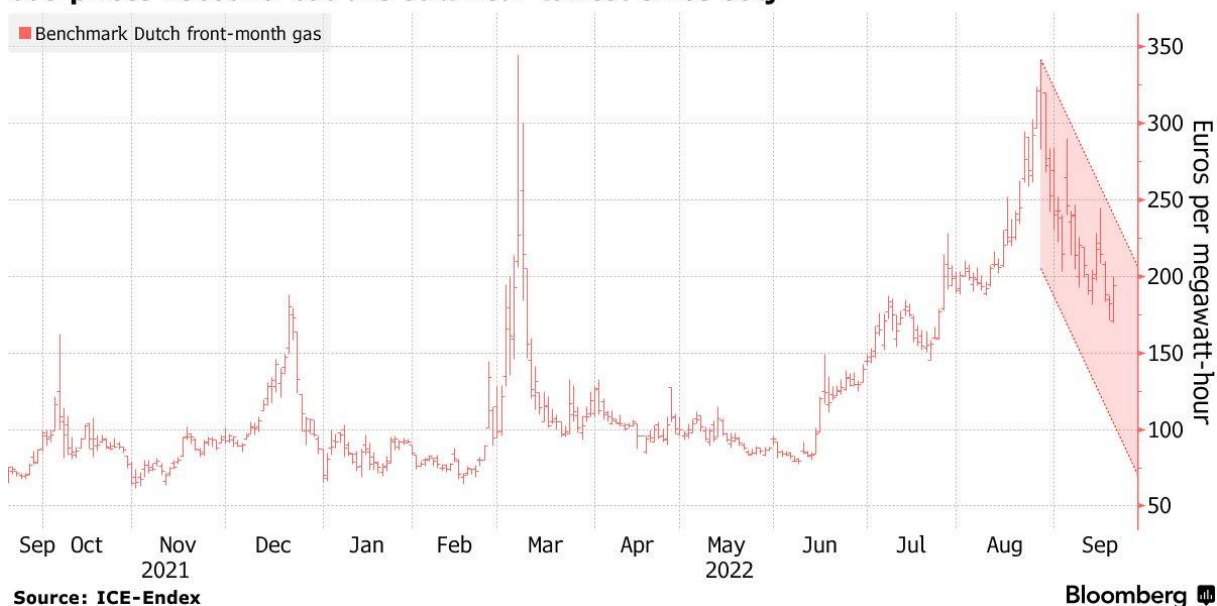
Energia költségek alakulása az utóbbi években

Az energiaköltségek növekedése az elmúlt év legkomolyabb gazdasági kihívása volt. Történetileg visszatekintve az elmúlt évekre, egy enyhe növekedés villamosenergiaárban már tapasztalható volt [6]. A villamosenergia árának növekedését, részben az ETS rendszerben (szén-dioxid kvóta) létrehozott piacstabilitási tartalék miatti árnövekedés eredményezte. A növekedést a járvány elleni védekezés miatti gazdasági leállás és keresletcsökkenés fordította meg egy rövid időre. Ezt követően érezhető árnövekedés volt tapasztalható világszerte, a koronavírus járvány utáni gazdasági felívelés hatására. Ennek magyarázata, hogy a járvány alatti beszűkült termelőkapacitások újranyitása nem tudott lépést tartani a gazdasági igények növekedésével. Sajnos természeti katasztrófa is hozzájárult az energiaár növekedéséhez (pl.: Kína egyes tartományaiban jelentős mennyiségű szénbánya állt le a heves esőzések miatt [7])

Ebben a globális energiapiaci környezetben Európát egy regionális válság is elérte: a vezetékes földgázszállítás mennyisége elkezdett csökkenni (részben az Északi-Áramlat 2 körül kialakult nézeteltérések miatt), ami valóságos árrobbanást eredményezett a földgáz piacokon.

Volatile Market

Gas prices rebound but are still near lowest since July



5. ábra Gázárak alakulása az elmúlt évben [8]

A gázár robbanás nagyon nehéz helyzetbe hozott számos gázkereskedőt, mivel nem tudták kigazdálkodni a megnövekedett gázárak fedezetét. További gondot jelent, hogy a gáz ára beépül a villamosenergia árába is, így a villamosenergia piacokon is többszörösére nőttek az energiaárak. Ennek magyarázata, hogy a villamosenergia piacon ún. „merit order” árszabás érvényesül, amelynek lényege, hogy a piaci árat a legmagasabb áron termelő egység szabja meg. Ezek ilyen árkörnyezetben egyértelműen a földgáztüzelésű erőművek lettek, amelyek gáz és szén-dioxid költségei is az egekbe emelkedtek és ezt a villamosenergia árában is érvényesítették. Mivel az összekapcsolt európai piacokon nincs elegendő földgáztól független villamosenergia termelő egység, a gázerőművek megkerülhetetlen részét képezik a rendszernek. Ebből kifolyólag az árfelhajtó hatásuk is érvényesül. A földgáz és a villamosenergia árnövekedése a gazdaságaink működőképességét veszélyezteti. Ebből kifolyólag számos elképzelés született a piaci folyamatokba történő beavatkozásra (pl.: tőzsdei ármaximálás vagy ársapka stb.) Azonban mostanáig nem történt beavatkozás, hiszen féltő, hogy a piaci folyamatokba történő beavatkozás energiahiányt is okozhat. Egy egyszerű példával élve, ha a villamosenergia piacon olyan ármaximumot vezetnének be, amelynél a gázerőművek tüzelőhő és szén-dioxid költsége már nem tud érvényesülni, akkor az a gázerőműveket leállásra kényszerítené és a villamosenergia ellátás kerülne veszélybe. A fenti problémára nyújthat megoldást az ún. Ibériai modell, amely estén a gázerőműveket kárpótolnák az ármaximáláson elszenvedett veszteségeikért, így azok üzemben maradhatnak. Ennek a modellnek a teljes európai piacra történő alkalmazhatósága azonban továbbra is kérdéses. Azonban, mint minden piaci beavatkozás ez is magában hordozza a veszélyét annak, hogy csökken a piaci kínálat és ezzel a válság csak tovább növekszik.

A jövőre vonatkozólag mindig nehéz megállapításokat megfogalmazni, ugyanakkor azt

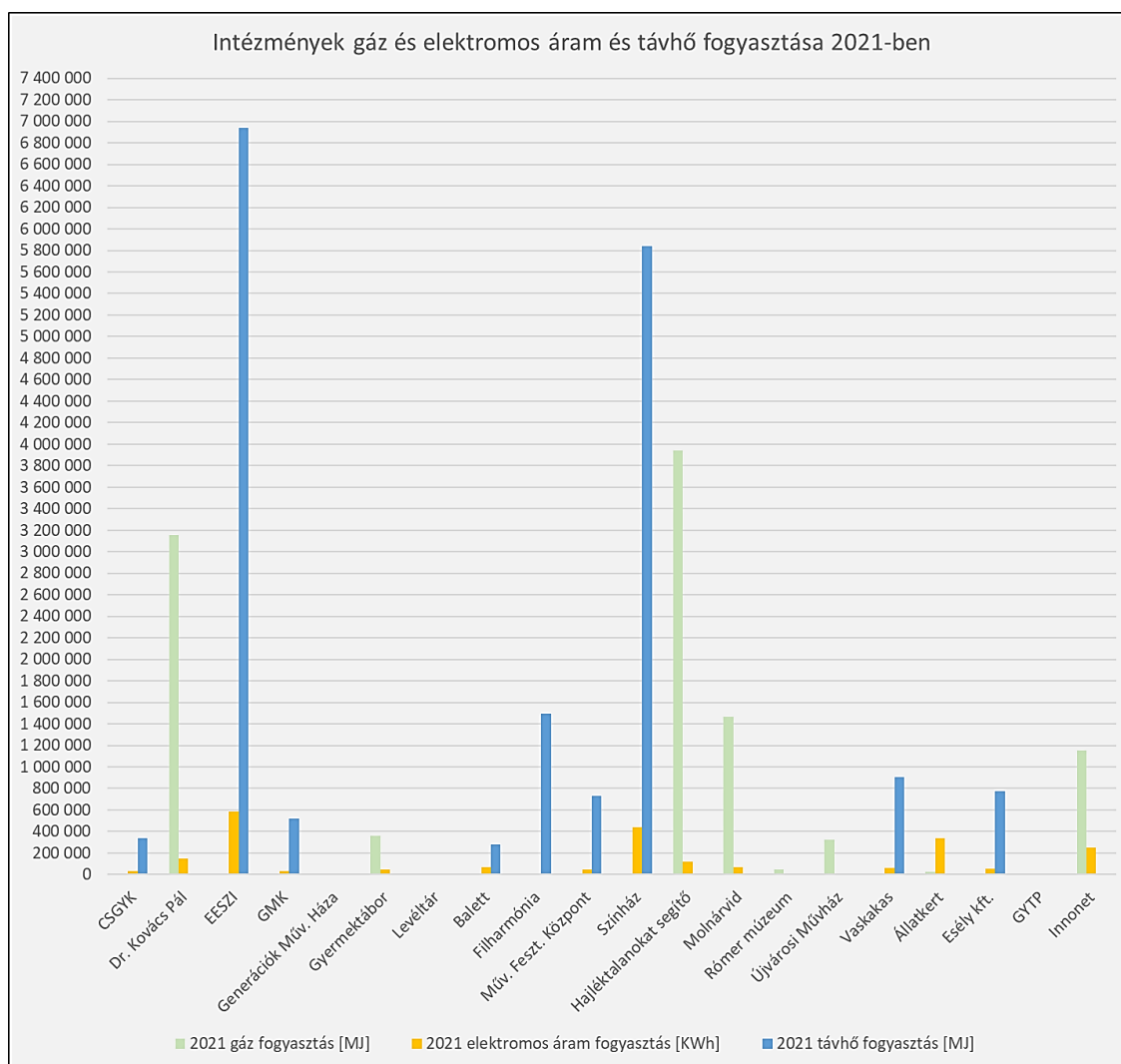
teljes bizonyossággal kijelenthetjük, hogy **a korábbi alacsony energiaárak már nem fognak visszatérni**. Földgáz oldalon a kínálat szűkössége jelent korlátot az árcsökkenésnek, a kínálati szűkösséget a kereslet csökkenése tompítja, de meg nem tudja szüntetni. Ami az árak korigálását eredményezi. A kereslet szűkülésének részben lehet magyarázata a javuló energiahatékonyság és a takarékoskodás, ami pozitív fejlemény. Ugyanakkor a gazdaság lassulásával termelőegységek megszűnésével is csökkenhet az energia kereslet, ami összességében negatív kimenetel.

A villamosenergia piac a földgázpiactól erősen függ ezért árcsökkenés a korábbi szint mértékéig ott sem várható. Ezen felül, amennyiben a gázárak hatását nem is vesszük figyelembe a szén-dioxid költségek drasztikus emelkedése szintén viszonylag magas szinten tudja tartani az árakat. Az erőműbezárásoknak további árnövelő hatása lesz, kiváltképp a nukleáris kapacitások szűkítésének, hiszen nagymennyiségű földgáztól és szén-dioxidtól független termelés tűnik el az európai energiapiacokról, amelyet fosszilis energiahordozókból pótolva további kvóta keresletet generálnak, amelynek további árfelhajtó hatása lehet.

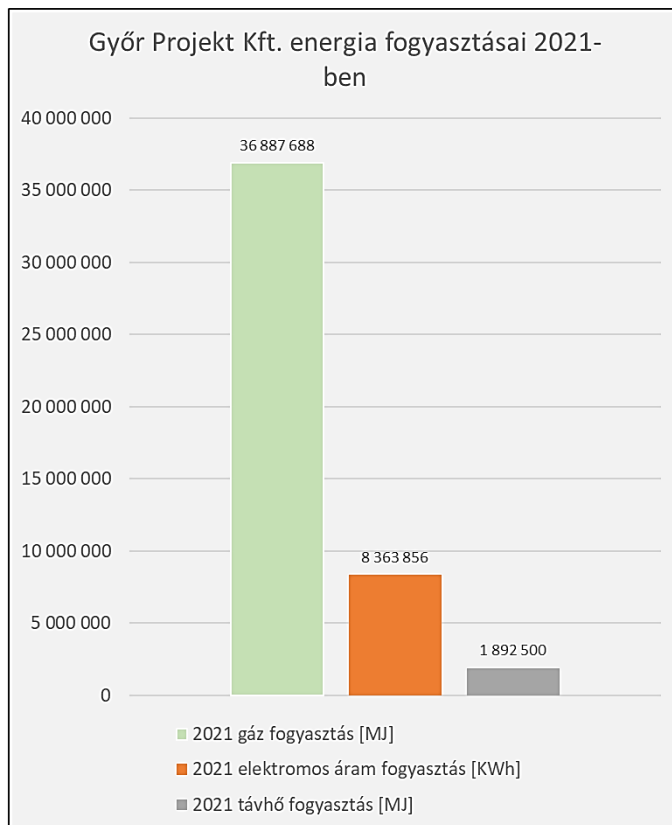
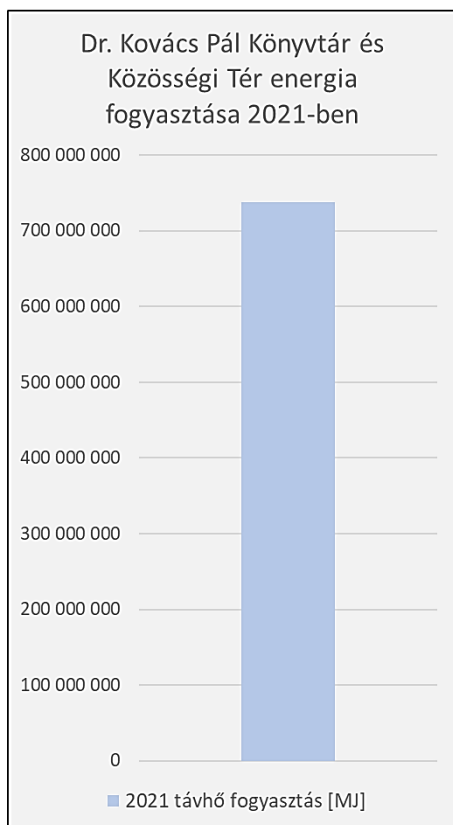
Összességében kijelenthető, hogy a korábbi energiaárak visszatérésére nem lehet számítani, ebből kifolyólag teljesen új szemléletre és alkalmazkodásra van szükség az energiaellátó rendszereinknek. A tanulmányunk célja, hogy segítsük ennek az új szemléletnek a formálódását Győr város esetében.

Önkormányzati Intézmények energiaellátásnak fejlesztése

Felmértük az önkormányzati intézmények energia felhasználását és ellátását, amit a mellékelt táblázatban összesítettük és diagrammokkal jelölve szemléltettünk. A felmérés részletes adatait az 1. mellékletben mutatjuk be.



6. ábra Intézmények fogyasztási adatai



7. ábra Intézmények fogyasztási adatai

Ennek alapján a következő javaslatot tesszük egyes önkormányzati intézmények kedvezőbb energia felhasználásának átalakítására, felújítására. Javaslatunkban némely intézmény esetében decentralizált megújuló energiaellátást javasolunk, víz-levegő vagy víz-víz (geotermia) hőszivattyú és/vagy napelem alkalmazásával. A felújítást úgy kell kialakítani, hogy a meglévő hőellátó rendszerrel felhasználható legyenek, és csak ez energia termelése legyen kiegészítve. Javaslatunk megfontolása esetén létesítményről létesítményre kell megvizsgálni, hogy abban mely megújuló energiatermelés jöhet szóba. Tájékoztató értéként közöljük, hogy egy cca. 100 kW névleges teljesítményű víz-víz hőszivattyú meglévő rendszerbe csatlakoztatásáig mintegy 35 millió Ft beruházással oldható meg, víz-levegő hőszivattyú ennél mintegy 20%-kal alacsonyabb költségből valósítható meg. Ezen hőszivattyúk alkalmazása esetén, a következő éves hatékonysági mutatók érhetőek el: víz-víz hőszivattyúk alkalmazásakor $4,5 \text{ kWh}_{\text{hő}}/\text{kWh}_{\text{áram}}$, víz-levegő esetében ez az érték $3,5 \text{ kWh}_{\text{hő}}/\text{kWh}_{\text{áram}}$. A hőszivattyúval egész évben használati melegvíztermelés is biztosítható, illetve igény esetén meg tudják oldani az adott létesítmény nyári hűtési energia biztosítását. Az intézmények geotermikus energiával történő fejleszhetőségét az 5.1.4-es fejezetben ismertetjük részletesen.

Az intézmények energia fogyasztási adatai alapján, javasolnánk az Audi Aréna és az Olimpiai sportpark lokális talajszondás geotermikus energiával történő ellátását. Ezen két intézmény esetén, a telepítési hely is adott, melyet a következő térképen szemléltetünk.



8. ábra Audi Aréna talajszondás geotermia telepítési helyszíne



9. ábra Olimpiai Sportpark talajszondás geotermia telepítési helyszíne

3. Nemzetközi és hazai energia helyzet ismertetése, kilátások, törekvések

Az energia árának növekedése egy átfogó meghatározás, sajnos a korábbi energiaválságokkal ellentétben (olajválságok, szénhiányok stb.) a jelenlegi energiaválság szinte minden energiahordozót érint. Az árrobbanás (európai viszonylatban) a földgáz esetén a legjelentősebb, ugyanakkor a kőolajból előállított termékek, és az összes tőzsdén kereskedett szénfajta (feketeszén, barnaszén és a kokszolható szén) ára is igen jelentősen megemelkedett. Ilyen helyzetben az olyan energiahordozók kerülnek előtérbe, amelyeknek a tőzsdei kereskedelme nem lehetséges az alacsony energiasűrűség (nehezen szállítható) illetve a tárolhatóság miatt. Ilyen energiahordozó szinte az összes megújuló energiaforrás. Ebből kifolyólag nemzetközi és hazai szinten is új lendületet kapott a megújuló termelők létesítése, amely városi és fogyasztóközei szinten is jelentős fejlesztési potenciállal bír. Azonban nem lehet megfedkezni az időjárásfüggő termelők rendszerbe illesztési nehézségeitől. Az időjárás változékonysága okozta termelés ingadozásáról sem. Ezeket a korlátokat alaposan megismerve és hozzájuk alkalmazkodva számos esetben további térnyerés biztosítható a megújuló energiaforrások számára. Nemzetközi összevetésben a megújuló források kiaknázásán túl a saját termelésű fosszilis termelés fokozásával is válaszolnak a válságra. Természetesen az egyes régiók egymással merőben eltérő természeti adottságokkal és műszaki lehetőségekkel bírnak. Egy város energiastratégiájának kialakítása során pedig mindig a helyi adottságokhoz történő minél jobb alkalmazkodás a cél.

A földgáztól eltérő hő és villamosenergia termelő egységek helyettesítésénél a legnagyobb kihívás a magas beruházási költségek jelentik. Iparági gyakorlat szerint egy azonos teljesítményű földgáz kazán és egy biomassza kazán között háromszoros árkülönbség van. Ezért ezeket a rendszereket magas kihasználtsággal igyekeznek üzemeltetni. A jelenlegi árkörnyezetben azonban hatalmas árelőnye van egy olyan termelőnek, amely a gáz és a széndioxid kvóta áringadozásaitól függetlenül tud termelni.

Hasonló nehézség a távhőrendszerek fejlesztésének és bővítésének magas beruházási költség igénye. Amennyiben az egyedi fűtési rendszerek számára nem áll rendelkezésre olcsó földgáz felértékelődik a távhőrendszerek szerepe. A távhőrendszerek méretükből kifolyólag alkalmasak olyan energiahordozók gazdaságos és környezetbarát hasznosítására, amelyek egyedi fűtési rendszerek esetén nem lennének elérhetőek. Tipikus példa erre a geotermia, különböző hulladékok vagy ipari hulladék hő, de ide sorolható a kapcsolt (hő és villamosenergia) termelésből előállított hő is, amely primerenergia megtakarítás révén jelentős gazdasági és környezetvédelmi előnnyel jár, a közvetlen energiatermeléshez képest. Háztartási méretben ugyan léteznek kapcsoltan termelő egységek, azonban ezek gazdaságossága megkérdőjelezhető.

4. Kitekintés más hazai és külföldi nagyvárosok energiaellátásának fejlesztéséről

Ebben a fejezetben nemzetközi kitekintést teszünk más városok energiaellátási rendszereinek felépítésére, megvalósult és tervezett fejlesztéseinek bemutatására.

Az energiaátmenetben a hagyományos fosszilis energiahordozóktól való fokozatos elszakadás, mint alapvető célkitűzés van definiálva. Ennek megvalósítása a helyi adottságokhoz igazodva kezdődött meg szerte Európában. Adottságoktól függetlenül megállapíthatjuk, hogy a távhőrendszerek az energiaátmenetben kulcsszerepet töltenek be, hiszen számos olyan megújuló energiahordozót vagyunk képesek távhőrendszeren keresztül hasznosítani, amelyre nem lenne gazdaságosan lehetőség szétaprózódott egyedi hőellátási esetekben. Ilyen megújuló energiahordozó lehet a biomassa, a válogatott és kezelt hulladékból előállított tüzelőanyagok, a geotermia illetve különböző alacsony hőmérsékletű hulladék hőforrásokból hőszivattyúval kinyert hőenergia. További előnye a távhőrendszereknek, hogy a kapcsolt (hő és villamosenergia) termelésből előállt hőenergiát gazdaságosan képesek továbbítani a fogyasztók számára. A kapcsolt termeléssel elért primerenergiamegtakarítás pedig fosszilis tüzelőanyag esetén csökkenti az üvegházhatású gázkibocsájtást, míg megújuló pl.: biomassa esetén a kapcsolt termeléssel, jóval nagyobb arányban lehetséges hasznosítani a rendelkezésre álló (adott esetben szűkös) biomassa készleteket.

Bécs

A bécsi távhőrendszer egy kifejezetten fejlett nagyvárosi távhőrendszer, amely számos fejlesztési koncepcióhoz szolgál alapul. A bécsi távhőrendszernek köszönhetően, Ausztria éves szinten 1,5 millió tonna szén-dioxid kibocsájtást kerül el [9]. Összehasonlításképpen Magyarország teljes kibocsájtása, nagyjából 50 millió tonna.

Annak ellenére, hogy a bécsi távhőrendszer jelentősen nagyobb a győrinél, (a bécsi rendszerben ~440 000 háztartás kerül ellátásra, Győr esetében ~25 000) számos olyan műszaki megoldás található benne, amely kisebb méretben implementálva előnyös lenne a győri rendszer számára is. Az egyik legnagyobb előnye a bécsi rendszernek a nagykiterjedésű hálózat nyújtotta kooperációs lehetőség. Egyrészt az összekapcsolt rendszer miatt csökken szükséges tartalék kapacitás nagysága, másrészt több termelő termelhet ugyan arra a rendszerre, így nincs monopolhelyzete egyik szereplőnek sem. További előnye a bemutatott rendszernek, hogy több betáplálási pont van, amely kedvezőbb hidraulikai és a rendszerveszteségi szempontból.

A több típusú hőtermelő rendszerbe integrálása stabilitást is tud adni változékony energiapiaci körülmények között. (Ahogyan ez Győr esetében is látható a gáz és a geotermia alkalmazásával).

A bécsi rendszer egyik legnagyobb előnye forrás oldalon a hulladék hasznosító művek jelenléte. A hulladék hasznosító művek nagyon szigorú környezetvédelmi normák mellett háztartási hulladékból állítanak elő távhőt és villamosenergiát kapcsoltan. A hulladék és a hulladékokból előállított másodlagos tüzelőanyagok (SRF, RDF) energetikai hasznosítása

bevett gyakorlat Európában (Magyarország esetében a budapesti HUHA az egyetlen, amely csak és kizárólag hulladékkal üzemel, azonban minden hazai szilárdtüzelésű erőmű hasznosít hulladékból előállított tüzelőanyagot kisebb nagyobb részarányban). Több füstgáztisztító berendezés üzemel ezeken a létesítményeken, amelyek segítségével az erőművet elhagyó füstgáz nem okoz környezeti kárt. A körkörös gazdaság kialakítása szempontjából előnyös is, mivel az anyagában már nem hasznosítható hulladékok másképpen nem tudnának hasznosulni. Jelen gazdasági környezetben, az anyagában már nem hasznosítható hulladékokból előállított hő gazdasággal olcsóbb, mint a földgáz alapon termelt hő.



10. ábra Bécsi távhő körgyűrű elvi sémája a kapcsolódó erőművekkel [10]

Graz:

A grazi távhőrendszer méretét tekintve közelebb áll Győr városához, előbbi 40 000 lakást lát el hővel plusz intézményi fogyasztók, míg a győri 25 000 lakást és intézményi fogyasztókat. A grazi rendszerben lévő fejlesztések meglehetősen sokrétűek. Ebből kifolyólag sok ötlet is lehet implementálni az ottani tapasztalatok alapján.

Megépítették Ausztria legnagyobb teljesítményű **napkollektor parkját**, amely a távhőrendszerre termel rá. A síkkollektorok összes felülete meghaladja a 8000 m²-et. Névleges teljesítménye 5,7 MW_{th}. Egy ilyen rendszer alapvetően gázkazánokat képes tehermentesíteni, napos időben csökkenthető a telephely földgáz igénye. A gázkazánok jól szabályozhatók, ezért le tudják teljesítményükkel követni a nap járását és az időjárásból adódó ingadozásokat. Mivel

síkkollektorok, ezért csak meleg időben tudnak melegvizet szolgáltatni (ellentétben a vákuumcsöves kollektorokkal, ahol a konvektív hővesztés a duplafalú csőben lévő vákuum miatt nem jelentkezik, így fagyos, de napsütéses időben is képes termelni). Mindemellett fontos látni, hogy a napkollektorok a nyári HMV üzemben tudják a legtöbb termelést nyújtani. Ebben az esetben a Győri rendszert nagyarányú geotermia felesleg jellemzi (ezt a vonatkozó fejezetben részletesen be is mutatjuk). Azaz a napkollektorok alkalmazásának csak olyan rendszerekben van tényleges hozzáadott értéke, ahol gázkazánokat (és nem geotermiát) vált ki.

Gössendorfban megépítettek egy **villamos kazánt** (power to heat). Ez a technológia hazai környezetben is elterjedőben van (Csepeli Erőmű, Észak-Budai Fűtőerőmű). Alapvetően a villamos kazán tartalékban áll, viszont kiegyenlítő szolgáltatást nyújt a hálózatnak, amelyért rendelkezésre állási díjat kap az üzemeltető (RÁD). Abban az esetben, ha a hálózaton túltermelés van a villamoskazánt üzembe veszik és a túltermelést (negatív irányú kiegyenlítő energia) befűtik a hálózatba, rendkívül kedvező áron. Magyarországon a napelemek rohamos terjedése miatt megsokszorozódott a MAVIR kiegyenlítő energia költsége, a kiegyenlítő kapacitások szűkösek. Logikus lépés ilyen egységeket létesíteni, hiszen javítják a rendszer kiegyensúlyozását és közvetve megújuló energiát is táplálnak a távhő hálózatba. A gössendorfi példa egy 10 MW teljesítményű blokkot jelent, amely a hazai gyakorlattal szinkronban szintén negatív irányú kiegyenlítő energiát hasznosít, azaz a rendszerirányító utasítása alapján lép működésbe. A vonatkozó fejezetben részletesen elemezzük egy ilyen rendszer megvalósíthatóságát.



11. ábra Elektromos kazán felépítése Gössendorfban: forrás [11]

Hőszivattyúk alkalmazása is előtérbe került az utóbbi időben. Hőszivattyúzás esetén valamilyen hulladékhő forrás kerül felhasználásra, amelynek hőmérséklete nem teszi lehetővé a közvetlen hőcserélőkön keresztül történő alkalmazást. A hőszivattyú villamos áram segítségével a hulladékhő hőmérsékletét megemeli, hogy az hasznosítható legyen. Ezen rendszerek a Győrben történő alkalmazására külön fejezeteket szenteltük és részletesen

bemutatjuk. A grazi példa esetében egy vasműben $\sim 60\text{ °C}$ keletkező hulladékhő hasznosítása történt meg (Marienhütte). A beépített két darab $5,75\text{ MW}_{\text{th}}$ teljesítményű hőszivattyú 95 °C előremenő hőmérséklete szolgáltat hőt a helyi ipari igények kielégítésére és a távhőrendszer számára. A távhőrendszerek ipari környezetbe történő kiterjesztésének nagy előnye, hogy becsatornázhatók különböző hulladékhő források a rendszerbe.

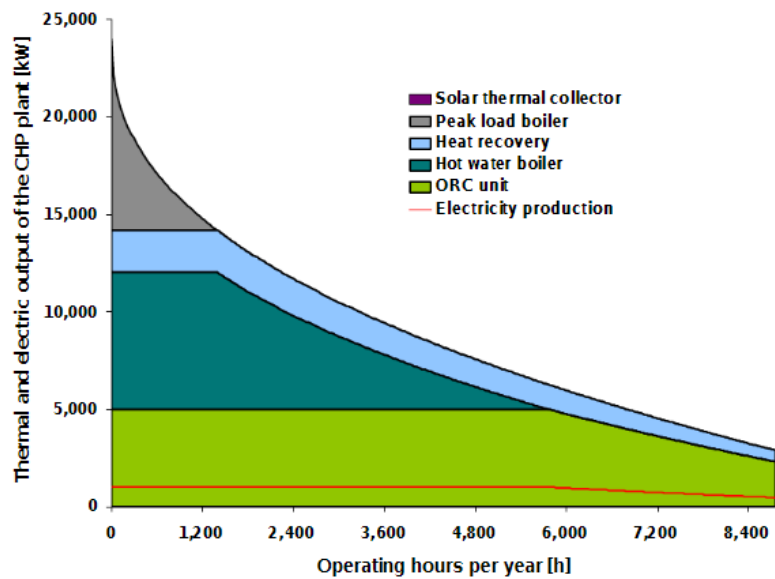


12. ábra Az egyik $5,75\text{ MW}$ teljesítményű hőszivattyú [11]

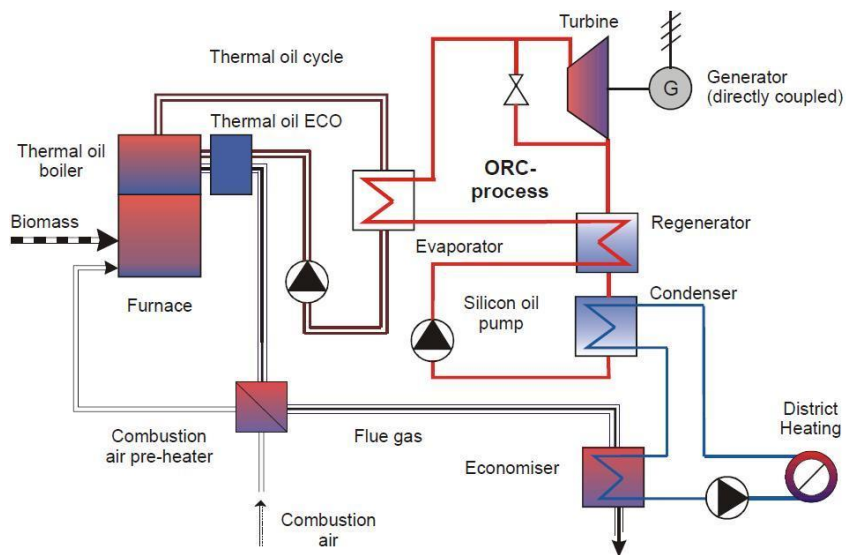
Lienz:

A lienzi távhőrendszer jelentősen kisebb a győri rendszernél. Csúcsterhelése mindössze 25 MW (13. ábra). Viszont számos technológiát felsorakoztat az energiamixben. A rendszer alapterhelését egy biomassza hőbevitelű ORC rendszer alkotja (14. ábra). A rendszer előnye, hogy kis teljesítményen is viszonylag jó hatásfokot biztosít. A hivatkozott tanulmány szerint $14\text{--}18\%$, terheléstől és környezeti paraméterektől függően. Egyszerűen telepíthető, nem igényel külön vízlágyító berendezést (mivel nem hagyományos gőzkörfolyamatot hajt végre). Hátránya a magasabb beruházási költség.

A tartamdiagrammról megállapítható (8. ábra), hogy a napkollektoros termelés (lilával jelölve) nem számottevő. A rendszer alap hőigényét az ORC termeli kapcsoltan (hő és villany). Ezt követően lép üzembe egy közvetlen biomassza forróvíz kazán, a csúcsigényekre (és tartaléknak) pedig földgáztüzelésű forróvíz kazánok vannak.



13. ábra : Lienz távhőrendszerének tartamdiagramja [12]



14. ábra Lienz biomassza ORC fűtőerőmű [12]

Skieve:

Skieve egy dániai kisváros, melyben 8500 távfűtött lakás található. A távfűtés megújuló alapú ellátására egy biomassza elgázosítót létesítettek. A bemenő biomassza pelletből fejlett elgázosítási technológiával gázmotorok számára is elegendő szintézisgázt állítanak elő. A rendszer 6 MW villamos és 11,5 MW hő teljesítménnyel rendelkezik, továbbá rendelkeznek még szintézisgáz tüzelésű forróvízkazánokkal a csúcshőigények kielégítésére. A rendszer villamos hatásfoka mintegy 30,7%, ami majdnem duplája, mint a Lienzi ORC-nek. Ezek rendkívül kedvező energetikai mutatók, ilyen alacsony egységjeljesítményen. A biomassza egy környezetbarát, de korlátozott mennyiségben rendelkezésre álló energiahordozó. Ezért ezek a rendszerek kifejezetten előnyösek gazdaságossági és fenntarthatósági szempontból, hiszen egy

23

korlátosan rendelkezésreálló energiahordozót hasznosítanak, jó villamos és hő hatásfokkal.



15. ábra Korszerű nyomás alatti biomassza elgázosító Skieveben [13]



16. ábra A skieve-i elgázosítós fűtőerőmű látképe [14]

5. Lehetőségek Győr energia ellátásának fejlesztésére

5.1. Távhőellátás hatékonyságának fejlesztése

5.1.1. Alapvető megfontolások

Győr távhő ellátásának egy energia termelő-ellátó központja van, Győr-Szol Zrt. Rozgonyi úti fűtőműve. A fűtőmű az alábbi hőtermelő berendezésekből áll:

Forróvízes kazánház:

Forróvíz kazánok	Névleges hőteljesítmény [MW]	Üzembe-helyezés éve	2021-es év üzemórái [óra]
Dorogobuzsszkij PTVM-50-2, földgáz	58,15	1972	55
Dorogobuzsszkij PTVM-50-2, földgáz	58,15	1971	146
Dorogobuzsszkij PTVM-50-2, földgáz	58,15	1975	1574
Dorogobuzsszkij PTVM-50-2, földgáz	58,15	1976	3276
Dorogobuzsszkij KGVM-100, földgáz	116,3	1983	735
Összes beépített kazánteljesítmény:	348,9 MW		

1. táblázat Forróvízes kazánok

Megjegyzés: 2023. január 1-től az 1. sz. PTVM forróvíz-kazán üzemem kívül lett helyezve, a 2.sz. PTVM kazán bemenő hőteljesítményét 50 MW alá lett csökkentve (a kazán max. kiadható hőteljesítménye 44,34 MW-ra csökkent), melyre a szigorodó környezetvédelmi normák, valamint a forrás hiány miatt került sor.

Gázmotoros erőmű:

Gázmotorok	Névleges hőteljesítmény [MW]	Üzembe-helyezés éve	2021-es év üzemórái [óra]
Wärtsilä Finland Oy, 18V34SG, földgáz	5,88	2002	5387

	Wärtsilä Finland Oy, 18V34SG, földgáz	5,88	2002	4193
	Wärtsilä Finland Oy, 18V34SG, földgáz	5,88	2003	5112
Összes beépített hőteljesítmény:		17,7 MW		

2. táblázat Gázmotoros erőmű

Gőzkazánok:

Gőzkazánok	Névleges hőteljesítmény [MW]	Üzembe- helyezés éve	2021-es év üzemórái [óra]
Láng Gépgyár HLG 4/12, földgáz	2,6	2002	3764
Láng Gépgyár HOK 12/12, földgáz	7,8	1981	2387
Láng Gépgyár HLG 12/16, földgáz	7,9	1989	2590
Vulcan HOK 12/12, földgáz	7,8	1980	üzemen kívül
Összes beépített kazánteljesítmény:		26,1 MW	

3. táblázat Gőzkazánok

Geotermikus hőellátás

PannErgy az általa létesített és üzemeltetett geotermikus kutakból biztosít hőenergiát Győr-Szol Zrt. részére. Három termelő kút van Böny térségében, -ahol a hőközpont is található-, a két visszasajtoló kutak Péren vannak. A geotermia szekunder lágyvizet rendszerén keresztül kb. 1.115 m³/h 94°C paraméterű fűtővíz kapacitás áll rendelkezésre. Elosztásából szerződéses partnerei közül, az AUDI Hungária Zrt. mintegy 0-480 m³/h térfogatáramú 94 °C hőmérsékletű fűtővizet kap. Ezzel szemben a Győr-Szol Zrt. a fennmaradó cca. 635 m³/h, 94°C fűtővizet, és ehhez hozzá keverve a maximum 450 m³/h mennyiségű, fűtési szezonban átlagosan 70-74 °C hőmérsékletű Audi Hungária Zrt. által már lehűtött, úgynevezett visszatérő hőmérsékletű fűtővizet kap. Győr-Szol Zrt.-be vezetett fűtővíz mennyiségének/hőmérsékletének szabályozását a Hűtőház közelében található elosztóaknába telepített programozható automatikus keverőszelep végzi az adott időjárási, pillanatnyi fogyasztás és a hőigényeknek megfelelően.

Minden év november 30-ig az Operatív hőszolgáltatási szerződésben kerül rögzítésre a következő évi várható geotermikus hőátadás, hőátvétel. A Hosszú távú hőenergia szállítási szerződés 2022 évi módosítása - a hőátvétel prioritási sorrendjében a geotermikus energia első helyre került, és így a teljes nyári hőigényt a geotermikus energia szolgálja ki. A 2022. évi

Operatív hőszolgáltatási szerződésben rögzített értékeket a következő táblázat mutatja:

HÓNAP	GJ
2022. január	70000
2022. február	63000
2022. március	75000
2022. április	55000
2022. május	34000
2022. június	25000
2022. július	24000
2022. augusztus	24000
2022. szeptember	29000
2022. október	75000
2022. november	77000
2022. december	78000
Összesen:	629000

4. táblázat 2022.évi hőátvétel

A névleges beépített teljesítmény: 45 MWth

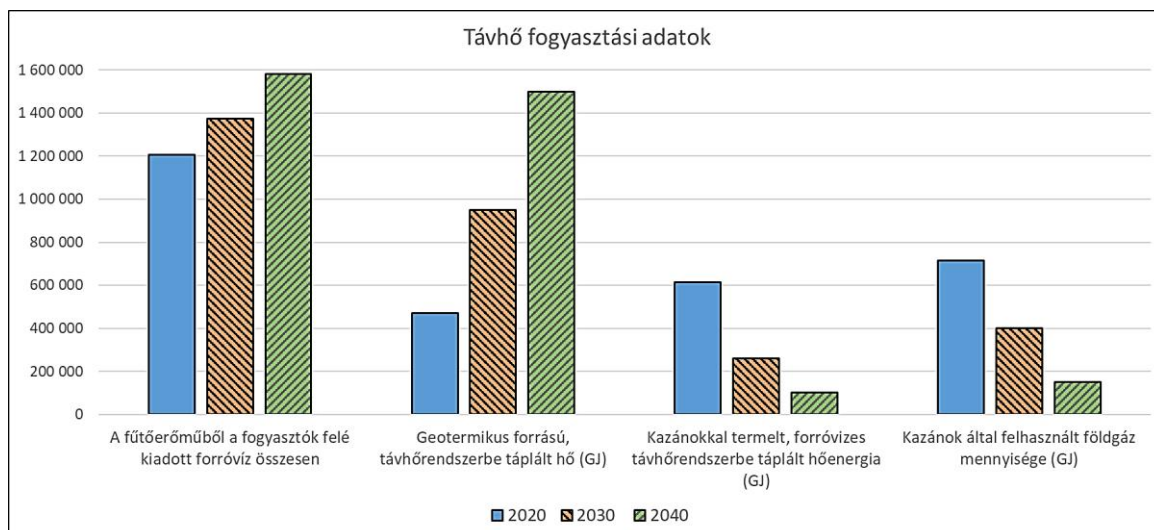
Az átvehető teljesítmény függ a keringtetett tömegáramtól és a hőcserélőben áramló közegek közti hőmérsékletkülönbségtől. Az AUDI Hungaria Zrt. hőelvételének hatása már bele van foglalva az érkező vízhőmérsékletben.

A szerződés szerinti vállalás, hogy min. 45 l/s térfogatáramot biztosítanak számunkra minden időben.

Győr-Szol Zrt. hőforrásainak éves energia termelését az alábbi táblázatban és diagramban szemléltetjük. Illetve a diagramban előre vetítjük a jövőbeli energiatermelés várható változásait.

Év	A fűtőerőműből a fogyasztók felé kiadott forróvíz	Geotermikus forrású, távhőrendszerbe táplált hő (GJ)	Geotermikus forrású, távhőrendszerbe táplált hő aránya a teljeshez képest (%)	Gázmotorokkal termelt távhőrendszerbe táplált hőenergia (GJ)	Gázmotorokkal termelt távhőrendszerbe táplált hőenergia aránya a teljeshez képest (%)	Kazánokkal termelt, forróvízes távhőrendszerbe táplált hőenergia (GJ)	Kazánokkal termelt forróvízes távhőrendszerbe táplált hőenergia aránya a teljeshez képest (%)
2020	1 204 738	470 644	39%	120 398	10%	613 696	51%
2021	1 283 555	528 917	41%	214 204	17%	540 434	42%
2022	1 130 128	665 180	59%	418	0,04%	464 530	41%

17. ábra Győr-Szol Zrt. hőforrásainak éves energia termelése



18. ábra Győr-Szol Zrt. hőforrásainak éves energia termelése

Az alábbi táblázatban mutatjuk Győr-Szol Zrt, Miskolci és budapesti távhőellátó rendszerek primer energia átalakítási tényezőjét és megújuló energia részarányát.

Hőszolgáltató megnevezése	Primer energia átalakítási tényező	Távhőellátás megújuló energia részaránya
Győr-Szol Zrt. Távhőszolgáltatási Igazgatóság 2023.január.10 adatok (2022-ra vonatkoznak)	0,5394	0,5857
MIHŐ Miskolci Hőszolgáltató Kft Primer átalakítási tényező és megújuló energia részaránya 2022. évi adatok alapján		
Belvárosi terület	0,3678	0,5811
Avasi terület	0,3634	0,6509
A budapesti távhőellátó rendszerek primerenergia-átalakítási tényezőjének és megújuló energia tartalmának meghatározása – 2020. évi adatszolgáltatás		
Észak-Pest – Újpalota egyesített hőkörizet	0,747	0,111
Észak-Budai Hőkörizet	1,055	0,001
Dél-Pesti hőkörizet	0,727	0
Dél-Budai Hőkörizet	0,76	0
Csepeli Hőkörizet	0,962	0
Zuglói Hőkörizet	0,931	0,001
Rákoskeresztúri Hőkörizet	0,893	0,001
Rózsakerti Hőkörizet	1,115	0,001

19. ábra Győr-Szol Zrt. hőforrásainak éves energia termelése

A táblázatból látható, hogy a győri távhőszolgáltatás alacsony primer átalakítási tényezővel és magas megújuló energia részarányal rendelkezik, ami mindenképpen azt a kedvező helyzetet tükrözi vissza, hogy a távhő előállításban a geotermia, mint megújuló energiaforrás részaránya magas.

A távfűtés hatékonyság javítására az alábbi lehetőségeket vizsgáltuk meg:

1. Az épületek hőigényének csökkentése utólagos hőszigeteléssel, nyílászáró cserével, az épületeken belüli fűtési rendszerek felújításával, annak érdekében, hogy a fűtési rendszerek szabályozhatóak, a fűtési energia mérhető legyen. Ennek köszönhetően a felhasználók ösztönözve legyenek az energia takarékosagra.

2. Távfűtési hőközpontok korszerűsítésével, jobb szabályozhatóság, felügyelet és energia hatékonyság növelése érdekében.

3. A megújuló energiaforrások, például napenergia, biomassza, vagy hidrogén felhasználás bevezetése, a geotermikus energia növelése a fosszilis tüzelőanyagoktól való függőség csökkentése érdekében.

4. Az ipari folyamatokból, energiatermelésből származó hulladékhő vagy természetben rendelkezésre álló hő felhasználása a távfűtési rendszer kiegészítésére. Amennyiben a hulladékhő magas hőmérsékleten, a távfűtési rendszer hőmérsékletének megfelelő hőmérséklet szinten rendelkezésre áll, akkor annak a távfűtésbe történő betáplálása közvetlenül megvalósulhat. Amennyiben a hulladékhő alacsonyabb hőmérsékleten áll rendelkezésre, mint a távfűtés hőmérséklet szintje, abban az esetben hőszivattyú berendezéssel, elektromos energiafelhasználással a távfűtés hőmérséklet szintjére kell emelni, és így táplálható be a távfűtésbe.

5. Elektromos hálózat kiegyenlítés céljából, az elektromos rendszer irányítója által vezérelt módon történő elektromos hálózatba be és kitáplálás a meglévő gázmotorok üzemeltetésével és új elektromos kazánok beépítésével. Az elektromos hálózat kiegyenlítésére kedvező gazdasági megállapodások köthetők az elektromos energia kereskedőkkel, ennek köszönhetően nagyon kedvező áron valósulhat meg ezekkel a berendezésekkel az energiatermelés.

Itt jegyezzük meg, hogy geotermikus szolgáltatóval érvényes szerződés értelmében, elsődleges hőellátó forrás a geotermia, új hőforrások bevitelét egyeztetni kell a geotermia szolgáltatóval.

6. Távfűtési hálózat bővítése, rugalmasságának növelése, új, alacsony hőmérsékletű fogyasztók távfűtésre történő csatlakoztatásával, új hőtermelő berendezések kiépítésével.

7. Korszerű vezérlőrendszerek alkalmazása a rendszer működésének optimalizálása és az energiafogyasztás csökkentése érdekében. A terheléskezelés optimalizálása a hőigény és a hőellátás összehangolása érdekében. Intelligens mérés és a fejlett analitika felhasználása a

rendszer általános teljesítményének javítása érdekében. Itt szeretnénk kiemelni a távfűtési rendszer előremenő hőmérsékletének csökkentését, aminek köszönhetően növekszik a megújuló energiaforrások felhasználásának lehetősége.

Célként javasoljuk a távfűtési rendszer energia termelésének fosszilis energiától történő függetlenségét, megújuló energiával való kiváltását.

Fenti javaslatainkat az alábbiakban részletezett megoldásokkal látjuk megvalósíthatónak.

5.1.2. Energiafelhasználás csökkentése, épületek rekonstrukciója, felújítás hőszigetelés

Az épületek hőszigetelésével kapcsolatban az alábbi adatszolgáltatást kaptuk a Győr-Szol Zrt.-től:

<i>Lakóépületek saját hőközpontról ellátva:</i>	<i>771 db</i>
<i>Ebből szigeteletlen:</i>	<i>446 db</i>
<i>A szigeteletlen lakóépületek tervezői hőigénye:</i>	<i>93 864 kW</i>
<i>Teljes szigetelés utáni hőigény:</i>	<i>61 012 kW</i>

<i>Lakóépületek idegen hőközpontról ellátva:</i>	<i>51 db</i>
<i>Ebből szigeteletlen:</i>	<i>13 db</i>
<i>A szigeteletlen lakóépületek tervezői hőigénye:</i>	<i>2 122 kW</i>
<i>Teljes szigetelés utáni hőigény:</i>	<i>1 379 kW</i>

<i>Összes távhőről ellátott lakóépület:</i>	<i>822 db</i>
<i>Ebből szigeteletlen:</i>	<i>459 db</i>
<i>A szigeteletlen lakóépületek tervezői hőigénye:</i>	<i>95 986 kW</i>
<i>Teljes szigetelés utáni hőigény:</i>	<i>62 391 kW</i>

Az épületek teljes szigetelése utáni hőigényt az eredeti tervezői hőigény 65 %-ával vettük figyelembe. A győri távhőellátási rendszerre ezen kívül jelentős számú közületi felhasználó (oktatási, egészségügyi intézmények, irodaházak, ipari létesítmények stb.) csatlakozik, ezeket az adatszolgáltatásnál nem vettük figyelembe.

A Győr-Szol Zrt. tulajdonában lévő hőközpontok között megkülönböztetünk több, egymástól független épületet (létesítményt) ellátó, ún. szolgáltatói hőközpontot, illetve a csak egy épület hőenergia- ellátását biztosító felhasználói hőközpontot.

Azon hőközpontok, amelyek nincsenek a Szolgáltató tulajdonában (idegen tulajdonú hőközpontok), felhasználói hőközpontként üzemelnek.

A Győr-Szol Zrt. tulajdonában lévő hőközpontok fűtési körei esetében minőségi szabályozás valósul meg, a fűtővíz hőmérsékletét a külső hőfok függvényében DDC szabályozók állítják be, jellemzően 75/60 °C-os hőfoklépcsővel a leghidegebb időben.

Felhasználói hőközpontról ellátott épületek a saját hőközpontjaikról közvetlenül kapnak ellátást, a szolgáltatói hőközpontokról ellátott, ún. kapcsolt épületek viszont a hőközpontból kiinduló szekunder vezetékhalózatra az épületük hőfogadójával csatlakoznak. A hőfogadókban statikus módon, beszabályozó ferdeszelepekkel állítható be az adott épület szükséges fűtési vízmennyisége, és itt történik az épületek költségmegosztó hőmennyiségmérése is.

A fűtőkorszerűsítésen átesett épületek esetén a felhasználók a hőleadók elé beépített termosztatikus radiátorszelepekkel saját igényeiknek megfelelő helyi szabályozást valósíthatnak meg.

Újabb, eleve korszerű fűtési rendszerrel létesült épületek esetén gyakran lehetőség van az épületrészenkénti (lakás, üzlet) szabályozásra is, termosztátról működtetett zónaszelepek révén.

A 90-es évek közepétől létesített új épületek már vízszintes elrendezésű fűtési rendszerrel és a fűtési hőfelhasználást mérő, egyedi, költségmegosztó hőmennyiségmérővel valósultak meg.

A távhőrendszerre kapcsolódó hőközpontok tulajdon szerinti megoszlása:

Összes hőközpont:	459 db
Szolgáltatói hőközpontok:	101 db (22 %)
Saját tulajdonú felhasználói hőközpontok:	164 db (35 %)
Idegen tulajdonú felhasználói hőközpontok:	194 db (43 %)

A távhőrendszerről kiszolgált épület- és lakásállomány megoszlása:

Ellátott összes épület:	1120 db
Ellátott lakóépület:	822 db
Költségmegosztóval felszerelt lakóépület:	372 db (45 %)
Egyedi hőmennyiségmérővel felszerelt lakóépület:	78 db (9 %)

Ellátott összes lakás:	25 173 db
Költségmegosztóval felszerelt lakás:	10 658 db (42 %)
Egyedi hőmennyiségmérővel felszerelt lakás:	2114 db (9 %)

A lakóépületek utólagos hőszigetelésével, amennyiben az nyílászáró cserével és fűtőkorszerűsítéssel párosul, az utóbbi években már összességében kb. 50 %-os fűtési energia megtakarítás érhető el. Amennyiben az utólagos hőszigetelés fűtőkorszerűsítés nélkül valósul meg, megtakarítás gyakorlatilag nem jelentkezik, csupán a belső hőmérséklet lesz 2-3 °C-kal magasabb.

A hőközponti fűtési menetrendet – ami a méretezési külső hőmérsékletnél jellemzően 75/60 °C-os hőfoklépcső – a felhasználó (az épület tulajdonosi közössége) kérésére módosítja a szolgáltató. Szolgáltatói hőközpont esetében ehhez az egy fűtési hőcserélő blokkról ellátott

felhasználók 70%-nak egyetértése szükséges.

Azon szolgáltatói hőközpontok esetén, ahol az egy fűtési blokkról ellátott épületek közül nem mindegyikben történt meg az energetikai korszerűsítés, a még korszerűsítésen át nem esett épület megfelelő fűtése érdekében nincs is erre lehetőség. A fűtési menetrend megváltoztatása akkor sem feltétlenül indokolt, ha a felhasználói hőközpontról ellátott épületben, vagy a szolgáltatói hőközpont egy fűtési blokkjáról ellátott valamennyi épületben megvalósul az energetikai korszerűsítés, ugyanis a változatlan menetrenddel biztosítható, hogy minden lakó számára megfelelő (akár a korábbinál magasabb) belső hőmérsékletet állíthassa be a termosztatikus radiátorszelepekkel.

Javaslat:

1. Épületek hőszigetelése, nyílászáró cseréje, és ezzel párhuzamosan a fűtési rendszer felújítása, szabályozhatóvá tétele, a lakások által felhasznált hő költségmegosztó mérése, egyedi hőmennyiségmérőkkel, vagy hőleadónként teljeskörűen felszerelt elektronikus költségmegosztókkal. Ennek az intézkedésnek következtében jelentősen csökkenhet a fogyasztók hőfelhasználása. Ehhez pályázati források biztosítása, valamint az Önkormányzat további ösztönző kiegészítő támogatása (korábbi gyakorlat szerint) lenne szükséges.

2. A szolgáltatói hőközpontok szétválasztása, helyettük épületenként felhasználói hőközpontok létesítése. A korszerűtlenné vált, az építésükkel egy idős (40-50 éves) szekunder csőhálózat kiváltásaként, az új, épületenkénti hőközpontokat ellátó, előszigetelt primer csőhálózat létesítése. A felhasználói hőközpontokkal megvalósítható az épületenkénti szabályozhatóság, csökken a fűtési és melegvízrendszerek keringtetésére fordítandó villamosenergia, ugyanakkor az előző pontban javasolt intézkedés következtében megvalósulhat a csökkenő hőigénynek megfelelő hőenergia ellátás. Az előszigetelt, közvetlenül földre fektethető primer távhővezetékek létesítésének köszönhetően csökken a hálózati hőveszteség, a rendszer üzembiztonsága pedig növekszik. A távhőrendszeren jelenleg üzemelő 101 db szolgáltatói hőközpont szétválasztására vonatkozó, Szolgáltató által becsült beruházási költség jelenértéken: nettó 14-15 milliárd Ft. A finanszírozásnál pályázati források is figyelembe vehetők, amennyiben az ahhoz szükséges önerő is rendelkezésre áll.

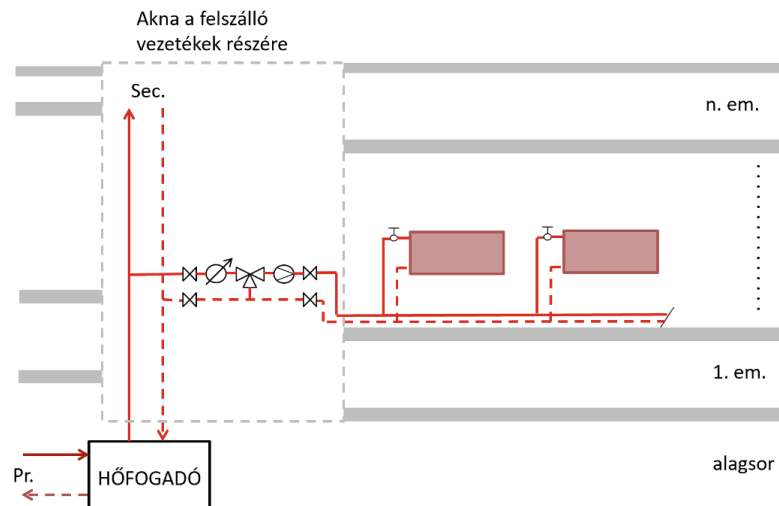
Kormányhatározat van egycsöves távfűtési rendszer átalakításáról, amely szerint a távhőszolgáltató kötelezett ennek a munkának a leszervezésre. 7 milliárd Forint van elkülönítve erre a célra, az ilyen jellegű távfűtéses lakások számát figyelembe véve, 300-350.000 Forint összeg áll rendelkezésre egy lakásra, ebből az összegből sajnos nem valósítható meg ez az átalakítás. További pályázatok és társasház közösségek hozzájárulása szükséges egy-egy épület, vagy lépcsőház fentebb jelölt modernizálásához.

Az alább szemléltetett rekonstrukcióra van már megvalósított pilot projekt, egy többszintes ház teljeskörű strang cseréje jól szervezett módon 1 napon belül biztosítható volt. Fűtéskorszerűsítés esetén alapvető elvárás a hőleadónkénti szabályozhatóság és a költségosztás

lehetőségének megteremtése. Az említett kormányrendeleti kötelezettség minimális beavatkozásra vonatkozik.

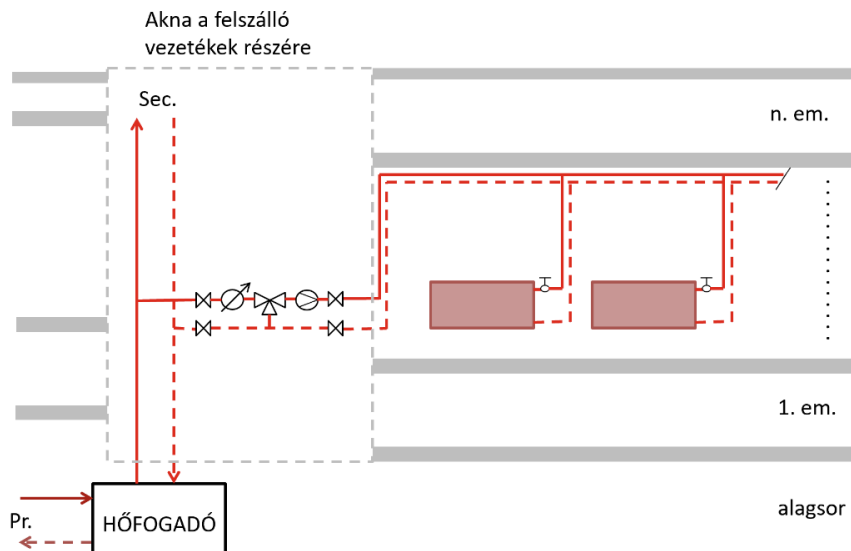
Alábbi ábrákon egy nagyon kedvező, lakásonként önállóan szabályozható, mérhető fűtési rendszert, az úgynevezett etázsűtést ábrázoltunk. A 90-es évektől már alapvetően hasonló elv szerint készültek a távfűtéses lakások fűtési rendszerei.

Séma a padlóban vezetett fűtés-ágvezetékek esetén

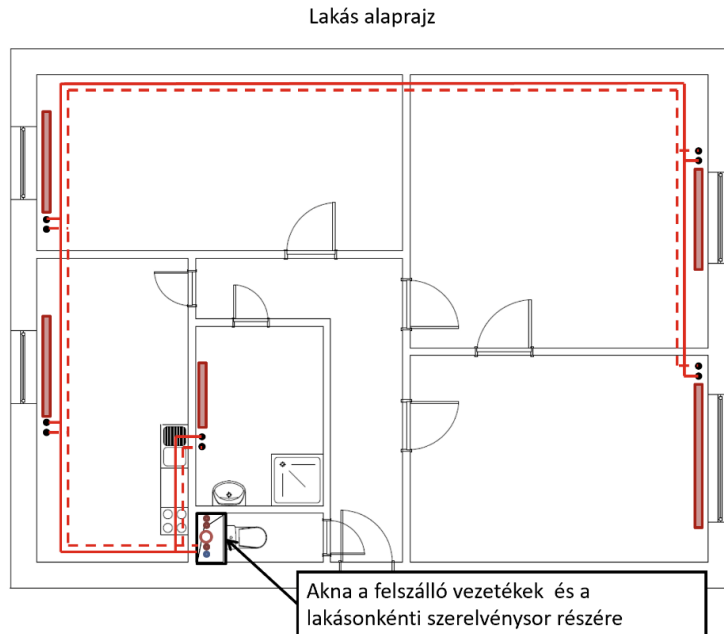


20. ábra Etázsűtés

Séma a mennyezetén vezetett fűtés-ágvezetékek esetén



21. ábra Etázsűtés



22. ábra Etázhűtés



23. ábra Etázhűtés strang

A fogyasztói hőközpont modernizálása, felújítása során egyszerűbb és olcsóbb módon is megvalósítható a lakások szabályozhatósága és teljesítmény mérése, a meglévő strangok megmaradásával, egycsöves rendszer kormányhatározat szerinti átalakításával, fűtőtestenkénti átkötőszakasz, termostatikus szabályzószелеp és elektronikus költségmegosztó beépítésével. Megvalósulás esetén, a megfelelő hely és terület felmérése szükséges.

Amennyiben a fent részletezett valamelyik rekonstrukció megvalósul, akkor csökken az

épületek hőigénye, a meglévő távhőrendszer teljesítmény igénye, ezáltal csökkenthető az előremenő vízhőmérséklet és a jelenlegi fosszilis tüzelőanyaggal, földgázzal üzemelő kazánok által termelt hőmennyiség, növelhető a geotermia fűtés részaránya, további megújuló energiaforrások felhasználásának a lehetősége.

1. Az épület hőigényének csökkenését a hővédelem fokozása, a szabályozhatóság megteremtése és a felhasználói szokások esetleges változása együttesen befolyásolja. Ezek közül a szabályozhatóság megteremtése csak kis hőigény csökkenést eredményez.

2. A fűtési rendszerek szekunder hőmérsékletét az elvart komfortszint, a módosult hőigény, valamint a rendelkezésre álló fűtőfelület határozzák meg. A Győr-Szol Zrt. munkatársainak tapasztalatai szerint, a fűtőkorszerűsítésen átesett épületek esetében az előremenő fűtési menetrend 2-3 °C-kal csökkenthető. Nagyobb fűtőfelület alkalmazásával a fűtővíz hőmérséklete tovább csökkenthető lenne, de ez jelentős többletköltséget eredményezhet a felhasználói oldalon.

3. Az alacsonyabb hőmérsékletű primer fűtővíz alkalmazhatóságánál a hőközponti elemek, primer hálózat, hőtermelés közös üzemi elemeinek alkalmasságát is vizsgálni kell.

5.1.3. Biomassza

A biomassza közkeletű definíciója: biológiai úton előállt szervesanyag-tömeg. A biomassza tehát egy gyűjtőfogalom, minden biológiai eredetű anyag ide tartozik. Halmazállapotuk szerint megkülönböztetünk szilárd, folyékony és gáznemű biomasszát. Ezen biomasszák energetikai hasznosítása nélkülözhetetlen eleme az energiaátmenetnek. A gáznemű biomasszák hasznosítását (pl.: depónia-gáz, biogáz) külön fejezetekben tárgyaljuk. A folyékony biomasszák előállítása költségesebb és elsődlegesen a közlekedésben használják (bioetanol, biometanol). A folyékony biomasszákkal ezen okokból kifolyólag jelen tanulmány nem foglalkozik.

Energetikai szempontból nagy jelentősége van a szilárd biomasszáknak, amelyeket elsődlegesen tüzelés útján hasznosítanak, de léteznek biomassza elgázosítók is, ahol a szilárd biomasszából gázt fejlesztenek. Ennek előnye, hogy az éghető gázokat jóval egyszerűbb kedvező energetikai hatásfokkal hasznosítani.

A biomasszák égetése során kibocsájtott szén-dioxid nem tartozik az ETS hatálya alá. Így a biomasszák jelentős árelőnyben részesülnek a fosszilis tüzelőanyagokhoz képest. Szokás a biomasszákat „jogilag karbonsemlegesnek” is nevezni. A karbonsemlegesség magyarázata, hogy az elégetésükkor a légkörbe kijutó szén-dioxid nem fokozza az üvegházhatást, hiszen a légkörbe emittált szén-dioxid korábban (amikor a biomassza termelődött) szintén a légkörből lett megkötve. Természetesen, mint minden energetikai rendszer a biomasszák is komplex rendszerszerű szemléletmódot igényelnek. Alkalmazása során csak akkor tekinthető a biomassza megújuló energiaforrásnak, amennyiben a kitermelés mértéke nem haladja meg a visszatermelődés mértékét (fenntarthatóság). A fenntarthatóság azonban a legtöbb biomassza esetén biztosítható.

A növényi eredetű biomasszát fitomasszaként, míg az állati eredetű biomasszát zoomasszaként említi a szakirodalom. Megkülönböztetünk továbbá első-, másod-, és harmadlagos biomasszákat. Elsődleges biomassza a természetes vegetáció során előállt növények, termények tömege. Másodlagos biomassza az állatvilág és az állattartás során keletkezett főtermékek. Harmadlagos biomassza pedig a biológiai eredetű anyagokat felhasználó iparok melléktermékei és hulladékai. Fenntarthatósági szempontból a legkedvezőbb a harmadlagos biomasszák felhasználása, amely a többi (nem energetikai) iparágak számára nem hasznosítható hulladék. Azonban számos esetben elsődleges biomasszák kerülnek felhasználásra mennyiségi és minőségi okokból. Erre tipikus példa a kukoricából előállított bioetanol, amely ugyan elsődleges biomassza (amely egyéb célokra is hasznosítható) azonban megfelelő minőségű bioetanol előállítására is alkalmas. Fontosnak találjuk megjegyezni, hogy az elsődleges biomasszák energetikai hasznosítása sem kerülendő, hiszen felhasználás által támasztott kereslet jótékonyan hathat az elsődleges biomasszák termelésébe való befektetésre is, amely végső soron erősíti a fenntarthatóságot és segíti a körforgásos gazdaság kialakulását.

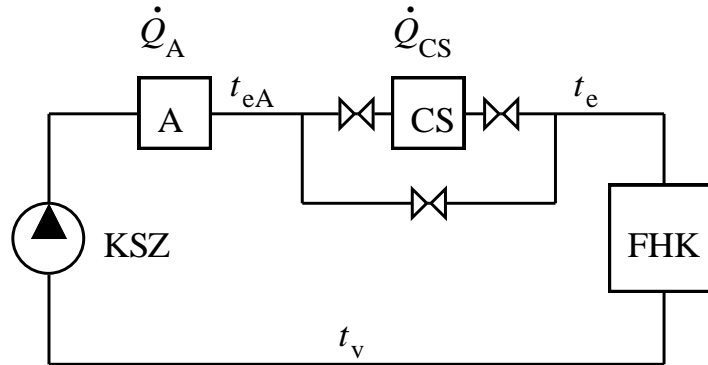
A szilárd biomassza hasznosítása történhet közvetlen (csak hő vagy villamosáram) energiatermeléssel. Illetve a hatékonyabb kapcsolt (hő és villamosenergia) termeléssel. A kapcsolt energiatermelés primerenergia megtakarítással jár, így energetikai szempontból kedvezőbbnek mondható. Azonban a szilárd biomasszára elérhető kapcsolt energiatermelési technológiák magas bekerülési költséggel rendelkeznek. További kérdés a kapcsolt termelés esetén a geotermia szerepe. Mivel a kapcsolt termelés megvalósítása tőkeintenzív beruházást igényel, csak úgy lehet gazdaságos, ha minél jobb kihasználtságot érünk el. Ez azonban csak a geotermia háttérbe szorításával érhető el. Ebből kifolyólag elsődlegesen a közvetlen hőtermelést vizsgáltuk fűtőművi kivitelben, amely a geotermikus forrást kiegészítené a fűtési időszakban, amikor a geotermikus forrás minőségi (hőmérséklet) és mennyiségi (teljesítmény) szempontból nem elégséges.

A biomassza fűtőművi koncepció egy (vagy több) biomassza tüzelésű forróvíz kazán beépítését vetíti előre. A koncepció egyik előnye az alacsony fajlagos beruházási költség és az, hogy a jelenlegi geotermikus hőforrást jól kiegészítheti tovább növelve a megújuló energia részarányát az energiamixben.

A jelenlegi hőtermelés során a geotermia, mint alap hőforrás áll rendelkezésre. Azonban a geotermikus hőforrás mind mennyiségében (energia), mint minőségében (hőmérséklet) nem elégséges a külső hőmérséklet csökkenésével. A külső hőmérséklet csökkenésével egy előre meghatározott menetrend szerint növelni kell a rendszerben az előremenő hőmérsékletet. Abban az esetben, ha a geotermiáról már nem lehet biztosítani a szükséges előremenő hőmérsékletet egy csúcshőforrás segítségével növelik tovább a forróvíz hőmérsékletét. Ezt az elrendezést nevezzük alap és csúcshőforrások soros kooperációjának. Ez a csúcshőforrás jelenleg földgáztüzelésű forróvíz kazánokat jelent, de ezek (részben) kiválthatók egy biomassza forróvíz kazánal is.

Fontos szempont egy új hőtermelő rendszerbe illesztésének a vizsgálatokor, hogy a rendszerben lévő többi termelő közül melyeket szorítja háttérbe. Erre a kérdésre

legegyszerűbben a hőtermelő által biztosítható hőmérséklet szintek összehasonlításával kaphatunk magyarázatot. Mivel a biomassza forróvíz kazánokkal akár 130–140°C-os előremenő hőmérséklet is elérhető, ezért ezek elsősorban a hasonló előremenő hőmérséklet biztosítására alkalmas földgázkazánokat váltják ki.



24. ábra Hőtermelők soros kooperációja [15]

Az 24. ábrán látható kapcsolásban „A” jelű az alap „CS” jelű a csúcshőforrás. Látható, hogy a csúcshőforrás szükség esetén kiszakaszolható a rendszerből. Ebben az esetben a fűtési hőkörzet (FHK) csak az alap hőforrás látja el. A soros kooperáció alapvető mérlegegyenleteit az alábbiakban mutatjuk be:

$$\dot{Q}_f = \dot{Q}_A + \dot{Q}_{CS} \quad (6)$$

ahol:

- \dot{Q}_f : a teljes fűtési hőteljesítmény igény [MW]
- \dot{Q}_A : az alap hőforrás hasznos hőteljesítménye [MW]
- \dot{Q}_{CS} : a csúcshőforrás hasznos hőteljesítménye [MW]

Amennyiben csak az alap hőforrás üzemel (azaz fennáll $t_e = t_{eA}$)

$$\dot{Q}_f = \dot{Q}_A = \dot{m} \cdot \bar{c}_p \cdot (t_{eA} - t_v) \quad (7)$$

ahol:

- \dot{m} : a távhőrendszerben keringő hőhordozó tömegárama [kg/s]
- \bar{c}_p : a hőhordozó átlagos fajlagos hőkapacitása [kJ/(kg K)]
- t_{eA} : az alap hőforrás előremenő hőmérséklete [K]
- t_v : a távhőrendszerben visszatérő hőhordozó hőmérséklete [K]

Amennyiben az alap hőforrás előremenő hőmérséklete már nem elegendő, azt a csúcshőforrás üzembehelyezésével növelik tovább (azaz fennáll $t_e > t_{eA}$).

$$\dot{Q}_f = \dot{Q}_A + \dot{Q}_{CS} = \dot{m} \cdot \bar{c}_p \cdot (t_{eA} - t_v) + \dot{m} \cdot \bar{c}_p \cdot (t_{eCS} - t_{eA}) \quad (8)$$

ahol:

- t_{eCS} : a csúcshőforrásból kilépő (előremenő) közeg hőmérséklete [K]

Nyári HMV üzemben a keringtetett tömegáram alacsonyabb ezért a teljesítmény egyenlet

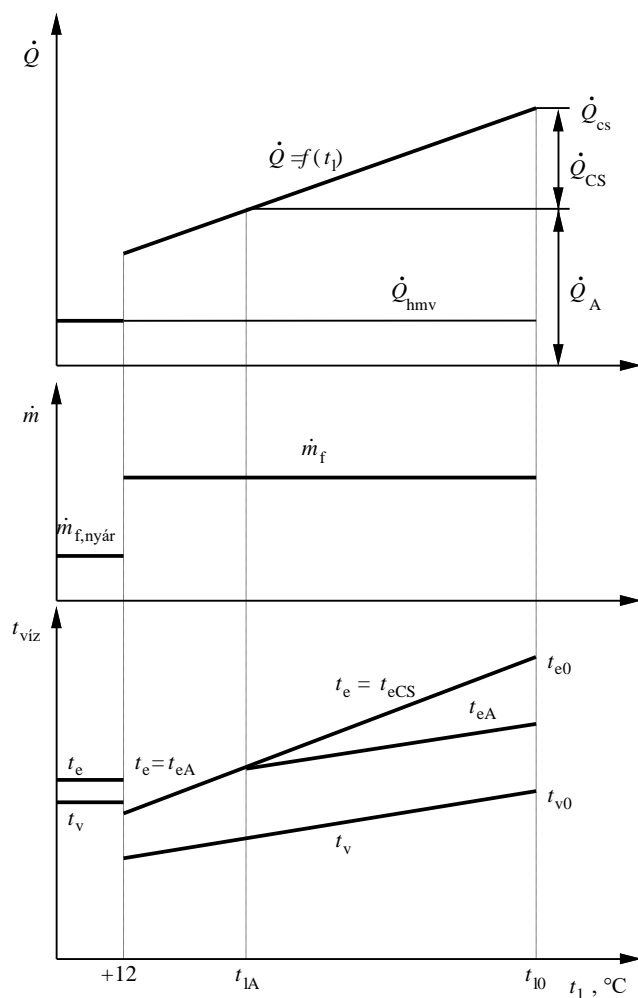
is módosul kis mértékben.

$$\dot{Q}_{HMV} = \dot{Q}_A = m_{f,nyár} \cdot \bar{c}_p \cdot (t_{eA} - t_v) \quad (9)$$

ahol:

- $m_{f,nyár}$: a nyári üzemben keringtetett tömegáram [kg/s]

A szabályozási diagramok (állandó tömegáramú szabályozást feltételezve) a 25. ábrán láthatók. Tisztán állandó tömegáramú szabályozás esetén fűtés indításkor maximális tömegáram kerül keringtetésre és a fűtési teljesítmény változása az előremenő (és a visszatérő) hőmérséklet növelésével nő. A gyakorlatban sose tisztán állandó tömegáramú szabályozást valósítanak meg. Az egyszerűbb érthetőség kedvéért viszont ezt az ábrázolásmódot választottuk. Az ábrán látható módon a külső hőmérséklet csökkenésével az előremenő hőmérséklet igény nő, egészen t_{1A} külső hőmérsékleti pontig, ahol már nem tudja az alap hőforrás kielégíteni az igényeket (ebben az esetben csak minőségi – hőmérséklet – és nem mennyiségi – teljesítmény – okokból). Amennyiben a külső léghőmérséklet t_{1A} pontra alá csökken üzembe lép a csúcshőforrás. Az ábrázolás annyiban tér el a geotermikus alap hőforrás esetétől, hogy a t_{eA} hőmérséklet t_{1A} pont után is nő, ez viszont geotermikus esetben nem igaz, hiszen a geotermia hőmérséklete állandó. A győri rendszer sajátossága miatt a geotermia hőmérséklete kismértékben csökken is. Hiszen egyre kevesebb élesvizet tudnak a távhő fele szolgáltatni és egyre inkább nő az ipari park által lehűtött geotermia bekeverési aránya, mivel az elsődleges hőfogyasztó az ipari park.



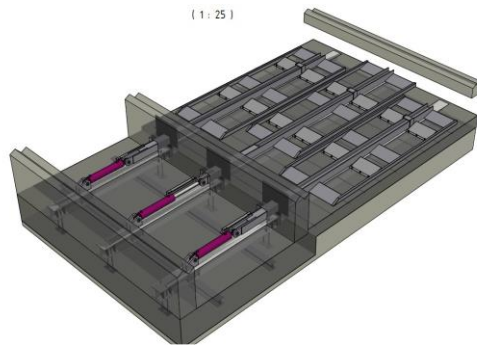
25. ábra Szabályozás diagramok [15]

Az imént bemutatott tapasztalatokból kiindulva olyan csúcshőforrást kerestünk, amely a geotermiát kiegészítve, megújuló forrásból képes távhőt termelni. Ilyen csúcshőforrás a biomassza tüzelésű forróvíz kazán, amelyre két gyártótól érkezett ajánlat. Ezeket az alábbiakban mutatjuk be részletesen.

Polytechnic

A polytechnic egy ausztriai székhelyű kazángyártó, amely kifejezetten fűtőművi célokra gyárt biomassza tüzelésű forróvíz kazánokat. A szállítás során a kazánok kiszolgáló berendezéseit is biztosítja úgy, mint a többfokozatú füstgáztisztítók, léghevítők valamint a tüzelőanyag előkészítő rendszer. A cég jelenleg épülő referenciákkal rendelkezik Kecskeméten, Kaposváron, de több kazánt helyeztek már üzembe, Ausztriába és Romániába (pl.: Kolozsvár) is.

A tüzelőanyag ellátó rendszer egyik első eleme az éklétrás biomassza apríték továbbító. Az éklétrás alapanyag továbbító feladata, hogy a tároló bunkerből kiemelje a tüzelőanyagot és azt a kazán adagoló rendszere fele továbbítsa.

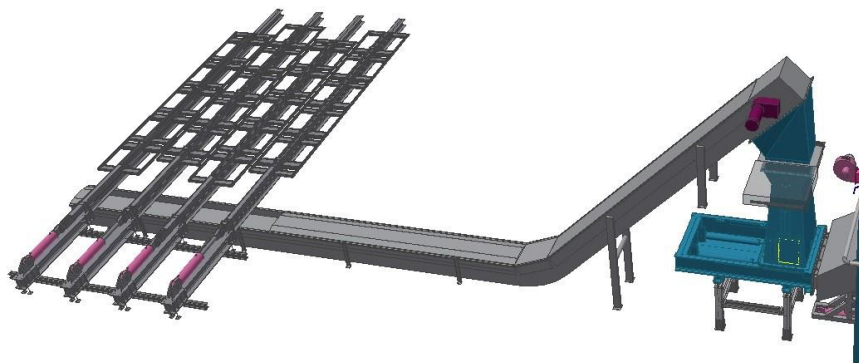


26. ábra Éklétrás biomassza apríték továbbító



27. ábra Éklétrás tüzelőanyag továbbító hidraulikus hajtású

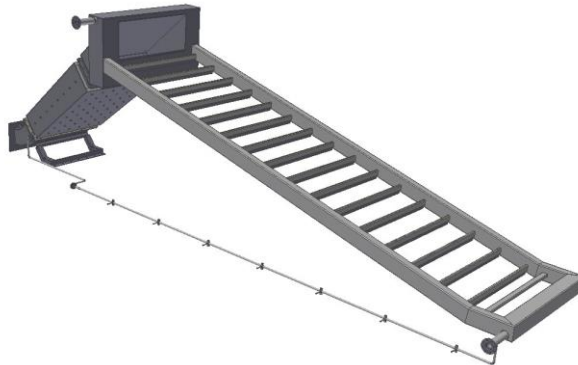
A tüzelőanyagot az éklétrás alapanyag kihordó után kaparóláncokkal (rédler) továbbítják a kazán adagoló rendszere felé.



28. ábra Tüzelőanyagellátó rendszer felépítése

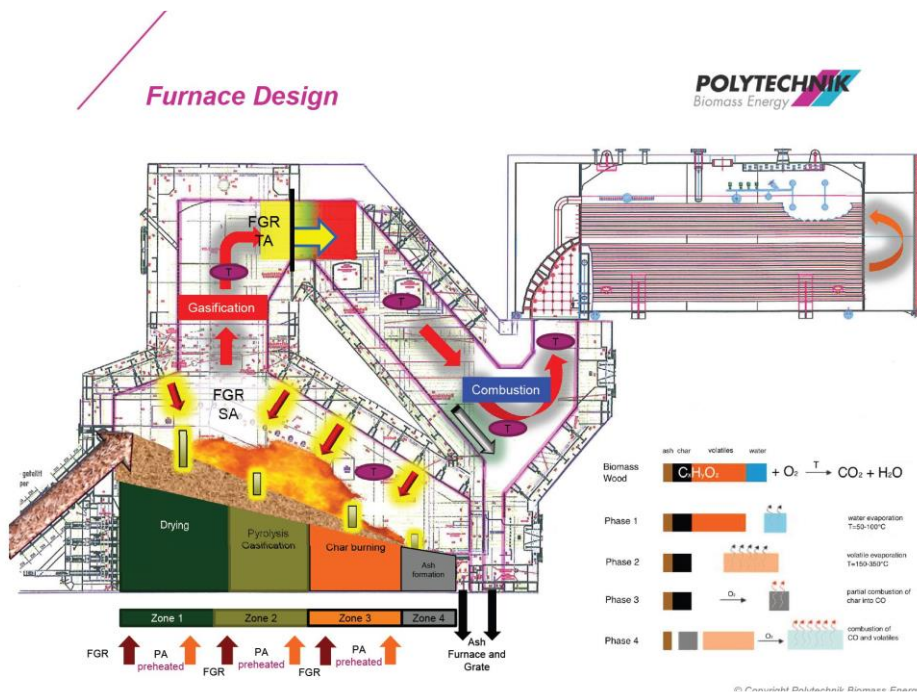
Az adagoló rendszer a tüzelőberendezésbe adagolja a tüzelőanyagot. A tüzelőberendezés rostélytüzelésű, ún.: előtoló vagy lépcsőrostély tüzelés. Az előtoló rostélynál a magasan ötvözött (minimálisan 27% króm tartalmú) rostély elemeken ég ki a tüzelőanyag miközben

mozgatják előre az égő szemcséket és végül a hátramaradt salakot. A rostély vízűtéssel rendelkezik, amelynek hűtése gravitációs elven is megoldott (áramszüneti leállás esetére). A rostély 4 zónára van felosztva (szárító, elgázosító, égető és kihamuzási zónák). A zónák felett szintérezékelők helyezkednek el, amely a tüzelőanyag adagolórendszerét szabályozza.



29. ábra Előtóló rostély felépítése

A rostélyt körülvevő tüzelőberendezés adiabatikus, azaz nincs hőelvonás. Így biztosítható a tüzelőanyag magas hatásfokú kiégése. A teljesíti a 2 másodperces szabályt (azaz a füstgáz legalább 2 másodpercig 850°C-on marad, ezzel biztosítva a szén-monoxid kiégését).



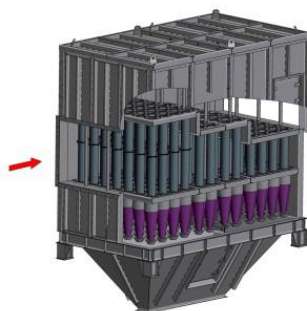
30. ábra Tüzelőberendezés és hőhasznosító berendezés

A kazán samott téglafalazattal van ellátva, amely segít a minél jobb tüzelési hatásfok elérésében. A tüztér nem rendelkezik hőhasznosítással (nem hűtött), csak a rostélyoknál. A tüzelőberendezésből kilépő füstgáz hőhasznosítása egy különálló konvektív hőhasznosítóban történik. A konvektív hőcserélő blokk tisztítása üzem közben sűrített levegővel megoldott, ami

biztosítja a kazán hatásfokának a szinten tartását folyamatos üzemben. A hőcserélőkről lefűvatott korom a kazánba hullik vissza és a salak-pernye útvonalon távozik.

A hőcserélő blokk füstcsöves kivitelű, méretezési hőmérséklete maximum 108°C-os előremenő hőmérsékletet enged meg, 110°C-nál leállítja az automatika a kazánt. A méretezési nyomása PN16. **Ez a hőmérsékletszint a győri rendszerhez nem minden üzemállapotban elegendő**, a további tervezés során érdemes lehet a gyártótól olyan hőhasznosítót kérni, amely képes 130 °C-os előremenő hőmérséklet biztosítására (ekkor a kazántestnek nagyobb nyomást is el kell viselnie, amely füstcsöves kialakítású esetben nehezebben biztosítható, érdemes lehet vízcsöves hőhasznosító alkalmazása).

A kazán füstgáztisztítása kétlépcsős porleválasztásból áll. A többi szennyezőanyag esetén (CO, NO_x, stb. primer intézkedéssel – amely a szennyezőanyag keletkezését gátolja – kell elérni a hatályos jogszabályok betartását). A kétlépcsős füstgáztisztító első eleme egy multiciklon, amely a por jelentős részét leválasztja a füstgázból. A multiciklon után egy elektrosztatikus porleválasztó helyezkedik el. A multiciklon rendszer az elektrosztatikus porleválasztót tehermentesíti. Két lépcsőben a kezdeti 500 mg/Nm³ portartalmat először 150 mg/Nm³-re majd a jogszabályban előírt 20 mg/Nm³-re csökkentik. Ez a portartalom a kibocsájtott füstgázban már szabad szemmel egyáltalán nem látható.



31. ábra Porleválasztó multiciklon (előleválasztó)

A jobb kazánhatásfok érdekében égési levegő előmelegítő rendszerrel is rendelkezik a kazán, amely a kilépő füstgáz hőjét tovább hasznosítja a belépő égési levegő előmelegítésére. Így a kazánt elhagyó füstgáz mintegy 150 °C-ig csökkenthető a gyártói adatok alapján, miközben az égési levegő 80-90 °C kerül hevítésre. Az égési levegő előmelegítés nemcsak a kazán hatásfokát javítja (ezzel csökkentve a szükséges tüzelőanyag mennyiséget), hanem adott esetben nedvesebb tüzelőanyagot is környezetbarát módon tud hasznosítani a berendezés. A nedvesebb, kevésbé jó minőségű tüzelőanyag sok esetben jelentősen olcsóbb. Ezáltal a berendezés gazdaságossága tovább javítható. Egyrészt a jobb hatásfok miatt kevesebb tüzelőanyag kell, másrészt az a kevesebb tüzelőanyag fajlagosan olcsóbb is.

A lakossági szilárd tüzelésű kazánok sem égésilevegő előmelegítővel sem porleválasztással nem rendelkeznek. Ezek az ipari berendezések nagyságrendekkel jobb emissziós értékekkel rendelkeznek és gazdaságosabban működtethetők.



32. ábra Porleválasztó elektrofilter



33. ábra Levegő előmelegítő (LUVO)



34. ábra Égési levegő bevezetések

Fent ismertetett berendezés besült beruházási költsége:

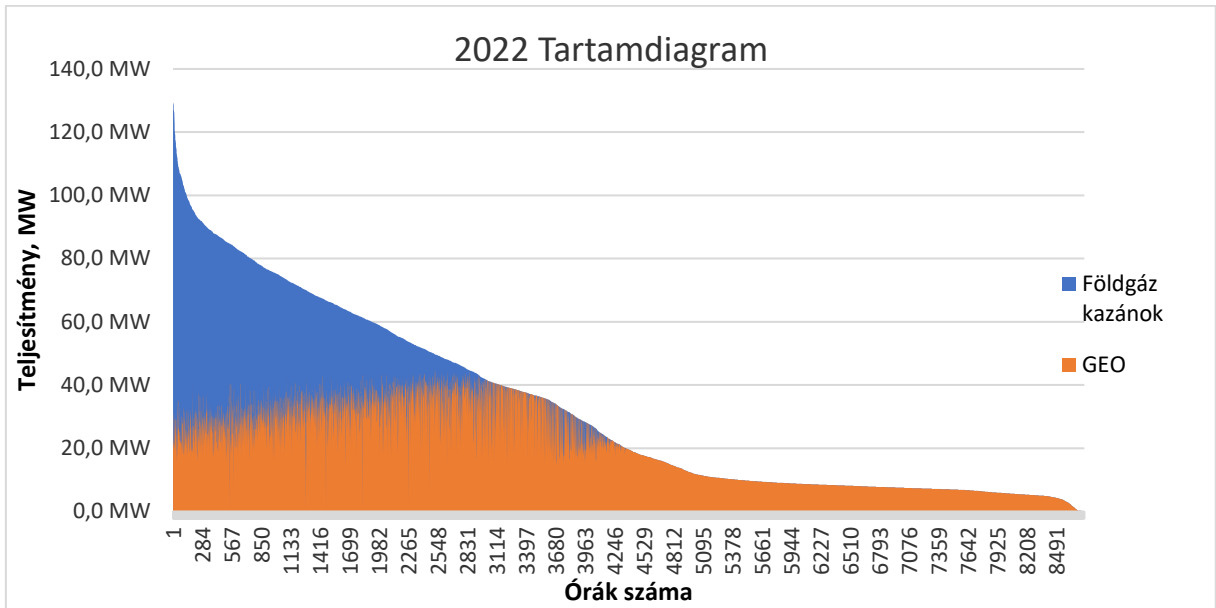
20 MW hasznos hőteljesítmény 6 200 000 EUR

25 MW hasznos hőteljesítmény 7 650 000 EUR

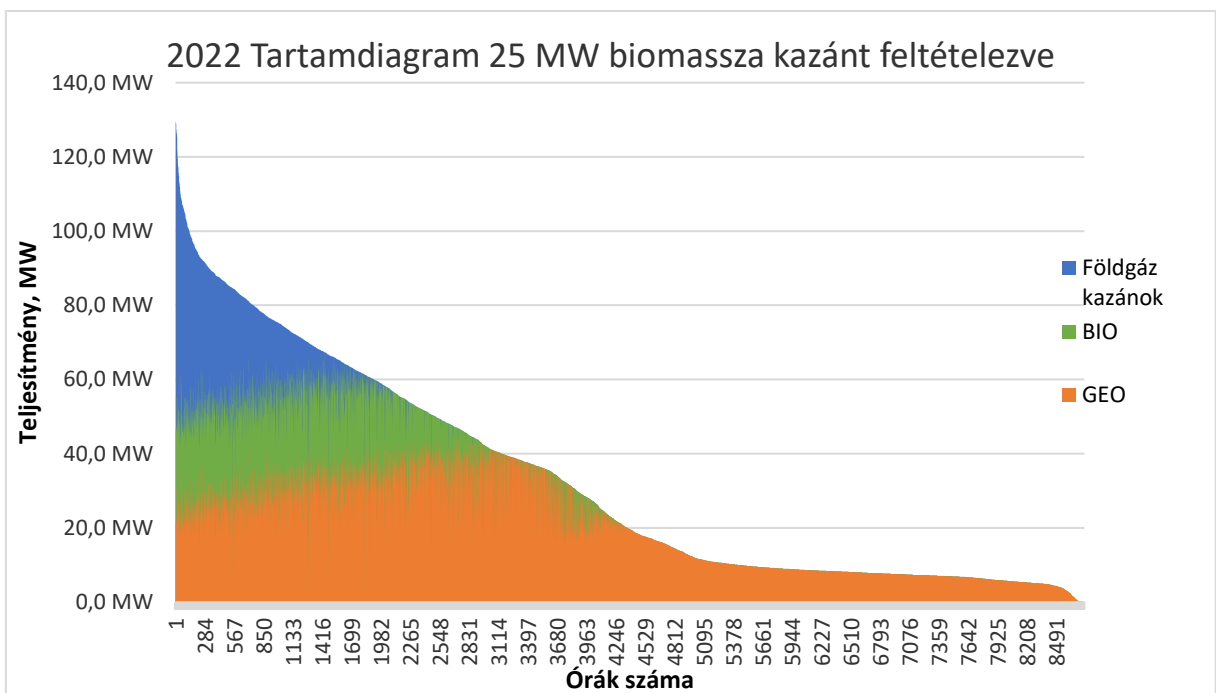
Előzetes megtérülés számításokhoz megbecsültük az adott kazántelesítményekkel elérhető csúcskihasználási óraszámot. Ez az óraszám minél nagyobb a kazán annál jobb megtérülést mutat, hiszen nagyobb a gép kihasználtsága. Mindemellett a csúcskihasználási óraszámot a hőigények és az egyéb már rendszerben lévő termelők is befolyásolják. A modellezéshez a 2022. évi termelési adatokat vettük figyelembe. A modellezés során a biomassza kazánt úgy feltételeztük, hogy teljes egészében a földgáz forróvíz kazánok kiváltására alkalmazzuk, tehát a geotermia elsődlegessége nem sérül, még akkor sem, ha a biomasszával esetlegesen kedvezőbb hő árat lehet elérni. A modellezések során a kazán 30-100% teljesítmények között tudott üzemelni. Természetesen ezen értékeket a lehetséges beszállítókkal később pontosítani szükséges. A vizsgált év sok szempontból különleges volt, amely a modellezésbe bizonytalanságokat visz be. Egyrészt a gázmotorok egyáltalán nem üzemeltek, másrészt kifejezetten enyhe időjárás volt jellemző. Az enyhe időjárás és a gázmotorok üzemszünete miatt, továbbá a geotermiához illesztett üzemvitel okán a geotermia jóval nagyobb részarányt hasított ki a teljes energiamixből, mint korábban. Ezekből kifolyólag feltételezhető, hogy a biomassza fűtőmű kihasználtságát (és ezzel megtérülését) alul becsüljük. Ugyanis hidegebb telek esetén a geotermiáról kiadható hőteljesítmény visszaesik, és így nagyobb kihasználtságot tud elérni a biomassza kazán. A kihasználtság esetén további vizsgálatokat igényel a napi teljesítmény változás lekövetésének a képessége. Amennyiben az éjszakai órákban a távhőigény a hőközponti lekapcsolások miatt nagymértékben lecsökken, a biomassza kazánt is le kellhet terhelni, amelynek korlátait (terhelésváltoztatási képesség) a

44

kazán gyártója tudja megadni. Alapvetően kedvezőtlennek tekintjük az éjszakára esetlegesen visszaterhelt geotermia és biomassza kapacitásokat, ha azt a reggeli csúcsigényeknél földgázzal kell pótolni.

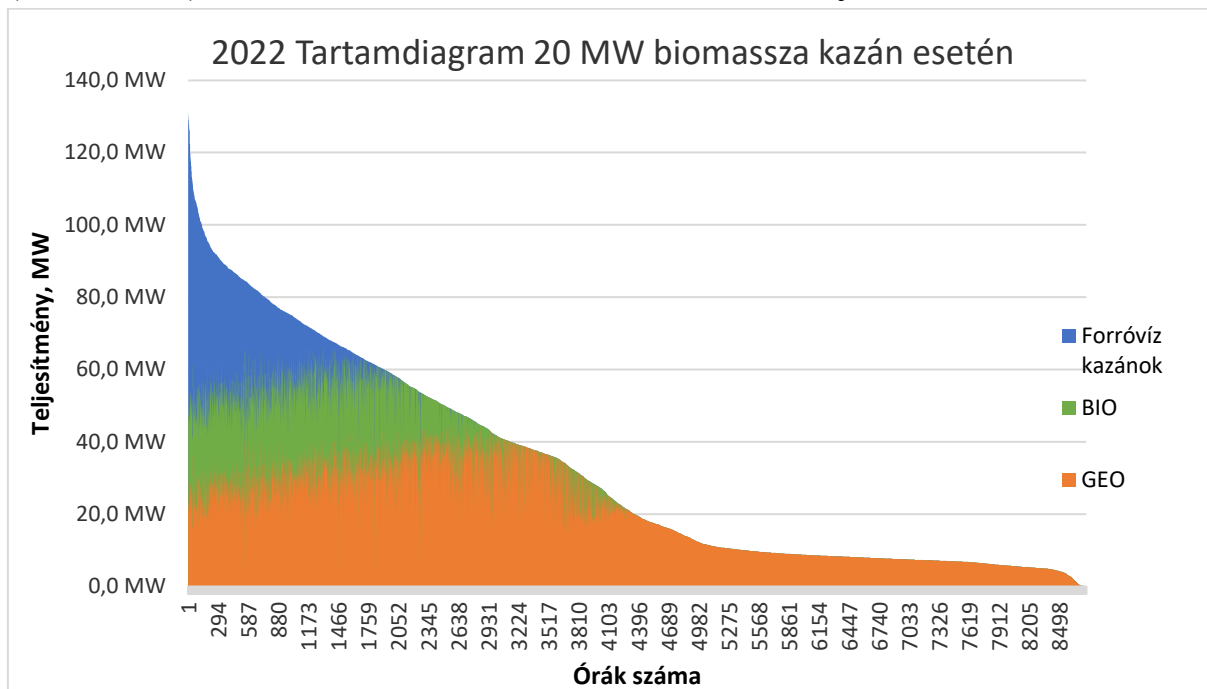


35. ábra 2022 Tartamdiagram



36. ábra 2022 Tartamdiagram 25 MW biomassza kazán esetén

A biomassza kazán csúcskihasználási óraszámában ebben az esetben **2667 h**-ra adódott, amely 30%-os kihasználtságnak felel meg. A termelt megújuló alapú távhő mennyisége 240,03 TJ (66 675 MWh). Az elkerült fosszilis eredetű szén–dioxid kibocsájtás 14 891 t



37. ábra 2022 Tartamdiagram 20 MW biomassza kazán esetén

A biomassza kazán csúcskihasználási óraszámában ebben az esetben **2840 h**-ra adódott, amely 32%-os kihasználtságnak felel meg. A termelt megújuló alapú távhő mennyisége 204,480 TJ (56 800 MWh). Az elkerült fosszilis eredetű szén–dioxid kibocsájtás 12 685 t.

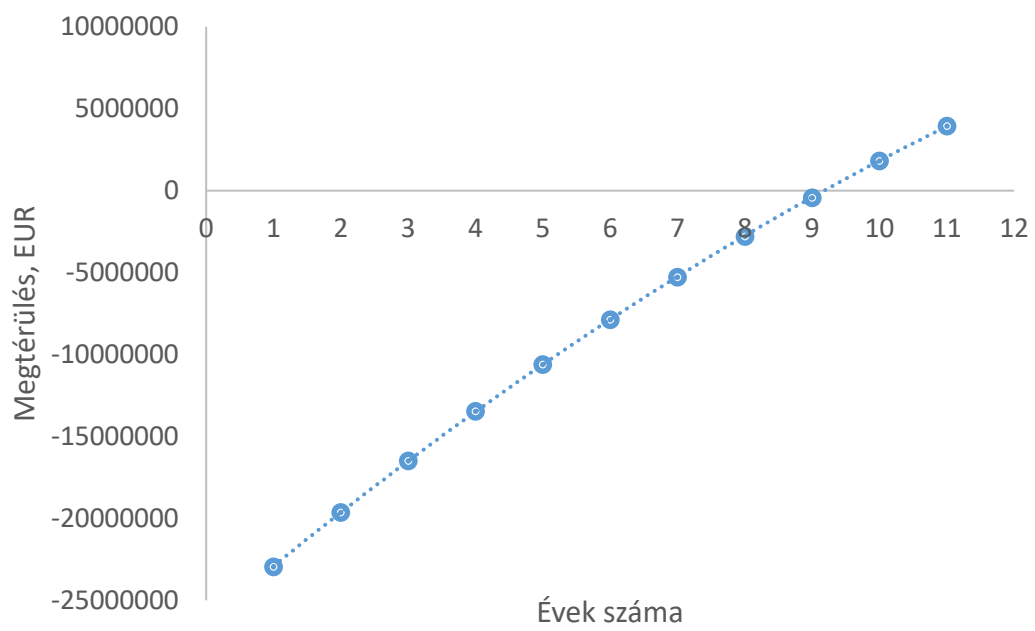
A megtérülés számításánál a legnagyobb bizonytalanságot a kiváltott földgáz költsége jelentette. Ebben az esetben is igyekeztünk alul becsülni a várható megtakarítást és viszonylag alacsony (65 EUR/MWh) gázárát vettük figyelembe. A beruházási költségeknél a főtechnológiára rendelkezünk indikatív (nem kötelező érvényű) ajánlatokkal, ugyanakkor a fűtőmű létesítése során számos további költség jelentkezik: telephely, építészeti, csővezeték fektetés, esetlegesen villamos csatlakozás kiépítése stb. Ezeket a járulékos költségeket a főtechnológia árának 50%-ával vettük figyelembe. A megtérülésszámítás során dinamikus megtérülést vettünk figyelembe 5%-os kamatláb mellett. **Az így kapott megtérülési adatok tájékoztató jellegűek. Mindazonáltal alkalmasak a megtérülési számok arra, hogy különböző technológiák (biomassza, hőszivattyú stb.) közül kiválasszuk a fejlesztésre érdemeseket.**

Megnevezés:	Érték	Mértékegység	Megjegyzés
Tüzelési teljesítmény	29,41	MW	85%-os kazánhatásfokot feltételezve
Beépített teljesítmény	25	MW	
Csúskihasználás	2 667	h	2022. évi adatok alapján becsülve
Termelés	66 675	MWh	
	240 030	GJ	
Referencia földgáz ár	65	EUR/MWh	
Szén-dioxid ár	95	EUR/t	EEX EUA DEC/2024
Földgáz+CO2	84	EUR/MWh	0.201 tCO2/MWh
Földgáz tüzelőhő	74 083	MWh	90%-os kazánhatásfokot feltételezve
Évenkénti gázköltség	6 230 038	EUR	
	2 429 714 788	HUF	
Megtakarított CO2	14 891	t	
Biomassza tüzelőhő	78 441	MWh	
Biomassza hő ár	35	EUR/MWh	100 EUR/t (Lutro)
	3792	Ft/GJ	
Évenkénti biomassza költség	2 745 441,18	EUR	
	1 070 722 059	HUF	
Évenkénti megtakarítás	3 484 597	EUR	
	1 358 992 729	HUF	
Főtechnológia	7 650 000	EUR	fajlagosan 306 EUR/kW
Kiszolgáló és segéd létesítmények	15 300 000	EUR	becsült érték a főtechnológia 200%-a

5. táblázat Megtérülés számítás adatok

25 MW biomassza kazán			
Évek	Pénzáram	Jelenérték	Kumulált jelenérték
0	-22 950 000 EUR	-22 950 000 EUR	-22 950 000
1	3 484 597 EUR	3 318 664 EUR	-19 631 336
2	3 484 597 EUR	3 160 632 EUR	-16 470 704
3	3 484 597 EUR	3 010 126 EUR	-13 460 579
4	3 484 597 EUR	2 866 786 EUR	-10 593 792
5	3 484 597 EUR	2 730 273 EUR	-7 863 520
6	3 484 597 EUR	2 600 260 EUR	-5 263 260
7	3 484 597 EUR	2 476 438 EUR	-2 786 822
8	3 484 597 EUR	2 358 512 EUR	-428 310
9	3 484 597 EUR	2 246 202 EUR	1 817 892
10	3 484 597 EUR	2 139 240 EUR	3 957 132
IRR	8%		
NPV		3 957 132 EUR	
Dinamikus megtérülés			~9,19 év

6. táblázat Nettó jelenérték számítás



7. táblázat Dinamikus megtérülés

Megnevezés:	Érték	Mértékegység	Megjegyzés
Tüzelési teljesítmény	23,53	MW	85%-os kazánhatásfokot feltételezve
Beépített teljesítmény	20	MW	
Csúskihasználás	2 840	h	2022. évi adatok alapján becsülve
Termelés	56 800	MWh	
	204 480	GJ	
Referencia földgáz ár	65	EUR/MWh	
Szén-dioxid ár	95	EUR/t	EEX EUA DEC/2024
Földgáz+CO2	84	EUR/MWh	0.201 tCO2/MWh
Földgáz tüzelőhő	63 111	MWh	
Évenkénti gázköltség	5 307 329	EUR	90%-os kazánhatásfokot feltételezve
	2 069 858 267	HUF	
Megtakarított CO2	12 685	t	
Biomassza tüzelőhő	66 824	MWh	
Biomassza hő ár	35	EUR/MWh	100 EUR/t (Lutro)
	3792	Ft/GJ	
Évenkénti biomassza költség	2 338 823,53	EUR	
	912 141 176	HUF	
Évenkénti megtakarítás	2 968 505	EUR	
	1 157 717 090	HUF	
Főtechnológia	6 200 000	EUR	fajlagosan 310 EUR/kW
Kiszolgáló és segéd létesítmények	12 400 000	EUR	becsült érték a főtechnológia 200%-a

8. táblázat Előzetes megtérülés számítás összesítő

20 MW biomassza kazán			
Évek	Pénzáram	Jelenérték	Kummulált jelenérték
0	-18 600 000 EUR	-18 600 000 EUR	-18 600 000
1	2 968 505 EUR	2 827 148 EUR	-15 772 852
2	2 968 505 EUR	2 692 522 EUR	-13 080 330
3	2 968 505 EUR	2 564 307 EUR	-10 516 024
4	2 968 505 EUR	2 442 197 EUR	-8 073 827
5	2 968 505 EUR	2 325 902 EUR	-5 747 925
6	2 968 505 EUR	2 215 144 EUR	-3 532 781
7	2 968 505 EUR	2 109 661 EUR	-1 423 120
8	2 968 505 EUR	2 009 201 EUR	586 082
9	2 968 505 EUR	1 913 525 EUR	2 499 607
10	2 968 505 EUR	1 822 405 EUR	4 322 012
IRR	10%		
NPV		4 322 012 EUR	
Dinamikus megtérülés			8,71 év

9. táblázat 20 MW biomassza kazán megtérülése



38. ábra Dinamikus megtérülés

Terület igény:

A gyártó közlése szerint 2 db 20 MW teljesítményű kazánt egy 58x91 m telekterületre helyeztek el korábban. **Ez alapján közelítőleg 1 db 20 MW kazánhoz 29x45,5 m szükséges, ami 1320 m²-nek felel meg.**

A 25 MW-os kazán esetén arányosítva 1584 m² terület igény adódna.

KPA Unicon

A KPA Unicon egy finnországi kazángyár, központjuk Tampareben található. Az általuk megajánlott biomassza kazán névleges hasznos hőteljesítménye 25 MW_{th}. A tüzelőberendezés típusa buborékos fluidágyas. Ez a technológia merőben eltér a hagyományos rostélytüzeléstől. Legtöbbször kvarchomokot alkalmaznak ágyanyagul. Ez a homokágy levegő hatására fluidizált állapotba kerül. Az üzem indulásakor a fluidágyas gázzal (vagy egyéb indító égővel) felhevítik a tüzelőanyag gyulladási hőmérséklete fölé és a szilárd tüzelőanyag a fluidágyba adagolva ég ki. A fluidizációs technológia alapvetően jó NO_x és CO kibocsájtási értékeket tud elérni. A tüzelési hatásfok is kedvező a jó keveredés miatt a tüzelőanyag és az égési levegő között. Mindemellett a technológia drágább is, viszont adott esetben könnyebb vegyestüzelést megvalósítani egy fluidágyas kazánban.

A jelenlegi ajánlat 100% faapríték tüzelőanyagra szól, melynek nedvesség tartama akár 50 %-os lehet. A tüzelőanyag mérete P63 (ISO17225-1:2014 szabvány szerint). Az ajánlatban az alábbi emissziós értékeket vállalják:

- NO_x: 300 mg/Nm³ (határérték 300 mg/Nm³)
- SO₂: 200 mg/Nm³ (biomassza tüzelőanyagra nem releváns)
- CO: 375 mg/Nm³ (határérték 1500 mg/Nm³)
- por: 20 mg/Nm³ (határérték 20 mg/Nm³)

Az ajánlati emissziós értékek a jogszabályi kritériumnak megfelelő 6% maradó oxigéntartalom esetén érvényesek.

A kazán vízcsöves elrendezésű tervezési nyomása 16 bar(g). Üzemi nyomása 10 bar(g). Tervezési hőmérséklet szintje 140/90°C. A kazán egy zárt rendszerben gőzt termel, amely gőz/forróvíz hőcserélőn keresztül fűti a távhőrendszert 130/70°C hőmérséklet szinttel, amely túlmutat a győri rendszer igényein, így azokat (hőmérséklet tekintetében) teljes mértékben ki tudja szolgálni.



39. ábra Buborékos fluidizációs gőzkazán felépítése

A kazán jelenlegi ajánlatban csak apríték tüzelésére alkalmas, azonban lehetséges lehet RDF vegyestüzelése is a nemzetközi gyakorlatnak megfelelően. Ehhez szükség lenne a Győrben termelt RDF elemi analizisének adataira. Ennek segítségével meg lehet tervezni a megfelelő füstgáztisztító rendszert, amely a környezetvédelmi előírásokat maradéktalanul teljesíti. Az RDF előnye, hogy hasznosításával megvalósítható a körforgásos gazdaság a már anyagában nem hasznosítható hulladéktípusok esetére is. A nemzetközi tapasztalatok alapján 10–25 m/m % RDF tüzelés lehet reális, így csökkentve a szükséges biomassa mennyiséget. Mivel az RDF ára negatív ezért a bemenő tüzelőanyag mix hő ára a biomassa hő ára alá csökkenhet. Viszont a kazán és a füstgáztisztító rendszer bekerülési költsége is magasabb. Jelenleg Magyarországon az összes szilárdtüzelésű erőműben történik RDF hasznosítás, ahogy ez már Nyugat–Európában is bevett gyakorlat, ezzel javítva a hulladékgazdálkodás fenntarthatóságát és csökkentve a lerakásra kerülő hulladék mennyiségét. Természetesen egy ilyen hasznosítási lehetőség kialakítása minden esetben alapos előkészítést és engedélyezést von maga után, azonban jelenlegi ismereteink szerint ennek a bevett gyakorlatnak a helyi alkalmazására elvi akadály nincsen.

Az szállítási határokat részletesen leírják az ajánlat 1-es mellékletében, amelyet jelent tanulmányhoz is csatoltunk. Alapvetően a fűtőművi építészeti munkákat és a tüzelőanyag előkészítő rendszert, vízkezelő üzemet nem tartalmazza az ajánlat, amely további jelentős költségekkel bír.

Az indikatív ár ezek alapján 8 990 000 EUR.

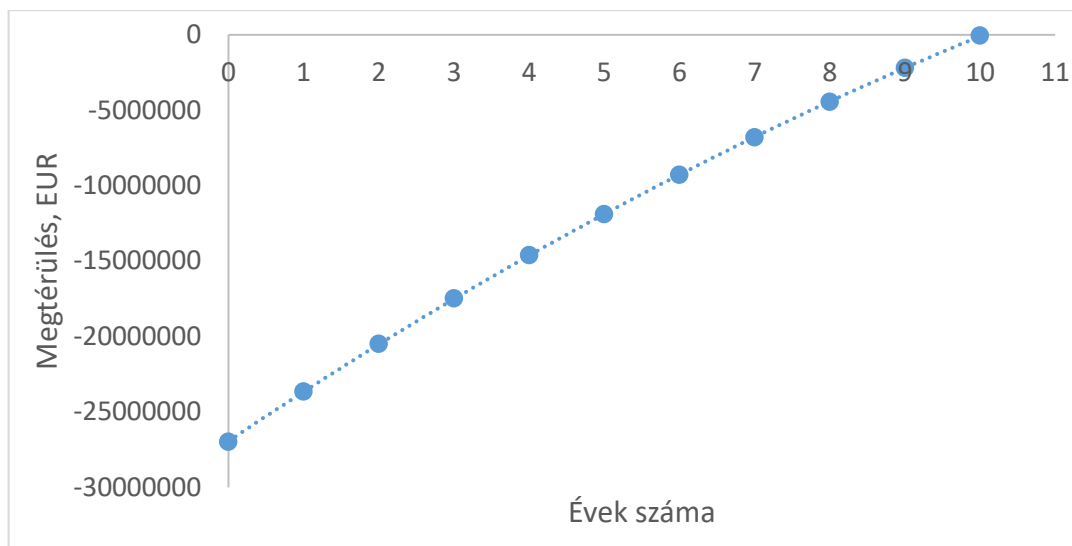
A kötelező érvényű árajánlathoz további egyeztetésre és felmérésre van szükség. Kiváltképp a lehetséges telephelyet illetve az alkalmazandó tüzelőanyagokat tekintve.

Megnevezés:	Érték	Mértékegység	Megjegyzés
Tüzelési teljesítmény	29,41	MW	85%-os kazánhatásfokot feltételezve
Béépített teljesítmény	25	MW	
Csúcskihasználás	2 667	h	2022. évi adatok alapján becsülve
Termelés	66 675	MWh	
	240 030	GJ	
Referencia földgáz ár	65	EUR/MWh	
Szén-dioxid ár	95	EUR/t	EEX EUA DEC/2024
Földgáz+CO2	84	EUR/MWh	0.201 tCO2/MWh
Földgáz tüzelőhő	74 083	MWh	
Évenkénti gáz költség	6 230 038	EUR	90%-os kazánhatásfokot feltételezve
	2 429 714 788	HUF	
Megtakarított CO2	14 891	t	
Biomassza tüzelőhő	78 441	MWh	
Biomassza hő ár	35	EUR/MWh	100 EUR/t (Lutro)
	3792	Ft/GJ	
Évenkénti biomassza költség	2 745 441,18	EUR	
	1 070 722 059	HUF	
Évenkénti megtakarítás	3 484 597	EUR	
	1 358 992 729	HUF	
Főtechnológia	8 990 000	EUR	fajlagosan 306 EUR/kW
Kiszolgáló és segéd létesítmények	17 800 000	EUR	becsült érték a főtechnológia 200%-a

10. táblázat Előzetes megtérülés számítás adatok

Évek	Pénzáram	Jelenérték	Kumulált jelenérték
0	-26 970 000 EUR	-26 970 000 EUR	-26 970 000
1	3 484 597 EUR	3 318 664 EUR	-23 651 336
2	3 484 597 EUR	3 160 632 EUR	-20 490 704
3	3 484 597 EUR	3 010 126 EUR	-17 480 579
4	3 484 597 EUR	2 866 786 EUR	-14 613 792
5	3 484 597 EUR	2 730 273 EUR	-11 883 520
6	3 484 597 EUR	2 600 260 EUR	-9 283 260
7	3 484 597 EUR	2 476 438 EUR	-6 806 822
8	3 484 597 EUR	2 358 512 EUR	-4 448 310
9	3 484 597 EUR	2 246 202 EUR	-2 202 108
10	3 484 597 EUR	2 139 240 EUR	-62 868
IRR	5%		
NPV		-62 868 EUR	
Dinamikus megtérülés			-

11. táblázat Nettó jelenérték számítás



40. ábra Dinamikus megtérülés

A közelítő megtérülés számítás alapján ez a koncepció nem térülne meg 10 éves időtávon támogatás nélkül 5%-os kamatláb mellett, valamint a vizsgált gáz és CO2 árakat figyelembe véve.

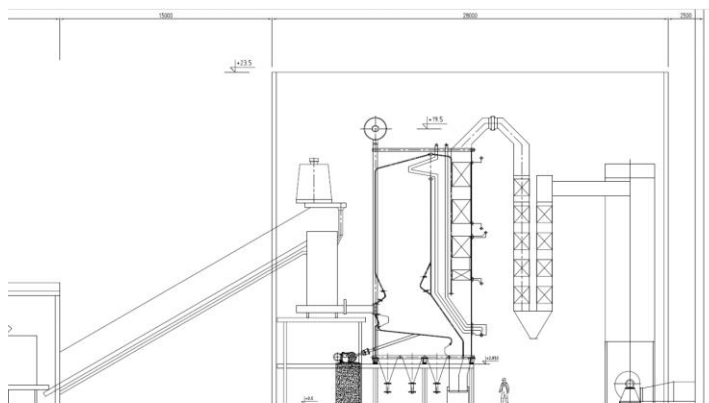
Megjegyzendő, hogy a számítások során a megtérülést nehezítő körülményeket vettünk figyelembe (alacsony kazán kihasználtság, viszonylag alacsony gázárak, magas biomassza tüzelőhő ár).

Terület igény:

A gyártó közlése szerint a kazán és a kiszolgáló berendezések számára 20x35 m területre van szükség. Továbbá a tüzelőanyag tárolás és előkészítés számára 20x50 m területre. **Azaz összesen, közelítőleg 1700 m² telekterületet igényelne.**

Duro Daković

A Duro Dakovic egy horvátországi nehézipari vállalat, amely biomassza kazánokat is tervez. Az ajánlatuk annyiba különbözik az előző kettő ajánlattól, hogy tartalmazza az építészeti munkák egy részét is, valamint a kazán összes kiszolgáló berendezését. A kazán alkalmassá tehető szalmatüzelésre is, ez viszont többlet beruházási költséggel jár, amelynek megtérülése további vizsgálatokat igényel. A kazán technológiáját tekintve rezgő rostélyos. A megkapott rajzok alapján 5 huzamú dobos gőzkazán. A kazán tervezési üzemállapotban 130/70 °C-os előremenő, illetve visszatérő hőmérséklettel rendelkezik, amely alkalmas a győri távhőrendszerhez való illesztésre. A hasznos hőteljesítmény ebben az esetben is 25 MW.



41. ábra Rezgőrostélyos kazán felépítése (5 huzamú)

Az árajánlat összehasonlíthatóságát nehezíti, hogy a megajánlott ár építészeti munkákat is tartalmaz, azonban a főtechnológia árát nem különítették el a teljes vállalási ártól.

Ezen feltételek mellett az indikatív ár faapríték tüzelésre **23 200 000 EUR**

Amely további beruházásokkal szalmatüzelésre is alkalmassá tehető, ennek költsége: **4 730 000 EUR**

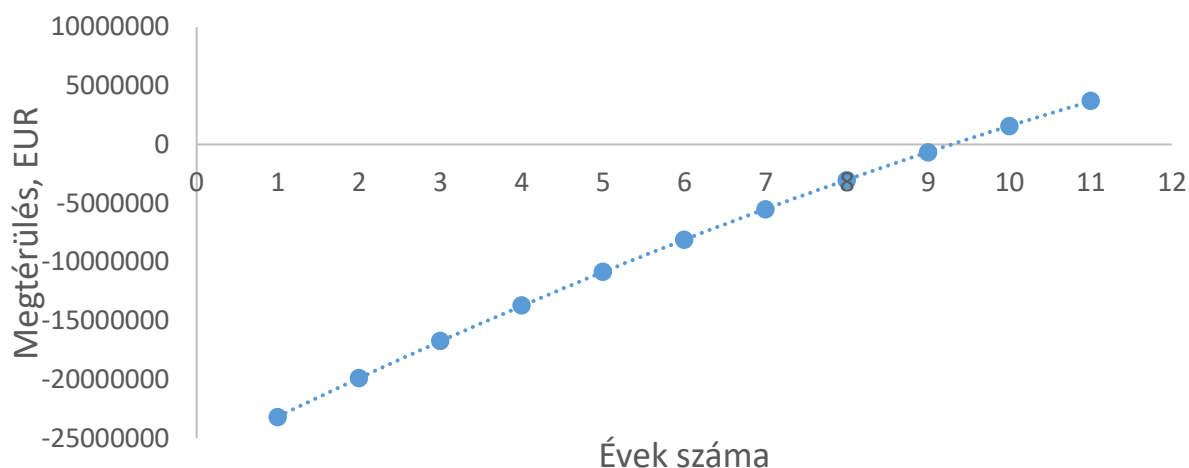
Mivel ez esetben a projekt beruházási költsége jelentősen magasabb a megtérülés a vizsgált feltételekkel nem adott.

Megnevezés:	Érték	Mértékegység	Megjegyzés
Tüzelési teljesítmény	29,41	MW	85%-os kazánhatásfokot feltételezve
Beépített teljesítmény	25	MW	
Csúskihasználás	2 667	h	2022. évi adatok alapján becslülve
Termelés	66 675	MWh	
	240 030	GJ	
Referencia földgáz ár	65	EUR/MWh	
Szén-dioxid ár	95	EUR/t	EEX EUA DEC/2024
Földgáz+CO2	84	EUR/MWh	0.201 tCO2/MWh
Földgáz tüzelőhő	74 083	MWh	
Évenkénti gázköltség	6 230 038	EUR	90%-os kazánhatásfokot feltételezve
	2 429 714 788	HUF	
Megtakarított CO2	14 891	t	
Biomassza tüzelőhő	78 441	MWh	
Biomassza hő ár	35	EUR/MWh	100 EUR/t (Lutro)
	3792	Ft/GJ	
Évenkénti biomassza költség	2 745 441,18	EUR	
	1 070 722 059	HUF	
Évenkénti megtakarítás	3 484 597	EUR	
	1 358 992 729	HUF	
Főtechnológia	23 200 000	EUR	fajlagosan 928 EUR/kW

12. táblázat Megtérülés számítás adatok

Évek	Pénzáram	Jelenérték	Kumulált jelenérték
0	-23 200 000 EUR	-23 200 000 EUR	-23 200 000
1	3 484 597 EUR	3 318 664 EUR	-19 881 336
2	3 484 597 EUR	3 160 632 EUR	-16 720 704
3	3 484 597 EUR	3 010 126 EUR	-13 710 579
4	3 484 597 EUR	2 866 786 EUR	-10 843 792
5	3 484 597 EUR	2 730 273 EUR	-8 113 520
6	3 484 597 EUR	2 600 260 EUR	-5 513 260
7	3 484 597 EUR	2 476 438 EUR	-3 036 822
8	3 484 597 EUR	2 358 512 EUR	-678 310
9	3 484 597 EUR	2 246 202 EUR	1 567 892
10	3 484 597 EUR	2 139 240 EUR	3 707 132
NPV		8%	
IRR		3 707 132 EUR	
Dinamikus megtérülés			9,3

13. táblázat Nettó jelenérték számítás



A biomassza kazán megvalósulási ütemtervét a következő Gantt diagram mutatja. Az ütemtervben meghatározott időtartam az ideális folyamatot feltételezi, a valóságban az egyes tevékenységek időtartama változhat.

Bimoassza		Hónapok száma																																							
Tevékenység	Időtartam (hónap)																																								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36				
Esetleg támogatás pályázati idő, előkészítés	4	■	■	■	■																																				
Tervezés, engedélyeztetések	12				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Kivitelező pályáztatás	6											■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
Kazán beszerzés	12																																								
Munkaterület előkészítés, alapszerelések	6																																								
Távvezeték	6																																								
Kazán beépítés, csatlakozások, készreszerelés	4																																								
Beüzemelés	3																																								

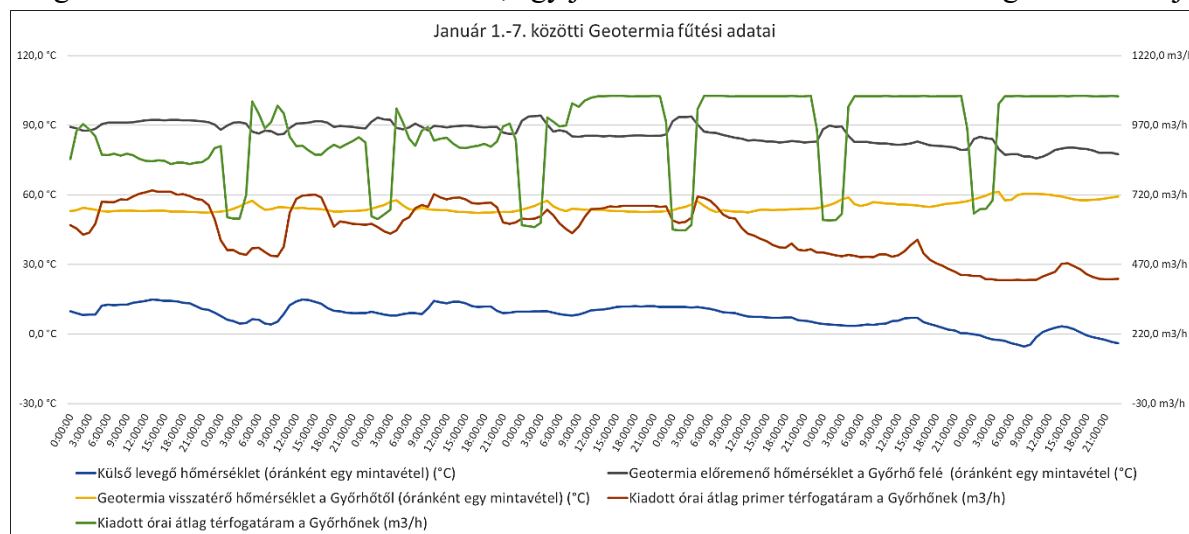
5.1.4. Geotermikus energia felhasználásának fejlesztése

Erre a fejlesztésre az alábbi javaslataink vannak:

1. Meglévő rendszer kihasználásának növelése üzemvitel módosításával
2. Meglévő rendszer kihasználásának növelése hőtároló beépítésével
3. Meglévő geotermia rendszer kihasználásának növelése magashőmérsékletű hőszivattyú beépítésével
4. Meglévő geotermia bővítése, új geotermikus energia központ létesítése

1. Meglévő rendszer kihasználásának növelése üzemvitel módosításával

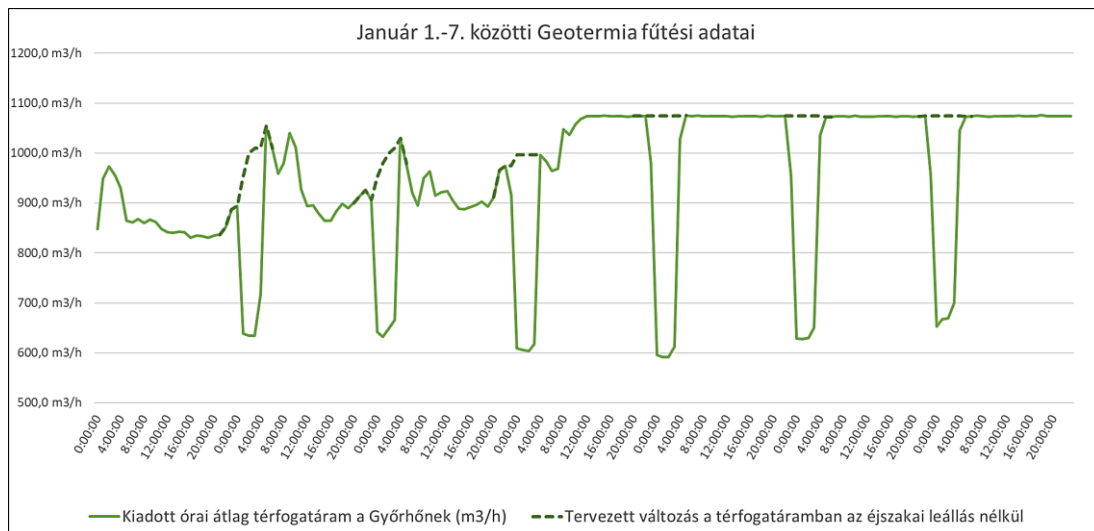
A meglévő geotermikus betáplálásnak a sémáját az alábbi ábra mutatja. A geotermikus energia felhasználását fűtési szezonban, egy jellemző időszakban az alábbi diagram mutatja.



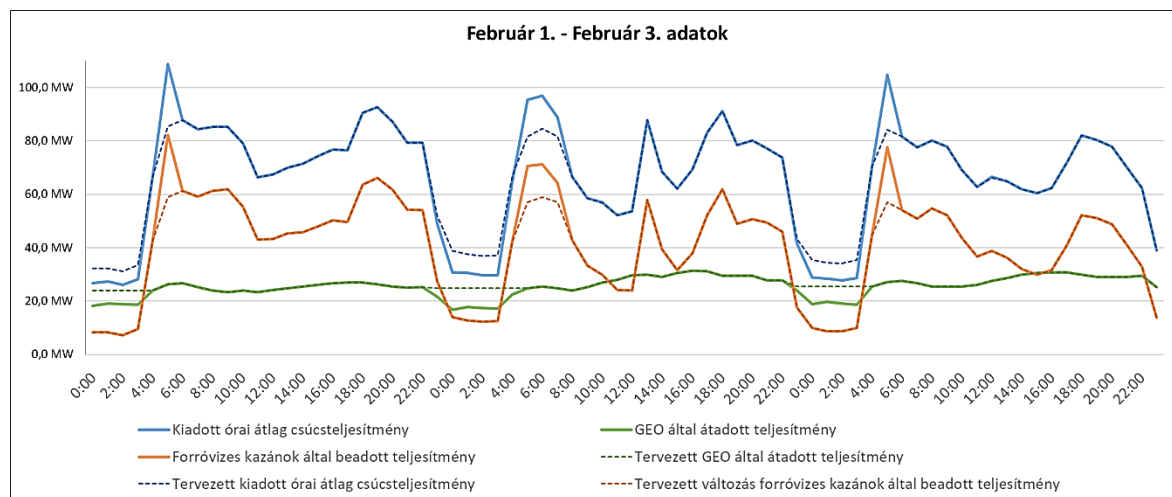
42. ábra Meglévő geotermikus betáplálás sémája

Győrben a távfűtés teljesítménye éjszaka minimális, mert az épületek döntő többségében, megállapodás értelmében lekapcsolják a távfűtést. Az ábrán látható, hogy a geotermikus energia felhasználása az éjszaka órákban jelentősen lecsökken, mivel a fűtési igény is minimális ebben az időben. A hajnali fűtés újra induláskor a szükséges csúcsteljesítményt a gázkazánok biztosítják. A reggeli felfűtés okozta csúcsteljesítmény igény csökkenthető, amennyiben éjszaka nem lenne leállítva a távfűtés. Ennek következtében a geotermia nagyobb hőmennyiséget tudna a rendszerbe éjszaka is betáplálni, aminek köszönhetően a gázkazánok által szükséges energia bevitel csökkenne. Mivel éjszaka is üzemelne a fűtés, az összes energiafelhasználás kis mértékben növekedne, de a megújuló részaránya jelentősen növekedne, ami által a gázkazánok energia felhasználása pedig csökkenne, nagy valószínűséggel összességében egy gazdaságosabb üzemvitel valósulna meg.

Az alábbi diagram szemléltetésre szolgál, szematikusan ábrázolja miként változik a folyamatos fűtés következtében az energiafelhasználás.



43. ábra Folyamatos fűtés esetén várható térfogatáram változás



44. ábra Folyamatos fűtés esetén várható teljesítmény változások

Ezt a változtatást a fűtési költség elszámolásban is követni kell. Ki kell dolgozni egy olyan elszámolási rendszert, aminek következtében a fogyasztók nem fizetnek azért többet, mert a folyamatos fűtés miatt az összes hőfelhasználás kissé több lesz, mint azelőtt volt, hiszen a távfűtés a nagyobb arányú geotermia és a kisebb kazán kihasználtság miatt összességében gazdaságosabban működtethető. Amennyiben jogilag megoldható, be lehetne vezetni például kedvezményes éjszakai hődíjat, aminek elszámolhatóságához, a meglévő hőmennyiség mérőket ki kellene egészíteni data-loggerekkel (adatgyűjtőkkel). Ezek a berendezések meghatározott, például órás bontásban rögzítik a hőmennyiségmérő állását, így mérhető külön a nappal és éjszaka elfogyasztott hőmennyiség.

2. Meglévő rendszer kihasználásának növelése hőtároló beépítésével

Az éjszakai fűtés leállás következtében kihasználatlan geotermia bekapcsolására a fűtési rendszerbe egy másik lehetőségként mutatkozik napi hőtároló beépítése. Javaslatunk, hogy a

városból érkező fűtési visszatérő ágához egy hőtároló berendezés lenne csatlakoztatva a hőszolgáltató területén. Éjszaka a geotermia rendelkezésre álló felesleges kapacitása a hőtároló felfűtésére lenne kihasználva, majd az így betárolt hő a nappali fűtési időszak folyamán lenne hasznosítva. Hőtárolóként szolgálhatnának például akár a meglévő, használaton kívüli olajtartályok is. A meglévő olajtárolók felújítása, kiegészítő hőszigetelése, belső korrózió védelme, belső vízelosztó hálózattal történő kiegészítése után, szekunder vízhálózattal lennének feltöltve, és azok így üzemelni tudnának, mint hőtárolók. A tartályokban tárolt víz, egy új hőcserélő állomáson keresztül leválasztva lenne a távfűtési rendszertől. Egy új hőátadó állomás lenne kiépítve a hőtároló Győr-Szol Zrt.-be beérkező távfűtési visszatérő vezeték között. A hőtároló a geotermikus hőátadóval párhuzamosan üzemel, a távfűtési visszatérőt melegíti elő nappali időszakban, amikor a tároló kisütése történik.

Az olajtartály állapotát tervezés során felül kell vizsgálni, hogy az szilárdságilag, statikailag és a tartály falának minősége még megfelelő-e.

A fenti javaslat megvizsgálására az alábbi számítást végeztük el:

Felvett adatok:	
Geotermia átlagos vízhőmérséklet éjszaka	82,0 °C
Geotermia-Tároló hőcserélőn hőmérséklet különbség	2,0 °C
Hőtároló fűtés vízkör előremenő hőmérséklet	80,0 °C
Hőtároló hőmérséklete kisütés után, felfűtés előtt	65,0 °C
Hőtároló hőmérséklet változása felfűtés-kisütés alatt	10,0 °C
Hőtároló hőmérséklete felfűtés után	75,0
Távfűtés visszatérő átlagos hőmérséklete nappal	55,0 °C
Távfűtés-Tároló hőcserélőn hőmérséklet különbség	2,0 °C
Tároló belépő hőmérséklet kisütéskor	57,0 °C
Hőtároló üzeme	150 nap
Eredmény	
Hőtároló által betárolt napi hőmennyiség	94 248 767,14 kJ
	94,25 GJ/nap
Hőtároló átlagos teljesítménye:	5,0 MW
	107,9641731 GJ/nap
Éves betárolt hőmennyiség	14 137,32 GJ/év
Geotermia hődíja	6250 HUF/GJ
Geotermia éves költségnövekedése	88 358 219,19 HUF/év
	3927,031964
Földgáz+CO2 hődíja	84 Euro/MWh
	33 600,00 Ft/MWh
	9333,33 HUF/GJ
Megtakarított földgáz+CO2 költség:	131 948 274,00 HUF/év
Megtakarítás	43 590 054,80 HUF/év
Távhő éves energia kiadása 2022-ben:	1 130 128 GJ/év
Geotermikus forrású, távhőrendszerbe táplált hő 2022-ben	665 180 GJ/év
Geotermikus hőforrás részaránya az éves energia kiadásban	58,86%
Geotermikus forrású, távhőrendszerbe táplált hő növekedése hőtároló alkalmazásával	679 317 GJ/év
Geotermikus forrású, távhőrendszerbe táplált hő növekedése hőtároló alkalmazásával	2,13%
Geotermikus hőforrás részaránya az éves energia kiadásban hőtároló esetén	60,11%
Becsült beruházási költség	300 000 000 HUF
Becsült megtérülés	6,88 év

45. ábra Hőtároló beépítésére végzett számítások

Amennyiben a meglévő olajtartályok ilyen jellegű felhasználása nem megoldható, lehetséges még önálló, konténerekbe épített, nagyteljesítményű, fázis váltós hőtároló berendezések telepítése is.

3. Meglévő geotermia rendszer kihasználásának növelése magashőmérsékletű hőszivattyú beépítésével

A geotermia télen átlagosan kb. 80°C-os hőmérsékletű fűtővizet biztosít a Győr-Szol Zrt.-nek. Ez a fűtővíz egy hőcserélőn keresztül adja át a hőt a távfűtésnek, így a geotermiával előfűtött távfűtőhőmérséklete ennél alacsonyabb, körülbelül 75°C hőmérsékletű lesz. A távfűtés előremenő víz hőmérséklete teljesítmény igénytől függően 110-90°C télen. Ez természetesen időjárásfüggő. Az érvényes primer menetrend szerint üzemel a Győr-Szol Zrt., amely magasabb primer előremenő hőmérsékletet is előír. Erre a hőmérsékletre a gázkazánok képesek felfűteni az előremenő vizet. A geotermia jobb kihasználása lehetséges a geotermia visszatérőjéről ellátott magashőmérsékletű hőszivattyú berendezéssel. A geotermia Győr-Szol Zrt.-től visszatérő hőmérséklete átlagosan 56°C, térfogatárama 1000 m³/h. Ebből a vízből, azt még 10°C-al, azaz kb. 46°C-ra lehűtve, további kb. 11,6 MW fűtési teljesítmény nyerhető ki. Azonban ez a teljesítmény ilyen alacsony hőmérsékleten nem táplálható be a távfűtésbe, de egy magas hőmérsékletű hőszivattyú telep ezt a hőenergiát, elektromos energiafelhasználás által a távfűtési rendszer előremenő hőmérséklet szintjére képes emelni, ami már betáplálható a távfűtési rendszerbe. A hőszivattyú berendezés jósági foka (COP) 2,4. A rendelkezésre álló 11,6 MW geotermia visszatérőből kinyert hőenergiából, kb. 8,1 MW elektromos energiafelhasználás segítségével képes kb. 20 MW fűtési energiát biztosítani 110°C hőmérséklet szinten. Ilyen mértékű elektromos teljesítmény gyakorlati rendelkezésre állásának kialakítása jelentős többlet költség, mivel a Rozgonyi úti jelenlegi erőáramú rendszer ennek kiszolgálására nem alkalmas, a megtáplálást a jelenlegi nagyfeszültségű rendszertől független módon kell kialakítani. Sajnos jelenleg ritkaságnak számítanak az ilyen magas hőmérsékletű hőszivattyú berendezések, magas hőmérséklet miatt nagy nyomáson üzemelnek, áruk extrém magas. Mivel a hideg és a meleg oldal közötti nagy hőfoklépcsőt kell, hogy átemeljenek így a hatékonyságuk alacsony, viszonylag nagy elektromos teljesítmény felvételével képesek fűteni. A bevitt elektromos energiának csak 2,4 szerese mennyiségű hőenergiát képesek szolgáltatni. A helyzetet tovább rontja, hogy nem hulladékhőből, hanem geotermikus hőenergiából nyerik az energiát, aminek szintén hődíja van. Végeztünk gazdaságossági számítást, ami alapján egyértelműen megmutatkozik, hogy ez a fajta fejlesztés nem gazdaságos, így nem javasoljuk.

4. Meglévő geotermia bővítése, új geotermikus energia központ létesítése

Mint előzőekben bemutatásra került, Győr távhőellátása mintegy 58%-ban geotermikus energiával biztosított. Nagyon szerencsés adottsága a térségnek, hogy rendelkezik kitermelhető "földhővel", és Győr Városának, hogy hosszútávú szerződése van a kitermelést végző PannErgy-vel. A kitermelés Pér térségben történik, és távvezetéken jut Győr-Szol Zrt. telephelyére, korábbiakban ismertetett paraméterekkel.

Tanulmány készítése során előzetes egyeztetést folytattunk PannErgyvel, főbb megállapítások az alábbiak:

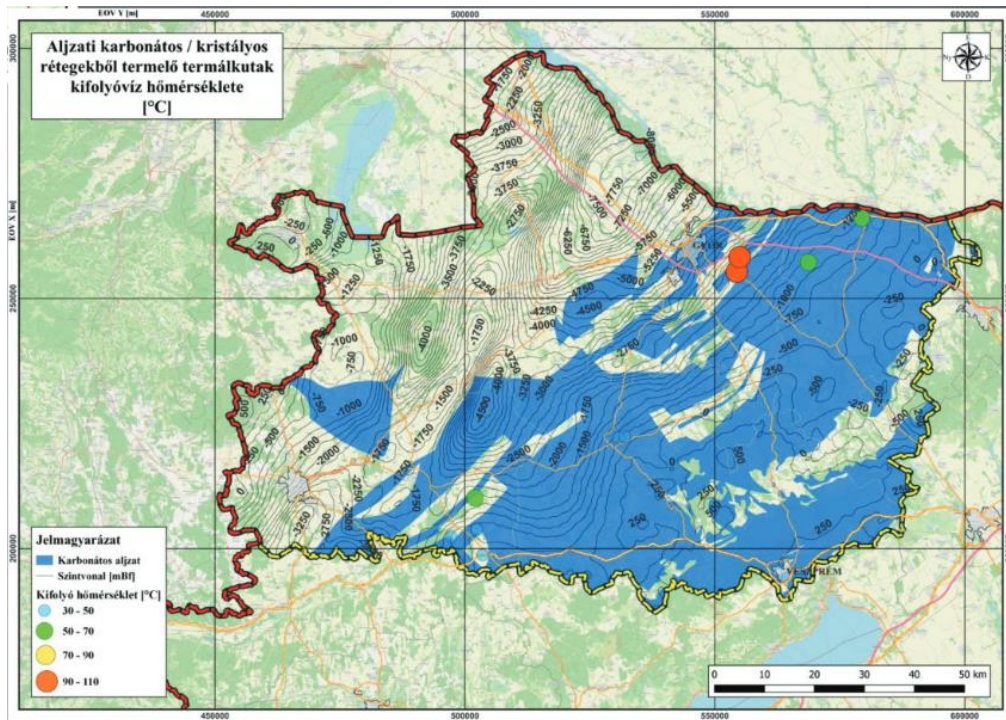
A geotermia szekunder lágyvizes rendszerében cca. 1.115 m³/h cca. 94°C paraméterrel rendelkezik. Elosztásából szerződéses partnerei közül AUDI AHM mintegy 480 m³/h 94°C hőmérsékletű fűtővizet kap, míg Győr-Szol Zrt. a fennmaradó cca. 635 m³/h 94°C fűtővizet, és ehhez hozzá keverve a max. 450 m³/h mennyiségű AHM által már lehűtött, úgynevezett visszatérő hőmérsékletű fűtővizet kap. Győr-Szol Zrt.-be vezetett fűtővíz mennyiségének/hőmérsékletének szabályozását a Hűtőház közelében található elosztóaknába telepített programozható automatikus keverőszelep végzi, az adott időjárási, pillanatnyi fogyasztás és a hőigényeknek megfelelően.

A meglévő geotermikus kutak fűtési szezonban maximális kapacitással működnek.

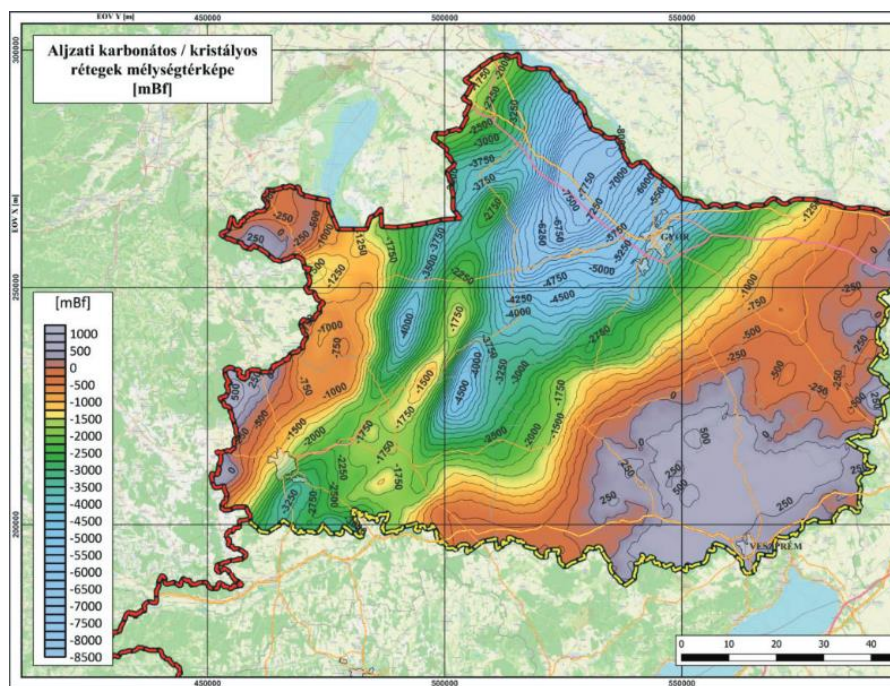
Felmerült -teljesítmény növelési/bővíthetőségi kérdésre válaszolva- PannErgy azon véleményét jelezte, mely szerint igény esetén, természetesen geológiai vizsgálatokkal együtt, a jelenlegi térségből újabb kútfúrással több geotermikus energia is kitermelhető lenne, azonban ehhez előzetesen lekötött felhasználói teljesítményigények is kellene. Egy újabb hasonló dimenziójú kútpár megvalósítása – éves szinten- minimum 3-400 TJ hőpiac megteremtését teszi szükségessé.

A városi energiaellátás fejlesztése tanulmány készítése során előzőekben bemutatuk, miként lehet a meglévő távhőellátó rendszert energetikailag kedvezőbbé tenni. Legfontosabb távlati fejlesztésnek azt látjuk, hogy közbenső rész-fejlesztésekkel alacsonyabb (max. 90°C-fok előremenő távfűtővíz hőmérséklet) értékűre kell hozni a távfűtővizet, és akkor már lehetőség nyílna akár 100 % geotermikus energiahasználatra a rendszerben.

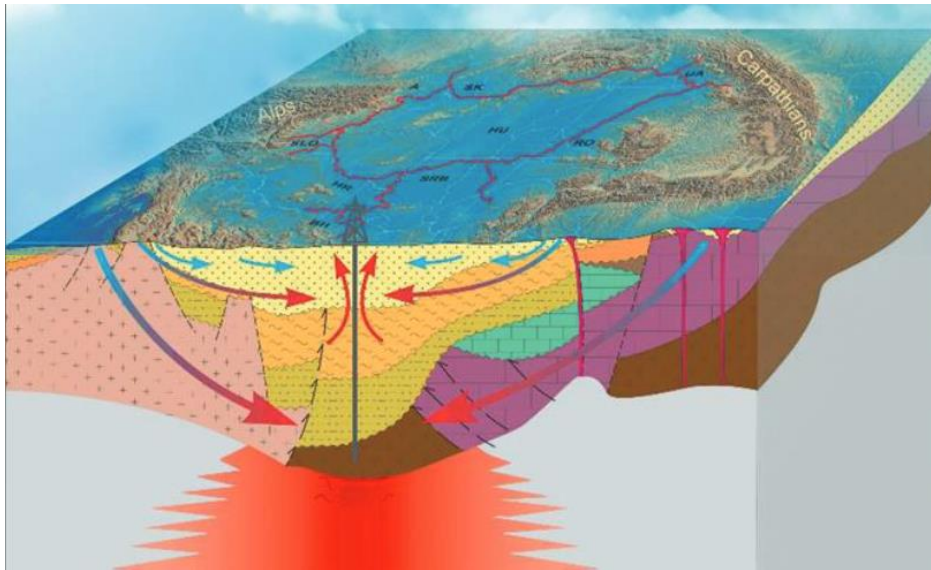
A geotermikus energia kinyerésének és energetikai hasznosításának az engedélyezési és felügyeleti hatásköreit a Szabályozott Tevékenységek Felügyeleti Hatósága (SZTFH) végzi. Győrben is megtartott (2023.02.10) rendezvény sorozatukon bemutatták, Győr térségében milyen földtani rétegek, és azokban milyen prognosztizált geotermikus energia kivételi lehetőségek találhatók. A városi távfűtő rendszerbe integrálható vízhőmérséklet célszerűen a magasabb vízhőfokot adó, a porózus réteg alatti ún. repedésből lenne kinyerhető, mint pl. a péri kutak esetében is. Ennek SZTFH megtalálásához SZTFH -tól kutatási jogot kell szerezni, és az előadáson elhangzottak szerint hatalmas adatállományuk alapján ők területi javaslatokat is tudnak ehhez adni.



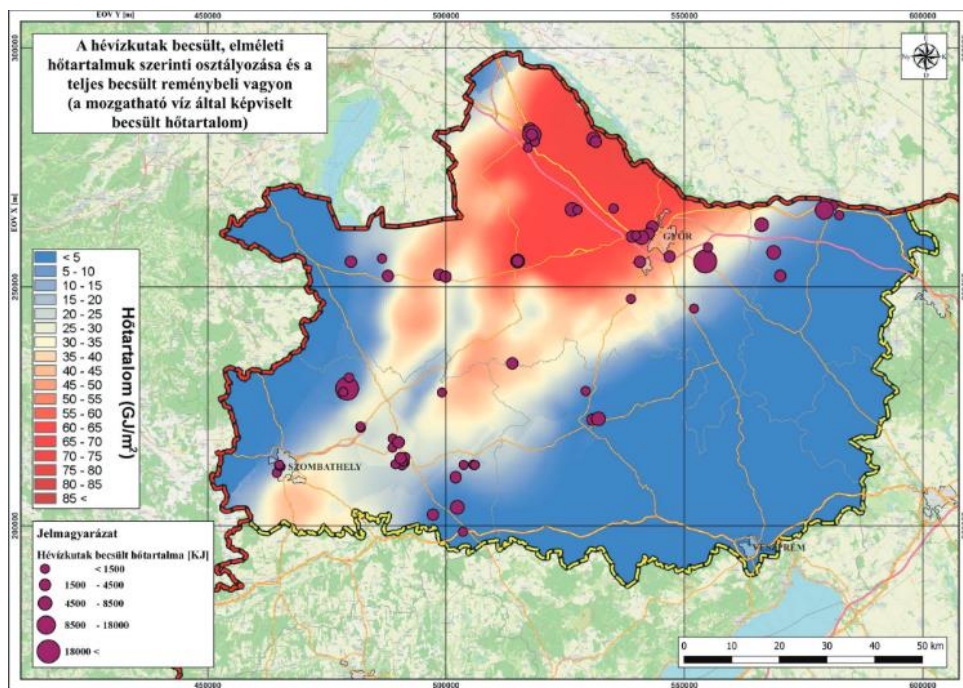
46. ábra Aljzati kristályos rétegekből termelő termálkutak kifelővíz hőmérséklete



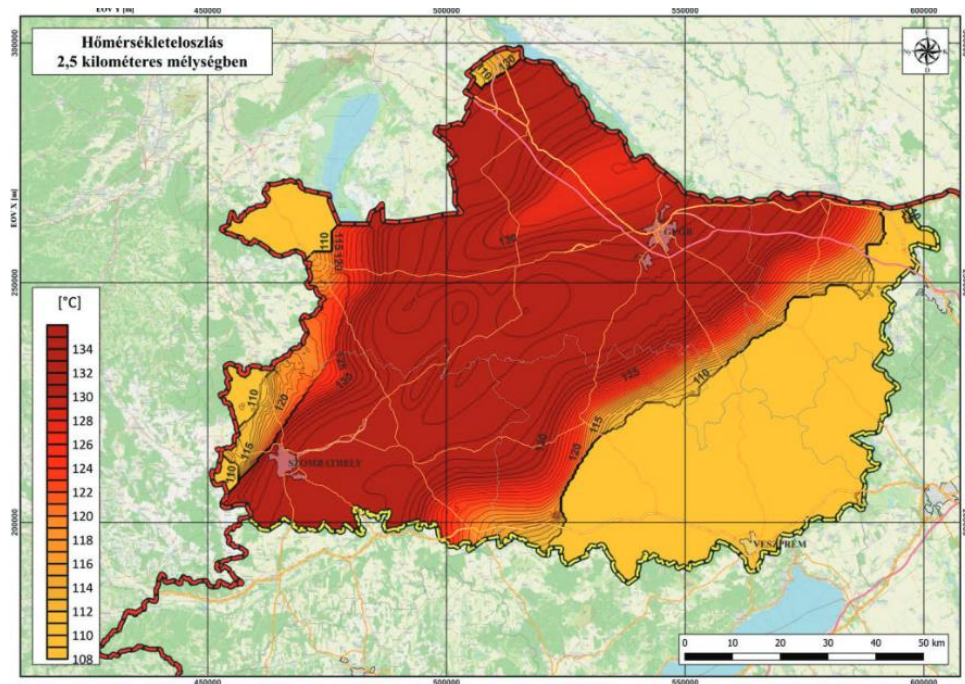
47. ábra Aljzati kristályos rétegek mélységtérképe



48. ábra Aljzati karbonátok rezervoárok



49. ábra Kitermelhető geotermikus potenciál



50. ábra Hőmérsékleteloszlás 2,5 km mélységben

Ezt az adatbázist kellene Városnak felhasználnia úgy, hogy az újabb geotermikus energia kitermelés helyét minél jobban a meglévő távfűtési hálózat topológiájához tudja illeszteni.

Jelenleg ez a távfűtési topológia sugaras rendszerű, mely hidraulikailag determinálja a hőtranszport irányát és nagyságát. Ezen javasolunk az újabb geotermikus energiabetáplálás helyének megválasztásával javítani. Legjobb lenne a Város körül egy körvezeték kialakítása, melybe való betáplálási pont alábbi ábra szerint lenne elképzelhető:

1. változat: Szigetköz felől
2. változat: K-i irányból
3. változat: Meglévő Péri kút irányából

Valamennyi változat esetén megoldódna a távfűtési körvezeték, több-kevesebb új távvezeték építési, illetve a meglévő végzett átalakítással-átkötéssel-áthurkolással.

Valamennyi változat esetén biztonságosabban ellátható lenne a meglévő távvezetékkel fűtött terület lefedettsége, és az épületszigetelések, hőközpont felújítások során biztosított alacsonyabb távfűtési előremenő hőmérséklettel való távfűtés.

Ehhez a körvezetékről megtáplált, jelenlegi sugaras rendszer hidraulikai modellezését feltétlenül el kell végeztetni. A jelenlegi primer távhővezeték hálózat méretezése forróvíz rendszeri paraméterek figyelembevételével történt. Névleges hőmérséklet lépcső (145/75°C). Ennek tükrében a tisztán melegvíz hőmérséklet paraméterekkel (max 90°C) történő hőszolgáltatás jelenleg erősen korlátos. Ezen javíthat az épületek hővédelem fokozásából adódó hőtéljesítmény igény csökkenés, de mindenképpen részletes hidraulikai vizsgálatot igényel a megfelelőség igazolása, ugyanakkor feltételezhető, hogy a hálózat jelentős nyomvonalhossza mentén az alacsonyabb hőmérséklet szint által meghatározott dimenziónövelés válik

szükségessé.

Ez pedig már azt jelentené, hogy további geotermiát lehetne városi távfűtő rendszerbe táplálni, jelentősen növelve a Város távfűtöttségi lefedettségét, mindezt földgázkiváltással, megújuló energiaforrással, karbonsemlegesség növeléssel és a távfűtés díjának csökkenthetőségével!

Újabb geotermikus kút megvalósításának becsült időtartama 2–4 év,
megvalósításának becsült költségei:

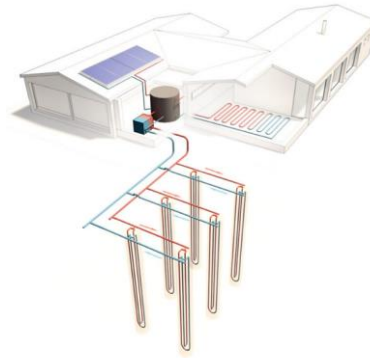
Kútfúrás cca. 2 Mrd Ft

Geotermia átalakító-elosztó, visszatápláló központ cca. 4 Mrd Ft,

Távvezeték építésbecsült költsége a városi távvezeték gyűrűbe táplálása cca. 4–6 Mrd Ft.

Geotermikus energia használatának további lehetősége a talajszondával kinyerhető földhő kitermelés.

Ez max. 135 m mélységű szondák fúrását, és abban hőátadó közeg keringtetését, a felhozott talajhő hőszivattyúzás által való magasabb hőfok szintre emelését jelenti, alábbi szemléltető ábra szerint:



51. ábra Talajszondás hőszivattyú

Ököltszabályként egy-egy 100 m mélységű szondával mintegy 5 kW földhő kitermelése biztosítható, a szondák egymáshoz való telepítésének minimális távolsága 6 m.

Fenti adatokkal cca 750 m² területről 100 kW hő nyerhető ki, és emelhető hőszivattyúzással magasabb fűtővíz hőmérsékletre. Az így nyert geotermia nagyszerűen felhasználható a vizsgált Intézmények, Önkormányzati kezelésben lévő létesítmények megújuló energiával történő hőellátására, a meglévő fűtőrendszereikbe integrálására.

Egy 100 kW egység teljesítményű talajszondás, hőszivattyúzott energiatermelés becsült megvalósítási költsége cca 35 mFt, csatlakozáskész állapotban a létesítmény ellátó rendszerére.

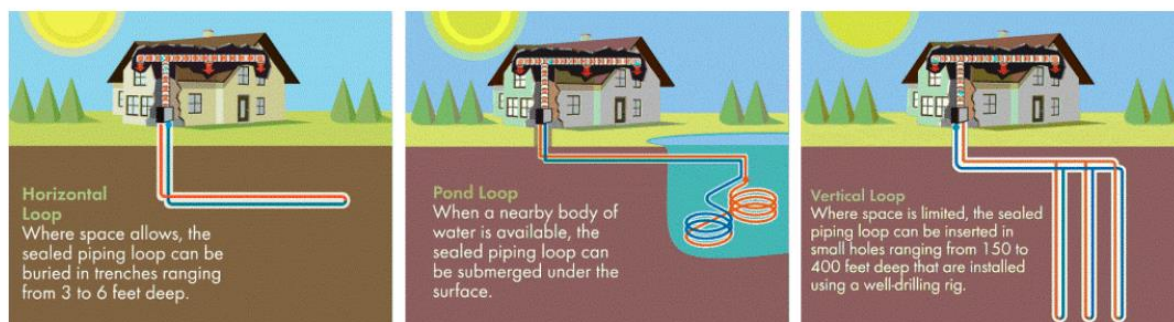
Szellőztető-légfűtő rendszereknél nem okozhat gondot a geotermikus fűtővíz városi távfűtővíznél alacsonyabb hőfoklépcsője, konvekciós, sugárzó fűtőrendszereknél esetenként vizsgálni kell a meglévő hőleadó felületek növelését, vagy a hőszigeteléssel biztosítani a meglévő fűtőfelületek alkalmazhatóságát az alacsonyabb fűtővízhez.

Az Intézmények vizsgálatát tartalmazó táblázatunkat kiegészítettük azzal, mely létesítmények esetében javasolt és alkalmazható a decentralizált geotermikus energiahasználat.

A javaslat elfogadása esetén intézményenként meg kell vizsgálni megvalósításának lehetőségét. Leginkább a nem távfűtött, egyedi gázenergiára alapozott intézményeknél/létesítményeknél látjuk a javaslat elfogadását!

Nem elhanyagolható szempont talajszondás hőszivattyúzás esetén a felhozott talajhő fűtési időszakon kívüli hűtésre, klimatizálásra történő alkalmazhatósága.

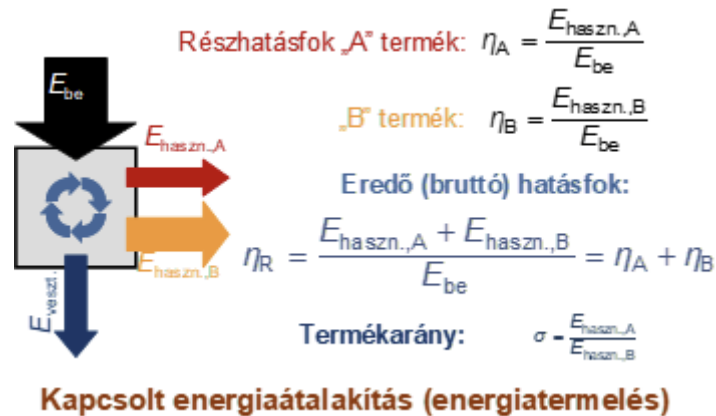
A hőtermelő rendszer (hőszivattyú) nyáron a téli fűtőenergiával közel azonos hidegenergia termelését is biztosítani tudja, ezzel a létesítmény hűtési rendszerébe integrálható, vagy általa kiépíthető a létesítmény eddig nem volt hűtési rendszere!



52. ábra Talajszondás hőszivattyú telepítési változatai

5.1.5. Kapcsolt hő és villamosenergiatermelés gázmotorral

A kapcsolt termelés során 1 technológiával (pl.: gázmotor) állítanak elő 2 terméket (hő és villamosenergia). A termelés költségeit így két termékre kell elosztani. A legegyszerűbb költségfelosztási módszer, amelyet a gyakorlatban is alkalmaznak a maradvány költség módszere. Ezen módszer során az egyik terméket kiválasztva, a kapcsolt termelés teljes hasznát a kiválasztott terméken érvényesítjük. Gázmotorok esetében ez a termék a hő. A kérdést onnan is meg lehet közelíteni, hogy gázmotorral olcsóbb vagy gázkazánnal olcsóbb egységnyi hő előállítása. Az eljárás során a gázmotor termelési költségeit (döntően földgáz és CO₂ kvóta) csökkentjük a termelt villamosenergián elért bevétellel és az így kiadódott maradványköltséget osztjuk fel a termelt hőre. Szélsőséges esetben a maradvány költség negatív is lehet (azaz hőhasznosítás nélkül, tisztán a villamosenergián elért árbevételen megéri üzemeltetni a motort). Viszont bizonyos esetekben a villamosenergián elérhető árbevétel annyira csekély a gáz és szén-dioxid költségekhez képest, hogy a hőre jutó maradványköltség összességében nagyobb hőárat eredményez, mintha a hőt forróvíz kazánban termeltük volna meg. Az alábbiakban erre mutatunk be 1-1 példát.



53. ábra Kapcsolt energiaátalakítás energia sémája

Közvetlen hőtermelés változó költsége földgáztüzelésű forróvíz kazánal:
ahol,

- az előállított hő fajlagos költsége, EUR/MWh
- a földgáz tüzelőhő ára, EUR/MWh
- a szén–dioxid kibocsájtás ára, EUR/t
- a kazán hatásfoka, -
- a földgáz egységnyi energiatartalmára jutó szén–dioxid kibocsájtás, t/MWh

A földgáz alapú gázmotoros kapcsolt termelés gazdaságosságát alapvetően a földgáz és a villamosenergia piaci árának egymáshoz viszonyított aránya adja meg. Minél közelebb van a gáz és a villamosenergia ára egymáshoz annál kevésbé gazdaságos a kapcsolt termelés (elvégre annál több maradvány költség jut a hőre). Minél nagyobb a gáz és a villamosenergia ára közti különbség annál gazdaságosabb a kapcsolt termelés (szélsőséges esetben akár nulla vagy negatív is lehet).

Ezek alapján a kapcsolt termelés fajlagos, egyszerűsített költsége az alábbiak szerint alakul, ahol:

- az előállított hő fajlagos költsége, EUR/MWh
- a földgáz tüzelőhő ára, EUR/MWh
- a szén–dioxid kibocsájtás ára, EUR/t
- a villamosenergia értékesítési ára, EUR/MWh
- a gázmotor elektromos részhatásfoka, -
- a földgáz egységnyi energiatartalmára jutó szén–dioxid kibocsájtás, t/MWh
- fajlagos villamosenergia termelés, -

Az alábbiakban bemutatunk olyan gáz és villamosenergia piaci eseteket, amikor a gázmotoros, illetve a forróvíz kazános hőtermelés a gazdaságosabb. Természetesen ezek napi tőzsdei árak, amelyek hosszabb távú szerződések nem követnek le, valamint nem tartalmazzák a kereskedői jutalékot és egyéb díjakat. Azonban jól jelzi azokat a lehetőségeket, amiket a kapcsolt energiatermelés nyújthat.

Dátum	Földgáz	CO ₂ ,	Áram	Hő ár forróvíz kazán	Hő ár gázmotor
	EUR/MWh	EUR/t	EUR/MWh	EUR/MWh	EUR/MWh
2023.02.14	55,75	90	160,48	81,94	14,63
2023.01.29	110	90	147,64	142,22	149,39

54. ábra Energia árak piaci értékei

5.1.6. Gázmotor-elektromos kazán üzemeltetése hálózat kiegyenlítésre

Magyarországon régóta használnak kombinált ciklusú – azaz elektromos és hőenergiát előállító berendezés – erőműveket. A KÁT (kötelező átviteli tarifa) rendszere kedvezett a gázmotoros erőműveknek, melyek klasszikusan távhők számára települtek. A termelt hőenergiát a helyi távhő fűtésre és melegvíz előállításra felhasználta, a villamos energia pedig értékesítésre került. A KÁT rendszer kivezetésével a gázmotoros erőművek üzemeltetésének profitrátája csökkent.

A villanykazánok kapcsán általános megállapítás volt, hogy drága az üzemeltetésük, hiszen a villany ára ökölszámokkal duplája a földgáz árának. Így a villanykazánok létjogosultsága kisebb teljesítményeknél, illetve a gyér egyéb infrastruktúra esetén érhette meg.

A villanykazánok és a gázmotorok üzeme Magyarországon újra előtérbe került. A miért megértéséhez hátrébb kell lépnünk egyet és a hazai villamos hálózat adottságait kell megvizsgálnunk. A villamos hálózat üzemeltetőjének feladata az energiatermelés és az energiafogyasztás közötti egyensúly fenntartása. Ha egy lakásban felkapcsolunk egy LED lámpát, vagy egy ipari fogyasztónál elindítunk egy komplett gyártósort, akkor mindegyiket ki kell szolgálnia a rendszer irányítójának, azaz egy erőmű teljesítőképességét meg kell növelni. Míg egy nagy ipari fogyasztónál akár tudhatnánk is, hogy mikor indul be a gyártás, addig, a lakossági fogyasztás hektikussága, azaz képletesen mikor kapcsolja be a villamos fogyasztóit a majdnem 10.000.000 lakos, azt nem tudhatjuk előre. A teljes rendszer fogyasztói szokásai egy komplex feladatot generálnak a rendszerirányítók számára, hogy a hálózat a megfelelő paraméterekkel tudjon üzemelni. Amennyiben a termelés és a fogyasztás egyensúlya felborulna, akkor az ellátási gondokat tudna okozni, mely a szolgáltatás szüneteltetésében nyilvánulna meg, vagy a villamos berendezések károsodnának. A rendszerirányító alapvetően az erőművek teljesítményszintjeinek változtatásával hozta mindig egyensúlyba a rendszert. Azért ez sem egyszerű feladat, hiszen egymástól független erőművek termelését kell folyamatosan szinkronban tartani a vásárolt importárammal együtt.

A két legnagyobb hazai villamos energiatermelő erőművünk a Paksi Atomerőmű a 2.000 MW névleges teljesítményével, illetve a lignit alapú Mátrai Hőerőmű 950 MW teljesítménnyel. Ezek az erőművek lassan szabályozhatóak, Magyarországon alaperőműnek számítanak. A rendszer mások oldala az időjárásfüggő erőművek sokasága. Az M1-es autópálya mellett, Győrtől nem messze épült pár szélerőműpark. Folyamatosan felmerül a kérdés, hogy egy ennyire tiszta energiaforrás miért nem tudott elterjedni egy jó adottságú területen, mikor a

szomszédban, Ausztriában gomba mód épültek a szélérőművek. A valós ok, hogy a hálózatunk nem volt kész arra, hogy ezen erőművek hektikusságát le tudja kezelni. Az elmúlt években Magyarország a környezetvédelmi vállalásai miatt a napelemes rendszereket kezdte el támogatni. Ezen vonzó energiatermelés a lakossági és a nagyobb, ipari vonalon is kezdett elterjedni. Oly mértékben megnőtt a hazai naperőművek csúcsteljesítménye, hogy kedvező időjárási körülmények között meghaladta a termelő teljesítményük a Paksi Atomerőmű teljesítményét, sőt a 3.000 MW-ot is. Az egyrészt örvendetes tény, hogy megújuló energiatermelésünk potenciálja kilőtt, de a befogadó rendszert üzemeltetők számára hatalmas erőfeszítéseket generált az eddig taglalt termelői-fogyasztói egyensúly fenntartása kapcsán.

Ezt az egyensúlyt az úgynevezett kiegyenlítő energiával lehet megoldani. Ezt a kiegyenlítő energiát szolgáltatásként adják magyarországi cégek, mint például az E.On Energiatermelő Kft. vagy az Alteo Kft. (a jövőben pedig a MOL). A MAVIR, mint rendszerirányító különböző tendereket ír ki, melyeken a szolgáltatók a teljesítménypotenciáljukat fel tudják ajánlani. A szolgáltatók erőművi portfóliókkal rendelkeznek, melyben például akkumulátorok, gázmotorok vagy akár villanykazánok is szerepelnek. Mit keres a portfólióban egy fogyasztó berendezés, egy villanykazán is? A hálózatban nem csak deficit keletkezhet, mely esetén további erőműveket kell a rendszerbe bekapcsolni, hanem túltermelés is. A naperőművek elterjedése ezt a problémát erősítette fel. Lakossági vonalon a telepített kiserőművek (HMKE – háztartási méretű kiserőművek) semmilyen teljesítményszabályozással nem rendelkeztek, az országos hálózatot használják pufferként. Túltermelés ellensúlyozására célszerű lenne akkumulátorok használata. A műszaki megoldás adott, de a gazdasági relevancia gátat szab az elterjedésének. Például az ELMŰ-ÉMÁSZ beruházásaként Soroksáron egy 1,5 milliárd Forintos beruházás keretében egy 6 MWh kapacitású, 8 MW teljesítmény leadására képes villamos tároló valósult meg 2019-ben. Látható, hogy az akkumulátorok fajlagos bekerülési költsége (Ft/leadható teljesítmény vagy Ft/tárolókapacitás) borzasztóan sok.

A MAVIR a kiegyenlítő áram termelő szolgáltatónak folyamatosan egy teljesítményszintet határoz meg, melyet bizonyos időintervalumon belül követni kell. A portfólióban lévő erőművek egymástól független helyen is lehetnek, érdekesség, hogy a kiegyenlítő áram megtermelésének lokációja irreleváns, azaz adott szolgáltató rendelkezhet erőművel például Győrben és Debrecenben is egyszerre is. Azt, hogy mely erőművel hogyan állítja elő az előírt teljesítményszintet a szolgáltató, azt a saját gazdasági döntései határozzák meg. A gázmotoroknak eltérő pozitív tulajdonságai vannak, lehet nagyon gyorsan felterhelhető vagy például konstans teljesítményen jó hatásfokkal üzemeltethető. A rendszer működésének logikájából az következik, hogy a berendezések kumulált üzemét a szolgáltatón keresztül a MAVIR határozza meg áttételesen.

A villamos kazánok egy viszonylag egyszerű megoldást kínálnak a hálózatban keletkező túltermelések kezelésére. Egyszerűen hőenergia termelésre fordítható a „fölösleges” villamos energia.

Műszaki megoldás kiegyenlítő áram termelésére

A kiegyenlítő áram termelést nem végezheti bárki az országban, ehhez jogosultságok szükségesek. A MAVIR többféle aukciót végez, melyek között akár napi is van. Ez azt jelenti,

hogy a szolgáltatás mértékét – tipikusan a teljesítményt – flexibilisen lehet kezelni. A szolgáltató ezeken a tendereken azt vállalja, hogy igény esetét mekkora teljesítményt tud a rendszerbe betáplálni, vagy elfogyasztani. Tehát itt még csak teoretikus kapacitásokról beszélünk. Itt fog belépni a már említett MAVIR jel, melyet a szolgáltatónak követnie kell. Tehát a változó teljesítményszint kiszolgálásával fognak ténylegesen megjelenni az erőművek, melyek a biztosítják a termelés és a fogyasztás közötti kilengések kiegyenlítését

A távhő szolgáltatók rendelkeznek Magyarországon a legkiszámíthatóbb hőigénnyel, így az ő rendszerükbe erőművek által termelt hő bizonyos feltételekkel betáplálható. Tipikusan gázmotoros és villanykazános rendszerekkel lehet a kiegyenlítő áram szolgáltatást biztosítani. A gázmotorok áram deficit esetén villamos energiát táplálnak a rendszerbe, a villanykazánok pedig a túltermelést tudják „elfogyasztani”. Két gondolkodásmód szokott lenni a villanykazánok teljesítményének meghatározásánál. Azokon a távhős telephelyeken, ahol nincs diverzifikált ellátás – több, alternatív hőforrás – ott a teljes HMV igényre szokták a teljesítményt belőni. Ezzel elkerülhető a hő pufferolása és viszonylag kisebb 1-5 MW teljesítményben lehet gondolkodni. A győri távhő egy sokkal komplexebb rendszer, ahol a meglévő gázkazánok és gázmotorok számottevő hőteljesítménye mellett megjelenik a vásárolt geotermia is. A tapasztalatok alapján egy villanykazánt éves szinten a teljes üzemidő 5-7%-ban hívják be termelni, azaz alap hőellátó berendezésként nem lehet rá számítani. A villanykazánt azért kell prioritaként kezelni, hiszen azáltal termel profitot, hogy rendelkezésre áll a MAVIR számára, mint lehetséges villamos fogyasztó. Műszakilag a nyári hőigénytől jócskán eltérő teljesítményű kazánt két módon lehet lekezelni:

1. A megtermelt hőenergia pufferolása a fogyasztói igényekhez igazodva
2. A villanykazán teljesítményét nyári és átmeneti időszakban nem ajánlja fel egyáltalán, vagy csak részteljesítménnyel az aukción a szolgáltató

A másik, kevésbé elegáns megoldás a vészhűtők telepítése. Ebben az esetben amennyiben a termelt hő nem használható fel a távhőrendszerben, akkor a hő a hűtőkön keresztül a szabadba távozik. Alapvetően ez a módszer nem környezetbarát, de rendszerszemlélettel nézve minden kiegyenlítő energia szolgáltatás további megújuló erőművek (nap, szél) telepítésén segíti elő. Ezáltal mégis környezetbarát megoldásnak számíthat.

Villanykazánok típusai

A kisebb 1-2 MW egységteljesítményű kazánok egy-két 40 lábas konténerbe is elhelyezhetőek, így viszonylag könnyen telepíthetőek a telephely nem használt külterületeire.



55. ábra Ecotherm melegvizes elektromos kazán

(Forrás: <https://ecotherm.com/en/products/electric-boilers/electric-hot-water-boiler/>)

Ezeknek a kazánoknak nagy előnye, hogy nincs standby villanyfogyasztás, a rugalmasságuk ennek ellenére rendkívül jó. A szabályozhatóságuk általában 15-20 kW egységenként megoldható, így viszonylag finoman lehet a MAVIR alapjelet követni velük. Az egyetlen probléma a kazánokkal, hogy viszonylag alacsony, maximum 6 bar nyomást bírnak, így tipikusan hőcserélővel le kell őket választani a távhőrendszer többi részéről. Ennek egyik oldalról többletköltsége van, viszont a vízkémiában nem kell kompromisszumokat kötni a többi berendezés előírásaival. Ezeknek a kazánoknak többsége 0,4 kV teljesítményszinten üzemel, így általában BHTR (betonházas transzformátor) állomást, állomásokat kell telepíteni. A BHTR-ek előnye az engedélyeztetési eljárásoktól mentesség, azonban jelentősen megnövelik a beruházási költséget. A kazánok beszerzése a jelenlegi helyzetben előnyös, kb. 6 hónap alatt legyártásra kerülnek.

A nagyobb, 10-20 MW teljesítményű kazánok tipikusan 10 vagy 20 kV-on üzemelnek, méretük jelentősen nagyobb és általában álló kivitelben készülnek.



56. ábra Melegvizes elektromos kazán

(Forrás: <https://www.auxilien.cz/en/large-electric-boilers/>)

A méretükből adódóan legalább egy könnyűszerkezetes épület szükséges a telepítésükhöz, további hátrányuk pedig a folyamatos standby villamos fogyasztás, ami egy 20 MW-os kazán esetén megközelíti az 50 kW-ot. Jelenleg a szűk piacon ezeknek a kazánoknak a beszerzése problémás, legalább egy év szállítási idővel kell számolni.

Gazdaságossági adatok

A villanykazán Győr város számára saját beruházásban és szimpla hőtermelő egységként egy pozitív hozzáadékkal kecsegtethet csupán, ez pedig a fosszilis energiahordozóktól való függőség csökkentése. Amennyiben feltételezzük az energiapiac normalizálódását, akkor a villamos energia ára mindig meg fogja haladni a földgáz árát, így gazdaságilag nem lesz megtérülő egy 1-1,5 milliárd Ft-os beruházás a távhő oldaláról.

Azonban a kiegészítő energiával kombinálva, mint hővételezést fel lehet ajánlani külső partnerek számára, akik már végeznek jelenleg is kiegészítő energia szolgáltatást. Számukra a távhő 3 db 6 MW teljesítményű gázmotorjai és egy új villanykazán megfelelő alap tud lenni egy hőszolgáltatáshoz. Ezen szolgáltatók a terület bérlése mellett a jelenlegi gazdasági helyzetben (a kormány extraprofit adóját is figyelembe véve) a villamos rendszer fel- és szabályozásával tudnak olyan nyereséget termelni maguknak, hogy a villanykazán beruházást akár 5-8 év alatt ki tudják gazdálkodni egy bizonyos mértékű, távhőszolgáltató számára adott hődíjkezdvezménnyel együtt.

A Győr-Szol Zrt.-től kapott információk alapján a Győr-Szol Erőmű a KÁT 2011. évi megszűnése óta részt vesz az országos villamos rendszer kiszabályozásában. Jelenleg is részt vesz a kiszabályozásban egy villamosenergia kereskedő által üzemeltetett szabályozó központon keresztül. Javasoljuk a továbbiakban is folytatni ezt a tevékenységet. Ezt érdemes lehet kiegészíteni villanykazánnal, ami a hálózatról kedvező áron tud túltermelés esetén elektromos energiát vételezni, amit fűtésre lehet felhasználni.

Fontos megemlíteni, hogy a távhő meglévő infrastruktúrája – kiemelten a gázmotorok transzformátorai – a kiegyenlítő áram termelésnek egyik alappillére. A villanykazán fogyasztása és a gázmotorok áramtermelését külön meg kell tudni mérni és a cél a meglévő, gázmotorok számára kiépített elektromos kábel használata lenne. Ebből adódóan a gázmotorok és a telepítendő villanykazán párhuzamos üzeme nem megoldható, de nem is szükséges.

Egy létesítendő elektromos kazán megtáplálását a többi rendszertől független módon lehet csak elképzelni, az ehhez szükséges transzformátorokkal, védelmekkel együtt, ugyanakkor a meglévő elektromos rendszerhez való illesztésük gondos tervezés alapján valósulhat meg.

5.1.7. Villamosenergia tárolása vízbontással (elektrolízis), H₂ formájában

A villamos energia felhasználása gáznemű tüzelőanyagok előállítására a kémiai energiátárolás egy formája. Egy ilyen Power to Gas technológia a vízbontással történő hidrogén termelés, melynek során a tárolni kívánt villamos energia az elektrolízis folyamatában alakul át kémiai energiává. A folyamat közben a vízmolekulák alkotóelemeikre, hidrogénre és oxigénre bomlanak. Az elektrolizáló cellában a pozitív és negatív elektródák (anód és katód) ionvezető elektrolitban helyezkednek el, ami általában lúgos oldat (alkáli) vagy polimer membrán (PEM), ritkább esetben szilárd oxid, azaz kerámia (SOEC). A lúgos oldat rendszerint kálium hidroxid (KOH) 30%-os vizes oldata, ez a régebb óta fejlesztett technológia. A PEM elektrolizálóban a protoncserélő membrán képezi az elektrolitot, ez egy újabb megoldás, de ma már ez is piacérett technológia, viszont az előbbinél drágább anyagok szükségesek hozzá. A harmadik technológia a magas hőmérsékletű szilárd oxidos elektrolízis, ahol a villamos áram mellett hőbefektetés is szükséges a folyamathoz, ez ma még kevésbé elterjedt. Mindhárom esetben a katód felületén hidrogén, az anódon oxigén termelődik, a folyamat fenntartásához szükséges energiát a két elektróda között folyó egyenáram biztosítja.

A hidrogén termelés növelésének eléréséhez elemi elektrolizáló cellákat kapcsolnak össze, modulokat képeznek. Ilyen modulokból állítható össze a kívánt hidrogéntermelési kapacitásra alkalmas berendezés. Az elektrolizálók ma már széles teljesítménytartományban elérhetők, a piacon számos gyártó terméke jelent meg az elmúlt években, a fejlesztések folyamatosan zajlanak. A vegyiparban évtizedek óta működnek több tíz MW villamos teljesítményű lúgos elektrolizálók, de a PEM technológiára épülők közül is van már egy 20 MW-os egység Kanadában és egy 10 MW-os Németországban. A szilárd oxidos elektrolizáló modulok egyenlőre kisebb egység teljesítményűek (~1MW), de gyorsan fejlődnek az utóbbi időben. A három különböző technológia jellemzőit a következő táblázat foglalja össze. (forrás: IEA (2019), The Future of Hydrogen: Seizing today's opportunities, OECD, Paris Cedex 16)

Technológia	Alkalikus	PEM	SOEC
elektromos hatásfok [%]	63-70	56-60	74-81
üzemi hőmérséklet [°C]	60-80	50-80	650-1000
üzemi nyomás [bar]	1-30	30-80	1
élettartam [1000 h]	60-90	30-90	10-30
beruházási költség (USD/kW)	500 -1400	1100-1800	2800-5600
flexibilis üzem	nem	igen	nem

14. táblázat Elektrolizáló cellák összehasonlítása

A termelt hidrogén fűtőértékének és a felhasznált villamos energiának a hányadosa értelmezhető hatásfokként. Ez jelenleg a SOEC technológiánál a legmagasabb, ráadásul a tervek szerint további fejlesztésekkel később elérheti a 90%-ot. Ez azért lehet ilyen magas, mert ennél a technológiánál a befektetendő energia egy részét hőként kell bevezetni, és az nincs beleszámítva a hatásfokba. Hátránya, hogy élettartama elmarad az alkalikus és PEM elektrolizálókétól, és beruházási költségek is nagyobbak. Emellett magas hőmérsékleten kell őket üzemeltetni, ami csak akkor lehet gazdaságos, ha ezt sikerül hulladékhővel megvalósítani.

A napelemek és szélturbinák gyorsan változó üzeme miatt kialakuló villamos energia túltermelések levezetésére a PEM elektrolizálók lehetnek a legalkalmasabbak, mivel ezek képesek a gyors indításra/leállításra és terhelésük is gyorsan változtatható. A másik két típus csak folyamatos üzemben tud jól termelni. A hatásfokok alapján következtetni lehet a technológiák által előállítható fajlagos H₂ mennyiségekre is. A hidrogén gáz fűtőértéke 10,783 MJ/Nm³.

A hatásfok és ebből a fajlagos hidrogéntermelés:

$$\eta_e = \frac{F_{H_2} \cdot \dot{V}_{H_2}}{P_e} \rightarrow \frac{\dot{V}_{H_2}}{P_e} = \frac{\eta_e}{F_{H_2}} \left[\frac{Nm^3/s}{MW} \right] \text{ és } \frac{\dot{V}_{H_2}}{P_e} = 3600 \cdot \frac{\eta_e}{F_{H_2}} \left[\frac{Nm^3/h}{MW} \right]$$

ahol $\eta_e \left[\frac{MW}{MW} \right]$ elektrolizáló hatásfoka

$F_{H_2} \left[\frac{MJ}{Nm^3} \right]$ hidrogén fűtőérték

$\dot{V}_{H_2} \left[\frac{Nm^3}{s} \right]$ hidrogén térfogatáram

$P_e \left[MW \right]$ villamos teljesítmény

Ennek megfelelően 1 MW villamos teljesítménnyel az alkalikus elektrolizálók esetében a legjobb jelenlegi hatásfok mellett 233,7 Nm³/h, a PEM típusúakkal 200,3 Nm³/h, a SOEC technológiával pedig 270,4 Nm³/h hidrogén gáz állítható elő. Ezekből a fajlagos termelési kapacitásokból a napi villamos áram túltermelés trendjének ismeretében meghatározható a szükséges tárolóméret.

Az előállított hidrogén gáz tárolása és szállítása nem egyszerű feladat, mivel ebből a szempontból van néhány kedvezőtlen tulajdonsága. Sűrűsége fizikai normál állapotban (0 °C, 101325 Pa) mindössze 0,0899 kg/Nm³, ezért atmoszférikus nyomáson csak kis energiasűrűséggel lehet tárolni. A kis molekulaméret miatt komoly feladat a tárolóterek és csővezetékek megfelelő tömítettségének kialakítása is. Ugyanezen tulajdonsága miatt a hidrogén képes beépülni a fémek rácsszerkezetébe, megváltoztatva azok mechanikai tulajdonságait (hidrogén ridegedés jelensége).

Egy ideális energiahordozó tároló a következő tulajdonságokkal rendelkezik:

- belső terében a nyomás és a hőmérséklet a környezeti közelében van
- a tárolt anyag töltése és ürítése gyorsan végezhető
- nagy a tárolt anyag térfogati energiasűrűsége a tárolási körülmények között
- minimális a tűz és robbanásveszély
- költséghatékony
- az élettartam alatt megvalósítható feltöltési és kisütési ciklusszám magas

Sajnos a hidrogén gáz fentebb említett kedvezőtlen tulajdonságai miatt a valóságban alkalmazható tárolók a kompromisszumok miatt nagyon távol állnak az ideálistól. Eddig négy az iparban is alkalmazható technológia alakult ki gázok tárolására, ezek a geológiai, a fizikai, az adszorpció és a kémiai tárolás.

Nagy mennyiségű hidrogén költséghatékony tárolására a geológiai formációkban történő tárolás a legalkalmasabb. Olyan földfelszín alatti képződmények ezek, amelyeket alacsony gázáteresztőképesség jellemez. Magyarországon a víztartó rétegek és a kimerült és a kimerült földgázmezők jöhetnek szóba, mint földfelszín alatti hidrogéntárolók. A víztartó rétegek esetében a porózus kőzetekbe zárt víz működik gázzárként, mivel a hidrogén vízdoldhatósága igen alacsony. Ennél még kézenfekvőbb a kimerült földgázmezők alkalmazása, hiszen azok a kitermelés előtt hosszú évmilliókig képesek voltak a bent lévő gázt magukban tartani. Földgáz és széndioxid geológiai szerkezetekben történő tárolásával kapcsolatban már komoly tapasztalatok vannak, hidrogénnel viszont még szerények az ismeretek.

A fizikai tárolás rendszerint sűrített gázként vagy cseppfolyós halmazállapotban tartályokban, palackokban történik. A gáz nyomását jellemzően 200, 300 és 700 bar nyomásig növelik kompresszorok segítségével. A tároló tartály anyaga általában valamilyen nagy szakítószilárdságú speciális kompozit. A cseppfolyós halmazállapotban történő tárolás előnye a sűrített gázhoz képest a sokkal magasabb térfogati energiasűrűség és nincs szükség nagy nyomásra. Hátránya viszont, hogy a folyékony halmazállapot eléréséhez a hidrogént le kell hűteni -253 °C-ra és kondenzáltatni. A tárolás során is fenn kell tartani ezt az alacsony hőmérsékletet, ezért nagyon komoly tartályszigetelésre van szükség. Ez a tárolási módszer nagyon energiaigényes és gazdaságtalan, főleg, ha hosszú távú tárolásra van szükség.

A nagy fajlagos felületű anyagokon történő fizikai megkötés, vagyis az adszorpció a hidrogén tárolásának egy másik lehetséges módja. Az adszorbensek gázmegkötő képessége

javítható a nyomás növelésével és a hőmérséklet csökkentésével. Ez a technológia azonban jelenleg csak laboratóriumi és félüzemi körülmények között áll rendelkezésre.

A kémiai tárolás esetében a hidrogén molekulákat megfelelő kémiai reakciók segítségével olyan tárolóvegyületekké alakítják, melyek stabilabbak, biztonságosabban és gazdaságosabban tárolhatóak, könnyebben kezelhetőek és amelyekből később a hidrogén vagy a vegyületben tárolt kémiai energia könnyen kinyerhető. Az egyik ilyen tároló vegyület csoport a hidridek. A legfontosabbak a magnézium- és alumínium-hidrid, valamint a fémhidridek. Előnyük, hogy segítségükkel környezeti nyomáson tárolható a hidrogén, viszont a kémiai folyamatok nagyon lassúak, és a hidrogén felszabadításához magas hőmérsékletre kell őket hevíteni. Viszont jelenleg ezek sem alkalmasak a nagy volumenű ipari hidrogéntárolás megvalósítására. Erre a célra megfelelőbbek azok a vegyületek, amelyeket az iparban elterjedten és nagy mennyiségben használnak. Ilyen az ammónia, a metanol vagy a hangyasav. Ezek tárolására már megvannak a megfelelő eszközök. Ugyan ezekből sem egyszerű a hidrogén visszanyerése, de sokszor ez nem is cél, mert az ammónia és a metanol is közvetlenül felhasználható energiatermelésre, így a tárolt energia visszanyerhető.

A hidrogén szállítására is felmerülhet az igény, ha a benne tárolt energiát nem a termelés helyén szeretnénk felhasználni. A földgázéhoz hasonló távvezetékek hazánkban jelenleg nem állnak rendelkezésre, csővezetéken történő szállításra csak az iparterületeken belül található példát. A nagyobb távolságokra történő szállítás közúton vagy vasúton szállított tárolótartályok és palackok segítségével történhet, amelyekbe sűrített vagy cseppfolyós állapotú gázt töltenek.

A hidrogénben tárolt energia visszanyerésére több technológia is alkalmas lehet. Ha villamos energia termelése a cél, akkor a tüzelőanyagcellák, gázmotorok és a gázturbinák jönnek számításba. A tüzelőanyagcellák közvetlenül villamos energiát állítanak elő a hidrogén felhasználásával, de vannak típusok, amelyek metanollal, ammóniával vagy hangyasavval is működnek. Az átalakítási folyamat közben járulékosan hő is keletkezik. Felépítésüket tekintve hasonlóak az elektrolizálókhöz, fő részei az anód, katód és köztük lévő elektrolit, de esetükben fordított folyamat játszódik le. Az anódon oxidáció (elektronleadás), a katódon redukció (elektronfelvétel) történik. Az elektronok az anódról a katódra az összekötő fémes vezetőkön keresztül jutnak el, ide kapcsolható be az elektromos fogyasztó. Az elektrolizálókhöz hasonlóan itt is többféle technológia létezik eltérő tulajdonságokkal, esetükben is az alkalmazott elektrolit alapján különböztetik meg őket. Így beszélhetünk alkalikus (AFC), protoncserélő membrános (PEMFC), foszforsavas (PAFC), olvadékkarbonátos (MCFC) és szilárd oxidos (SOFC) tüzelőanyagcellákról. A proton cserélő membrános technológia alváltozatai a direkt metanolos (DMFC), direkt etanolos (DEFC) és a direkt hangyasavas (DFAFC). A relevánsabb technológiák tulajdonságait a következő táblázat foglalja össze. A táblázatban szereplő adatok természetesen csak tájékoztató jellegűek, a fejlesztések folyamatosan zajlanak, elsősorban a hatásfok növelésének érdekében. A hatásfok itt a termelt elektromos teljesítmény és a tüzelőanyaggal befektetett teljesítmény hányadosa.

Technológia	Üzemanyag	Üzemi hőmérséklet [°C]	Hatásfok [%]	Élettartam [1000 h]
AFC	H ₂	60-90	60-70	40
PEMFC	H ₂	70-220	50-70	60
DMFC	metanol	50-120	20-30	
PAFC	H ₂ , CH ₄ , metanol, biogáz, szintézisgáz	160-220	50-60	30-60
MCFC	H ₂ , CH ₄ , metanol, biogáz, szintézisgáz	600-700	55-65	20-40
SOFC	H ₂ , CH ₄ , metanol, biogáz, szintézisgáz	700-1000	60-70	90

15. táblázat Tüzelőanyagcellák összehasonlítása

Ha a hidrogén technológia alkalmazásával a célunk valóban a villamos energia időszakos eltárolása, akkor érdemes megvizsgálni, hogy ez milyen összhatásfokkal történik. Ha a folyamathoz használt elektrolizáló hatásfoka 60%, a tüzelőanyagcelláé szintén 60%, akkor a visszanyert villamos energia nem lehet több mint az eredeti mennyiség 36%-a ($0,6 \cdot 0,6 = 0,36$). Ezt természetes tovább rontja a hidrogén tárolás energiaigénye, ez azonban nagyon technológiától függő. Az energiaigényesebb megoldásokkal nagyon alacsony összhatásfok is adódhat, ami megkérdőjelezheti a tárolási technológia gazdaságosságát. Ezért is folynak olyan intenzív kutatások a környezeti körülmények között történő hidrogéntárolás lehetőségeinek területén, és természetesen az elektrolizálók és tüzelőanyagcellák hatásfokának javítása érdekében. A hatásfok szerepét persze csökkenti az a körülmény, ha nagyon olcsón termelhető villamos energia tárolásáról van szó, ekkor még az alacsony hatásfok ellenére is megérheti.

A hidrogén, vagy a tároló vegyületek hőerőgépekben is eltüzelhetők. Ekkor a tüzelőanyagban tárolt energia előbb hő- majd mozgási energiává alakul, végül egy generátoron villamos energiává. A gázmotorokat és gázturbinákat eredetileg jellemzően földgázra tervezték, hidrogén felhasználása ezekben általában csak kisebb-nagyobb arányú bekeveréssel történhet. Az elmúlt években azonban intenzív kutatások indultak a tisztán hidrogénnel üzemeltethető gázmotorok és gázturbinák fejlesztésének területén, és már vannak is ilyen berendezések. A ilyen berendezések kifejlesztése során nyert tapasztalatokat hasznosítják a régi gépek hidrogénes üzemre való átállításának megvalósításánál.

Ha a tárolást követően a hidrogént nem villamos, hanem tisztán hőenergia termelésre kívánjuk felhasználni, akkor kazánokban is eltüzelhető. Ezen a területen is folynak a fejlesztések, a háztartási kazánok területén már megjelentek a tisztán hidrogénnel üzemelő berendezések. A nagy ipari méretű régin kazánok esetében az átállítás nehézkes, a hidrogén

fizikai és tüzeléstechnikai tulajdonságai nagyon különböznek az eredeti földgáz tüzelőanyagétól, és rendszerint nem elegendő az kazánégő egyszerű lecserélése.

Intenzív kutatások folynak arra vonatkozólag, hogy az elektrolízissel nyert hidrogén szén-monoxid (környezeti levegő bontásából nyerhetően) hozzákeverésével olyan szintetikus gázt állítsanak elő, melyek a meglévő földgáz üzemű hőtermelőkbe károsodás nélkül földgázhoz hasonló hatásfokkal felhasználható legyen. A kutatások jelenlegi eredményei alapján jó esélyek mutatkoznak ennek a technológiának a megvalósulására, mely esetben például Győr-Szol Zrt. földgáz üzemű hőtermelő berendezési is alkalmasak ennek fogadására és megújuló, karbonsemleges energiával történő üzemeltetésére. A cél elérését a legnagyobb autógyártók érdeke, és szerepük a kutatás eredményességében garantálja.

A hidrogénben történő tárolás, és a hidrogén alkalmazása tüzelőanyagként napjainkban az egyik legfontosabb területe az energetikának, az eszközök fejlesztése gyorsan történik, jelentős támogatásokkal. A későbbiekben várható, hogy ez is, mint minden eddigi próbálkozás a fenntartható energiagazdálkodás területén be fog épülni a mindennapjainkba.

5.1.8. Közvetlen H₂ felhasználás vizsgálata a meglévő földgáztüzelésű kazánokban, gázmotorokban. A jelenlegi kazánok teljesítménynövelésének vizsgálata

A hidrogén gáz felhasználása történhet közvetlenül, vagy különböző konverziós eljárásokat követően kémiaiilag összetettebb és kedvezőbb fizikai és tüzeléstechnikai tulajdonságú anyagként (pl.: metán, metanol). Az átalakítás természetesen energiabefektetéssel jár, és a legkedvezőbb a közvetlen felhasználás. Viszont ezt nehezíti, hogy a hidrogén tulajdonságai jelentős eltéréseket mutatnak a többi elterjedten használt éghető gázhoz, például a metánhoz képest, ami a földgáz fő összetevője (1. táblázat). Ezért olyan berendezéseket, amelyeket földgáz tüzelésre terveztek általában nem lehet tisztán hidrogénnel üzemeltetni, legfeljebb annak valamilyen arányú bekeverése mellett.

Jellemző	metán	hidrogén
Fűtőérték (MJ/kg)	46,72	119,7
Fűtőérték térfogatra vonatkoztatva (MJ/m ³)	32,97	10,22
Sztöchiometrikus keverék fűtőértéke (MJ/m ³)	3,13	3,02
Sűrűség normál állapotban (kg/m ³)	0,67	0,08
Moláris tömeg (kg/mol)	16,04	2,02
Alsó és felső gyulladási határ (V/V %)	5,3-15,0	4,0-75,0
Lamináris lángterjedési sebesség (m/s)	0,38	2,65-3,25
Öngyulladás hőmérséklet (K)	813	858

Adiabatus láng hőmérséklet (K)	2224	2379
Minimális gyulladási energia (mJ)	0,28	0,02
Lángkioltási távolság (mm)	2,03	0,64

16. táblázat A metán és a hidrogén gázok jellemzői

A táblázat adataiból látszik, hogy a hidrogén sűrűsége nagyon alacsony környezeti nyomáson. Ebből következik, hogy míg a tömegegységre vonatkoztatott fűtőértéke több mint kétszerese a metánénak, de a térfogategységre vonatkoztatott csak kevesebb, mint harmada. Ebből következik, hogy azonos tüzelési teljesítmény megvalósításához több, mint háromszor akkora térfogatáram szükséges hidrogénből. A különbség a tüzelőanyagvezetékek méretezésénél is jelentkezik. A következő jelentős különbség a gyulladási határokból mutatkozik, a hidrogén levegővel keverve jóval szélesebb koncentrációtartományban gyulladóképes. Ez a lángstabilitásra például pozitív hatással bír. A hidrogént az égéséhez szükséges levegőmennyiséggel elkeverve, és a keveréket egy ponton meggyújtva a kialakuló lángfront sebessége nyolc és félszer akkora, mint metán esetében. Ha stabil tüzelést akarunk létrehozni, akkor a gáz levegő keverék sebességének egyensúlyban kell lennie a lángterjedési sebességgel, azaz hidrogén esetében nyolc és félszer akkora áramlási sebességre van szükség. A hidrogén minimális gyulladási energia mennyisége igen kis érték, azaz nagyon könnyen begyűjthető. Ez egyrészt előny, mert kisebb teljesítményű szikra elegendő a gyújtáshoz, viszont a széles gyulladási koncentrációhatárokkal kiemelten nagy a nem kívánt égési reakció valószínűsége a többi gázhoz képest. A motoroknál fontos gyulladási késedelem értéke hidrogén esetén alacsonyabb, más tüzelőanyagba való bekeverésével a késedelem csökkenthető. A lángkioltási távolság értéke megmutatja, hogy a hideg fémfelületekhez milyen közel tudnak lejátszódni égési reakciók. Ez tulajdonképpen egy reakció nélküli réteg, ami bevonja az égést határoló fémfelületeket. Ennek a rétegnek a vastagsága hidrogén esetében harmada a metánhoz képest.

Győr városában számos földgáz üzemű energetikai nagyberendezés működik, forróvízkazánok, gázmotorok és gőzkazánok (2-4. táblázatok). Amennyiben közvetlen hidrogénfelhasználást szeretnénk megvalósítani valamelyik berendezéssel, részletesen meg kell vizsgálni annak tüzelőrendszerét.

	Forróvíz kazánok	Tüzelőanyag	Névleges hőteljesítmény [MW]	Üzembehelyezés éve
1.	PTVM-50-2 (12 oldalégő)	földgáz	58,15	1972
2.	PTVM-50-2 (12 oldalégő)	földgáz	58,15	1971
3.	PTVM-50-2 (4 fenékégő)	földgáz	58,15	1975
4.	PTVM-50-2 (4 fenékégő)	földgáz	58,15	1976
5.	KGVM-100 (3 oldalégő)	földgáz	116,3	1983

17. táblázat Forróvízkazánok

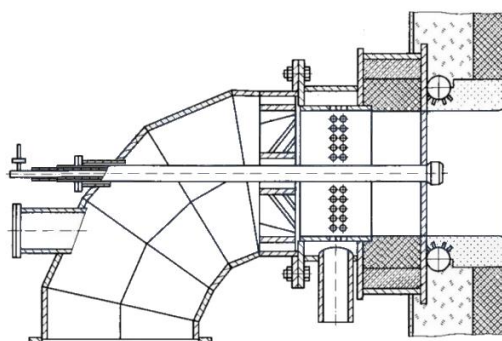
Gázmotorok		Tüzelőanyag	Névleges hőteljesítmény [MW]	Üzembehelyezés éve
1.	Wärtsilä Finland Oy, 18V34SG	földgáz	5,88	2002
2.	Wärtsilä Finland Oy, 18V34SG	földgáz	5,88	2002
3.	Wärtsilä Finland Oy, 18V34SG	földgáz	5,88	2003

18. táblázat Gázmotorok

Gőzkazánok		Tüzelőanyag	Névleges hőteljesítmény [MW]	Üzembehelyezés éve
1.	Láng Gépgyár HLG 4/12	földgáz	2,6	2002
2.	Láng Gépgyár HOK 12/12	földgáz	7,8	1981
3.	Láng Gépgyár HLG 12/16	földgáz	7,9	1989
4.	Vulcan HOK 12/12	földgáz	7,8	1980

19. táblázat Gőzkazánok

A forróvízkazánok közül egy PTVM-50 a 12 eredeti Veiki oldalégővel, a másik kettő négy új Oilon fenékégővel, a KWGM-100 szintén az eredeti három oldalégőjével működik. 2019-ben új égők kerültek beépítésre. A PTVM kazánok oldalégői rendkívül egyszerű szerkezetek (8. ábra), a levegő egy perdítőelemen keresztül érkezik a keverőtérbe, ahová az éghető gáz az elosztógyűrű belső felületén lévő furatokon át, merőlegesen áramlik be.



57. ábra PTVM-50 forróvízkazán eredeti oldalégője

Az égőt saját, állandó fordulatszámú ventilátor látja el levegővel, a tüzelési teljesítmény nem változtatható, a kazán összes tüzelési teljesítménye égők kikapcsolásával csökkenthető. A hidrogén-levegő keverékben a lángterjedési sebesség nyolcszorosa a földgáz(metán)-levegő keverékben mérhető értéknek, ezzel kellene egyensúlyt tartania a keverék kiáramlási sebességének. Viszont ennél az égőnél a gáz-levegő keverék sebessége nem változtatható, állandó érték. Ha a lángterjedési sebesség a nagyobb a hidrogénbekeverés miatt, akkor a láng visszaül az égőbe, már a gázbefúvó furatoknál megjelenik az égés, ami túlzott hőterhelést jelent az égő szerkezeti elemeinek. Tehát az oldalégős PTVM kazánok átalakítás, égőcsere nélkül nem alkalmasak a hidrogénes üzemre. A KWGM-100 kazánról is, annak a tüzelőrendszere felépítését és működését tekintve azonban eltér egymástól.

A másik két PTVM-50 kazán nemrégiben lett felújítva, tüzelőrendszerét teljesen átalakították. Az eredeti oldalégőket kiszerezték, a beépítési helyüket a kazán falán megszüntették. A kazán alján alakították ki az új Oilon gyártmányú fenékégők csatlakozását a kazánhoz. A gyártó ezirányban történt fejlesztéseinek köszönhetően ezeknél az égőknel a hidrogén bekeveréses tüzelés technikai megvalósítása már kidolgozott. Már az alapkvitelű égő esetén is megengedett 4 tf% hidrogénbekeverés. Ennél magasabb arány már a speciális égők alkalmazását teszi szükségessé.

Azonban további megvizsgálandó kérdések is felmerülnek. A hidrogén bekeveréssel megváltozik a kazán tűzterében lejátszódó hőfelszabadulás térbeli eloszlása, a láng sugárzóképesége, és ezáltal a tűztéri hőcsere folyamata. A különböző fűtőfelületek (tűztér, I. és II. konvektív felület) hőterhelése is megváltozik, ez hatással lehet a kazán hatásfokára. Tehát a hidrogénfelhasználás hatásainak előzetes megítéléséhez szükséges elvégezni egy átfogó hőtechnikai számítást is a hőhasznosításra.

Egy másik kérdés a biztonsági rendszerek megfelelő működésének biztosítása hidrogénfelhasználás mellett is. A hidrogén alsó és felső gyulladási határkoncentrációja széles tartományt ölel fel. Nem várt égési reakciók kialakulása elkerülhető, ha a tüzelőanyag-levegő koncentráció az égőképes tartományon kívül van. Az ilyen nem várt reakciók kialakulását, néhány kivételes esettől eltekintve a tüzelőanyag-levegő koncentráció alsó gyulladási határ alatt tartásával oldják meg. Tüzelőberendezések indítása, vagy újra indítása csak abban az esetben folytatható, ha a tűztérben és a kapcsolódó füstgáz járatokban nincs égőképes keverék. Emiatt minden tüzelőberendezés induláskor előszellőztetést végez. Az előszellőztetés akkor tekinthető megfelelőnek, ha a tűztér és kapcsolódó füstgáz járatok egyetlen pontján sem éri el a tüzelőanyag koncentráció az alsó gyulladási határ 25%-át. Ez a gyulladási határ megváltozik, ha hidrogén bekeverés történik, így változik az előszellőztetéshez szükséges idő is, ami a kazán automatikájának átprogramozását teszi szükségessé. A hidrogén megjelenése a kazánház vésszellőző rendszerét is érinti. A biztonsági rendszernek a tüzelőberendezésekben használt gázra vonatkozó alsó gyulladási határérték 20%-ának elérésekor működésbe kell lépnie és el kell indítania a vésszellőztető berendezéseket.

Hidrogéntüzelés esetén mindig számolni kell a fémek ridegedésének jelenségével. Az égés során magas hőmérsékleten a hidrogén molekulákból hidrogén atomok keletkeznek, amik kis méretüknél fogva könnyen be tudnak lépni a fémek rácsszerkezetébe, ott diffundálódnak, felhalmozódnak. A fémek mechanikai tulajdonságai megváltoznak, rideggé válnak, ami könnyen töréshez, repedéshez vezet. Ezt is figyelembe kell venni hidrogénfelhasználás esetén.

A három földgázüzemű gázmotor mind azonos típusú, Wärtsilä 18V34SG, melyek gyárilag alkalmasak 3 tf% hidrogénbekeveréssel működni, de 15 tf%-ig vannak megoldásaik, ahhoz azonban átalakításokra is szükség van. Jelenleg minden gázmotor gyártó intenzíven foglalkozik a tisztán hidrogénüzemű gázmotorok fejlesztésével, és a hidrogén földgázba történő bekeverésével történő üzemeltetés megvalósításával. Emellett igyekeznek megoldásokat találni a régebbi gázmotorok hidrogénes üzemeltetésére is. A régi motoroknál általában változtatni kell a motor gázellátó rendszerét, a gázkeverőt, valamint a gyújtás-rendszert. A műszaki biztonság

érdekében meg kell oldani a szívócsőbe történő visszagyulladás lehetőségének kizárását.

A belsőégésű motorok teljesítményét, hatásfokát és károsanyag kibocsátását a bevezetett tüzelőanyagok égési folyamatai alapvetően befolyásolják. Az égési folyamatok alakulását pedig nagyban meghatározza az alkalmazott tüzelőanyag fajtája és fizikai állapota. A hidrogén és a metán tulajdonságai közötti különbségeket már az 1. táblázat kapcsán láttuk. A gyulladási határok szélesedése kedvező a nagy légfeleslegű motoroknak, mivel azok még nagyobb légfelesleg mellett üzemeltethetők. A gyulladási késedelem, ami a gyújtás és az égéskezdet között eltelt idő intervallum a hidrogén bekeverésével lecsökken. Hidrogén bekeverés hatására az égési folyamat időtartama számottevően lerövidül, megnő a hőfelszabadulási sebesség a hengerben, ami teljesítmény és hatásfok növekedést eredményez. A hidrogén bekeverés nagyobb égési sebességet és nagyobb csúcsnyomásokat (nagyobb termikus és mechanikus terhelést) eredményez, erre megoldás lehet a kompresszióviszony csökkentése vagy a légfelesleg növelése.

Az emissziós határértékek betartása érdekében a motorokat optimalizálni kell a hidrogénes, vagy hidrogén bekeveréses üzemre. A nagyobb alkalmazható légfelesleg miatt a hidrogén bekeveréses motoroknál kisebb NO_x emissziók érhetők el, mint földgázüzemű motorok esetén. Az elégetlen szénhidrogén (C_xH_y) emisszió elsősorban a hideg felületek (henger, dugattyú, hengerfej) közelében szokott képződni, mivel ott az égési reakciók befagynak. Hidrogén bekeverés esetén, a megnövekedett lánghőmérséklet és a kisebb kioltási távolság miatt a fal közeli, reakció nélküli határreteg vékonyabb, így kevesebb C_xH_y keletkezik. Továbbá a keverék szén (C) tartalma is kisebb, hiszen a tüzelőanyag egy részét hidrogénnre cseréltük, ez szintén csökkenti a C_xH_y emissziót. A megnövekedett égési hőmérséklet nem csak az elégetlen szénhidrogén, hanem a keletkező szénmonoxid mennyiségét is csökkenti. Összességében a hidrogén bekeverés csökkenti a gázmotorok károsanyag emisszióját.

A négy földgáz tüzelésű gőzkazán esetében a hidrogén alkalmazása hasonló problémákba ütközik, mint a forróvízkazánok esetében. Az eredeti égő nem alkalmas a módosított tüzelőanyaggal való üzemre, azt vagy át kell alakítani, vagy le kell cserélni. Ugyanez igaz a gázvezetékekre és gázszerelvényekre is.

A kazánok teljesítménynövelésének kérdésével kapcsolatban először meg kell vizsgálni, hogy milyen mértékű teljesítménynövelés lenne szükséges, és miért. Jelenleg a beépített forróvíz kazánok közül az 1. számú PTVM kazán üzemem kívül van helyezve, a 2 számú pedig csökkentett teljesítménnyel (58 MW helyett 44,34 MW) üzemel. Ez a két kazán az eredeti 12 oldalégős kialakítású, és a névleges teljesítményén nem tudja teljesíteni az 50 MW feletti tüzelőberendezésekre vonatkozó jelenleg (2022. december 31-től) érvényes NO_x kibocsátási határértéket. A másik két PTVM kazán már át lett alakítva fenékégős kialakításúra, ezek rendben teljesítik az emissziós elvárásokat, ahogy a KVG 100 kazán is. Ezek teljesítménynövelését problémássá teszi, hogy az ezzel járó lánghossznövekedés következtében az égési reakciózóna bekerülne a konvektív felületek közé, ami nem tervezett hőterhelést jelentene. A láng rövidítését a nagyobb tüzelési teljesítményen csak az égő módosításával lehet megvalósítani. A gőzkazánok közül a legrégebbi (1980), a Vulcan HOK 12/12 típusú is jelenleg üzemem kívül van. A többi gőzkazán 20 és 40 év közötti korú, teljesítménynövelésük nem

kockázatmentes. Amennyiben a kazánpark maximálisan megvalósítható hőteljesítményének növelésére van szükség célszerűbbnek tűnik valamelyik régebbi kazán cseréje, vagy speciális magas hőmérsékletű hőtároló alkalmazása a csúcsgények kiszolgálására.

5.1.9. Ellátó hálózat felújítása, hőközpontok vezérlésének fejlesztése

A Győr-Szol Zrt. által üzemeltetett város távfűtési hálózatban megkülönböztetünk primer és szekunder vezetékrendszert, a primer rendszer a távhőszolgáltató telephelyétől a hőközpontokig tart, a szekunder hálózat pedig a szolgáltatói hőközpontok mögött üzemelnek. A primer hálózat nyomvonalhossza kb. 52 km, a fűtési és használati melegvíz szekunder hálózatoké pedig mindegyik kb. 29,6 km. A vezetékek egy része, szabadon, térszint felett vezetett szigetelt vezetékek, másik része föld alatt vezetett csövek. Az utóbbiak közül a régebbiek vasbeton védőcsatornában szerelt szigetelt vezeték, az újabbak pedig földbe fektetett előszigetelt csővezetékek. A régi vasbeton csatornában vezetett csőhálózat hőszigetelése elöregedett, sérült, jelentős hővesztéssel bírhatnak, a modern előszigetelt csővezetékekkel ellentétben, ez a megállapítás főként a szekunder hálózatra jellemző.

Az alábbi táblázatokban vannak összefoglalva a Győr-Szol Zrt. üzemeltetésében lévő szekunder használati melegvíz, primer és szekunder fűtési hálózat csővezeték hosszai:

Győr-Szol üzemeltetésében lévő AKTÍV, SZEKUNDER HMV VEZETÉKEK 2022 év végi állapot (fm)													
Technológia	DN15	DN 20	DN 25	DN 32	DN 40	DN 50	DN 65	DN 80	DN 100	DN 125	DN 150	DN 200	ÖSSZESEN
Hagyományos, VB-csatornában szerelt	69	142	1147	1436	3269	6931	2596	4721	272	0	255		20839
Hagyományos, szabadon szerelt (bakon, oszlopon v épületben vezetett)	76	102	920	2623	5876	9645	4473	4602	45				28362
Előszigetelt, VB csatornában szerelt					31	33	23	26					113
Előszigetelt, szabadon szerelt (bakon, oszlopon, épületben vezetett)					9	9							18
Előszigetelt, Földbefektetett			132	230	420	241	279	289					1591
Összesen	145	244	2199	4289	9604	16860	7373	9638	317	0	255	0	50924
Nyomvonalhossz (m):	29604 fm.												

58. ábra Győr-Szol Zrt. üzemeltetésében aktív szekunder HMV csővezeték hosszai

Győr-Szol üzemeltetésében lévő AKTÍV, PRIMER VEZETÉKEK 2022 év végi állapot (fm)																			
Technológia	DN 25	DN 32	DN 40	DN 50	DN 65	DN 80	DN 100	DN 125	DN 150	DN 200	DN 250	DN 300	DN 350	DN 400	DN 450	DN 500	DN 600	DN 700	ÖSSZESEN
Hagyományos, VB-csatornában szerelt	0	21	40	509	664	1083	4003	5868	5288	4295	7606	3394	3294	1220	35	3465	1423	617	42825
Hagyományos, szabadon szerelt (bakon, oszlopon v épületben vezetett)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Hagyományos, szabadon szerelt (bakon, oszlopon v épületben vezetett)	13	140	438	978	669	700	1212	810	337	26	1428	438	3668	523	886	1478	1142	4849	19733
Előszigetelt, VB csatornában szerelt	0	130	34	185	43	109	321	104	620	201	1296	272	204	93	0	162	7	83	3864
Előszigetelt, szabadon szerelt (bakon, oszlopon, épületben vezetett)	0	0	1	283	29	164	10					294							781
Előszigetelt, Földbefektetett	337	544	2928	6454	5939	3601	5628	3612	3521	3572	1658	1701	1331	289	0	384	140	0	41640
Összesen	350	835	3441	8410	7344	5656	11175	10394	9766	8094	11988	6098	8497	2125	920	5489	2712	5549	108843
Nyomvonalhossz (m):	52094																		

59. ábra Győr-Szol Zrt. üzemeltetésében lévő primer fűtési hálózat csővezeték hosszai

Győr-Szol üzemeltetésében lévő AKTÍV, SZEKUNDER FŰTÉS VEZETÉKEK 2022 év végi állapot (fm)																				
Technológia	DN20	DN 25	DN 32	DN 40	DN 50	DN 65	DN 80	DN 100	DN 125	DN 150	DN 200	DN 250	DN 300	DN 350	DN 400	DN 450	DN 500	DN 600	DN 700	ÖSSZESEN
Hagyományos, VB-csatornában szerelt	0	20	141	264	1 106	1 738	3 390	4 032	6 471	6 314	557	284	0	0	0	0	0	0	0	24 316
Hagyományos, szabadon szerelt (bakon, oszlopon v épületben vezetett)	45	106	16	167	881	2 912	7 297	7 682	9 152	3 900	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32 157
Előszigetelt, VB-csatornában szerelt						5	151	73	0	51										281
Előszigetelt, szabadon szerelt (bakon, oszlopon, épületben vezetett)						45	18													64
Előszigetelt, földbefektetett				90	185	346	31	482	311	977										2 424
Összesen	45	125	157	521	2 172	5 046	10 888	12 269	15 934	11 243	557	284	0	0	0	0	0	0	0	59 242
Nyomvonalhossz (m):	29604 fm.																			

60. ábra Győr-Szol Zrt. üzemeltetésében lévő szekunder fűtési hálózat csővezeték hosszai

Iparági tapasztalat, hogy a modern előszigetelt, földbe fektetett távfűtési csővezeték hővesztesége körülbelül 30-45 %-a régi, vasbeton védőcsatornába fektetett, már előregedett, részben elázott, esetleg sérült szigetelésű csővezeték hőveszteségéhez képest.

Az alábbi táblázat mutatja a Győr-Szol Zrt. által kiadott és értékesített hőmennyiséget, a kettő különbségét, ami a hálózati veszteség, és veszteség éves költségének becsült gázzal történő számítását tartalmazza.

Év	Fűtőműből kiadott hő		Hőközpontokból átadott hő		Hálózati veszteség		Gáz+CO2 díj		Geotermia díja	Hődíj kevert	Veszteség
	GJ	GJ	GJ	%	Euro/MWh	HUF/GJ	HUF/GJ	HUF/GJ	HUF/év		
2022	1 130 128	996 363	133 765	11,84%	82	9 111	6250	7 394	989 117 861		
2021	1 283 332	1 133 965	149 367	11,64%	82	9 111	6250	7 394	1 104 485 983		
2020	1 204 738	1 059 731	145 007	12,04%	82	9 111	6250	7 394	1 072 246 206		

61. ábra Győr-Szol Zrt. által kiadott és értékesített hőmennyiség

Látható, hogy a hálózati veszteség a kiadott hő 11-12 %-a. Ez az érték jelentősen, akár felére-harmadára is csökkenthető a régi, nagy hőveszteségű, vasbeton védőcsatornába szerelt csővezetékek, új előszigetelt, alacsony hőveszteségű vezetékre történő cseréje esetén.

Az alábbi táblázat a felhasznált pótvíz mennyiségét és költségét mutatja.

betáplált pótvíz [m ³], havi jelentések szerint			
dátum	2020	2021	2022
jan	1580	437	667
feb	1445	576	513
márc	1719	726	1644
ápr	1386	428	610
máj	1509	875	44
jún	792	875	366
júl	1071	761	847
aug	2135	1137	413
szept	1138	1985	181
okt	874	1246	226
nov	750	916	304
dec	361	874	515
Σ éves	14760	10836	6330
Pótvíz éves költsége	50 184 000 Ft	36 842 400 Ft	58 033 900 Ft
Pótvíz díjak:			
2022.03.31-ig	3400 Ft/m ³		
2022.09.30-ig	8300 Ft/m ³		
2022.12.31-ig	26800 Ft/m ³		

62. ábra Felhasználható pótvíz mennyisége és költségei

Régi vezetékek esetén jelentős szivárgás képzelhető el, csőtörés, átépítés esetén is jelentős vízpótlással kell számolni, új, tömör vezetékek esetén a szivárgás nincsen, így vízpótlás igénye sem jelentkezik.

Előzetes becslésünk szerint a meglévő, vasbeton védőcsatornában lévő vezetékek cseréje jelenlegi árakkal kalkulálva kb. 10-15 év alatt megtérülő beruházást jelent. Ellátásbiztonság miatt mindenképp szükséges az előregedett csőhálózat cseréje.

Ahogy a távhő rendszer felújításokkal foglalkozó fejezetben 5.1.2 fejezetben is írtuk, javasoljuk a több épületet ellátó szolgáltatói hőközpontok megszüntetését, és helyettük az épületenként felhasználói hőközpontok kialakítását, amiken keresztül az épületenként fűtési teljesítmény szabályozás megoldható lesz. A hőmennyiségmérést adatgyűjtéssel kiegészítve lehetőség lenne a geotermia jobb kihasználását segítő éjszakai hődíj elszámolásra.

5.1.10. Öntanuló rendszer, mesterséges intelligencia

Manapság egyre több szó esik a mindennapi életben a mesterséges intelligencia használatáról, ez a technológia az energetikában is megjelent.

A mesterséges intelligencia felhasználható a távfűtési rendszerekben a hatékonyság javítására és az energiafelhasználás optimalizálására. Például mesterséges intelligencia által vezérelt algoritmusok segítségével megjósolható a hőigény, és ennek megfelelően módosítható a hőtermelés. Ez segíthet az energiafelhasználás és a költségek csökkentésében. A mesterséges intelligencia a rendszer működésének optimalizálására is használható, például a fűtővíz keringtetésének szabályozásával a rendszeren keresztül, vagy a víz hőmérsékletének a kiszolgált épületek igényeihez igazításával. Emellett a mesterséges intelligencia használható a rendszer hibafigyelésére és a karbantartás szükségességének előrejelzésére is.

A világ számos városában alkalmaztak mesterséges intelligenciát a távfűtési rendszerekben.

Az egyik példa erre a finnországi Espoo, ahol a város távfűtési rendszere mesterséges intelligenciát használ a hőigény előrejelzésére és a termelés ennek megfelelő beállítására. Ez 2-3%-os energiafogyasztás-csökkenést és mintegy 5%-os CO₂-kibocsátás-csökkenést eredményezett.

Egy másik példa a dániai Koppenhágában található, ahol a város távhőszolgáltatója, a Hofor mesterséges intelligenciát használ a rendszer működésének optimalizálására. Ennek eredményeképpen az energiafogyasztás akár 6%-kal, a CO₂-kibocsátás pedig mintegy 4%-kal csökkent.

A harmadik példa a svédországi Stockholmban található, ahol a város távhőszolgáltatója, a Fortum Stockholm mesterséges intelligenciát használ a rendszer karbantartási igényeinek nyomon követésére és előrejelzésére. Ez segített csökkenteni a nem tervezett leállások számát és javítani a rendszer általános megbízhatóságát.

A mesterséges intelligencia felhasználható a távfűtési rendszerekben az előremenő víz hőmérsékletének minimalizálására. Az olyan tényezőket, mint a külső hőmérséklet, az épületek hővesztesége és a rendszer hőtárolási kapacitása figyelembe vevő algoritmusok segítségével a mesterséges intelligencia képes az előremenő víz hőmérsékletét a tényleges hőigényhez igazítani. Ez segíthet az energiafelhasználás csökkentésében, mivel a rendszer nem emeli magasabbra a hőmérsékletet, mint amennyire szükséges.

A távfűtésnél az előremenő víz hőmérsékletének csökkentése számos előnnyel járhat, esetünkben a következőket emelnénk ki:

1. Csökkentett hőveszteség: Az előremenő víz hőmérsékletének csökkentése csökkentheti az elosztóhálózat hőveszteségét, ami kevesebb hőveszteséget eredményez.

2. Kompatibilitás a megújuló energiaforrásokkal: Az előremenő víz hőmérsékletének

csökkentése növelheti a távfűtési rendszerek kompatibilitását a megújuló energiaforrásokkal, például a geotermikus energiával és a hőszivattyúkkal.

Konkrét példa erre a norvégiai Trondheim városa, ahol a Trondheim Energi távhőszolgáltató cég a mesterséges intelligenciát használta a rendszer előremenő víz hőmérsékletének optimalizálására. Ennek eredményeképpen az előremenő víz hőmérséklete mintegy 6°C-kal csökkent, ami az energiafogyasztás mintegy 3%-os csökkenéséhez vezetett.

Egy másik példa az ausztriai Bécs városában található, ahol a Wien Energie távhőszolgáltató vállalat a mesterséges intelligencia segítségével optimalizálta rendszere előremenő víz hőmérsékletét. Ennek eredményeképpen az előremenő víz hőmérséklete mintegy 3°C-kal csökkent, ami az energiafogyasztás mintegy 2%-os csökkenését eredményezte.

Számos vállalat kínál mesterséges intelligencia alapú megoldásokat távfűtési rendszerekhez.

Ilyenek például az OptiWatti, egy finn vállalat, és Vattenfall, egy európai energetikai vállalat, Danfoss, dán vállalat, amelyek mesterséges intelligencia alapú optimalizáló szoftvert kínálnak távfűtési és távhűtési rendszerekhez. Szoftverük gépi tanulási algoritmusokat használ a hőigény előrejelzésére és a termelés ennek megfelelő beállítására, a rendszer működésének optimalizálására, ami segíthet az energiafogyasztás és a költségek és CO₂ kibocsátás csökkentésében.

Ez csak néhány példa, és vannak más vállalatok is, amelyek mesterséges intelligencia megoldásokat kínálnak távfűtési rendszerekhez.

A mesterséges intelligencia távfűtési rendszerekben történő alkalmazásához szükséges hardver a konkrét megoldástól és a rendszer méretétől függően változik. Néhány általános hardverkomponensre azonban szükség lehet:

-Érzékelők: A rendszer vezérléséhez és optimalizálásához szükséges hőmérsékletre, áramlási sebességre és egyéb paraméterekre vonatkozó adatok gyűjtése.

-Adatnaplók: Az érzékelőkből származó adatok tárolására és továbbítására a vezérlőrendszer felé.

-Vezérlőrendszer: Az érzékelőktől származó adatok feldolgozása és a rendszer beállítására vonatkozó döntések meghozatala. Ez magában foglalhat egy programozható logikai vezérlőt (PLC) vagy egy számítógépet speciális szoftverrel.

-Aktorok: A rendszer beállításainak elvégzése a vezérlőrendszer által hozott döntések alapján.

-Kommunikációs eszközök: Az adatok továbbítása a vezérlőrendszer, az érzékelők és az aktuátorok között.

-Tápegység: Az érzékelők, az adatgyűjtők, a vezérlőrendszer és a működtetők energiaellátása.

-Biztonsági tápegység: Áramkimaradás esetén a rendszer további működésének biztosítása érdekében.

-Kiberbiztonsági intézkedések: A rendszer védelme a jogosulatlan hozzáféréstől és az adatok sértetlenségének biztosítása.

E hardverkomponensek mellett szükség lehet speciális szoftverekre is az adatok elemzéséhez és a döntések meghozatalához. Az AI-algoritmusok, például a gépi tanulási modellek, a konkrét megvalósítástól függően futtathatók felhőszervereken vagy helyben lévő szervereken.

5.1.11. Hőtárolás

Az energiatárolás kedvező megoldást nyújt olyan esetekben, amikor az energia rendelkezésre állása és az energiaigény eltérő időben jelentkeznek. Az energiatermelés fejlődésével párhuzamosan az energiatárolásra alkalmas technológiák is folyamatosan fejlődtek, mára az energia minden megjelenési formájára vannak tárolási megoldások, igaz a hatásfokuk az eltérő mértékű veszteségek miatt nagyon különböző. A következő néhány fejezet hő- és villamosenergia tárolási technikákat mutat be.

Hőtárolási technológiák paraffinnal

Az elmúlt időszakban a magas földgáz árak miatt egyre növekedett az érdeklődés az olcsó hőenergia iránt. A probléma sokszor azonban az, hogy ezek termelődése térben és/vagy időben eltér a felhasználás igényeitől. Ilyenkor a legkézenfekvőbb megoldás a hőtárolás. A hő tárolásához olyan hőfelvevő folyamatra van szükség, ami később visszafelé, reverzibilis módon is lejátszódik és a hő visszanyerhető.

Minden anyag képes hőt felvenni oly módon, hogy annak hőmérséklete emelkedik. Az így felvett hő az érzékelhető vagy szenzibilis hőmennyiség, az 1°C hőmérsékletváltozáshoz tartozó értéke az anyag fajhőjétől függ. Erre a típusú tárolásra általában a víz a legalkalmasabb, mivel fajhője igen magas $4,2 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C})$. Az ilyen tárolókat igen elterjedten használják, előnyük, hogy a hőtároló közeg olcsó, nem gyúlékony, nem mérgező és nem kell a tárolóba hőcserélő felületet építeni (a hőtároló közeget és a hőszállító közeget nem szükséges elválasztani, mivel mindkettő víz). Hátrányuk, hogy kicsi a tárolási energiasűrűség, a hőmérsékletváltozás mértékének alacsonyan tartásához nagymennyiségű hőtároló közeg szükséges, így nagy lesz a tárolóméret.

Egy másik hőfelvétellel és hőleadással járó jelenség a fázisátalakulás (vagy fázisváltozás) illetve a halmazállapotváltozás. A kettő közül a fázisátalakulás a tágabb fogalom, mivel az nem feltétlenül jár halmazállapotváltozással. A fázisátalakulások jellemzője, hogy a folyamat közben a fizikai jellemzők megváltoznak, valamint a kiindulási és végállapotban az anyag energiaszintje eltérő. Ha a folyamat közben halmazállapotváltozás is történik, akkor szilárd-folyadék (olvadás vagy fagyás), folyadék-gőz (párolgás vagy kondenzáció) vagy szilárd-gőz (szublimáció vagy deszublimáció) átmeneteket tapasztalhatunk. A halmazállapotváltozás nélküli fázisváltozások többsége szilárd halmazállapotban valósul meg, ilyenek például az anyagszerkezet megváltozásával járó folyamatok. A fázisátalakulások során rendszerint az

anyag hőmérséklete nem változik, legfeljebb csak kis mértékben, ezért a mellette létrejövő energiáttranszportot látens hőnek nevezik. Ez a látens hő egyes anyagoknál tömegegységre vetítve akár több száz vagy ezer kJ is lehet. Bár a folyadék-gőz és a szilárd-gőz halmazállapotváltozásoknál jelentkezik a legnagyobb látenshő értékek, a hőtárolás szempontjából mégis a folyadék-szilárd átmenetek a kedvezőbb folyamatok. A gőz megjelenésével ugyanis nagyon nagy térfogatok válnak szükségessé a tároláshoz, mivel a térfogatváltozás akár ezerszeres is lehet. Nagy nyomáson ez elkerülhető, így viszont a tároló falának szilárdsága okoz problémát. A folyadék-szilárd halmazállapotváltozásoknál is van térfogatváltozás, de az kezelhető mértékű. A hőtároló anyagok térfogata általában csökken fagyás közben, egyedül a víz esetében tapasztalható térfogatnövekedés.

A fázisátalakulás vagy halmazállapotváltozás folyamata a magas látenshő értékeivel alkalmas hőenergia tárolásra, ráadásul a szenzibilis hőtároláshoz képest sokkal nagyobb energiasűrűséget biztosít, így azonos mennyiségű hőenergia tárolásához kisebb tárolóra van szükség. A szakirodalom az ilyen folyamatokban hőt tárolni képes anyagokat nevezi fázisváltó anyagoknak (Phase Change Material - PCM). A különböző paraffinok, telített zsírsavak, cukor alkoholok és sóhidrátok is alkalmasak lehetnek hőtároló anyagnak. A megfelelő fázisváltó anyag kiválasztásához számos szempontot kell figyelembe venni.

Az első és legfontosabb a hőforrás hőmérséklete, ehhez kell megfelelő fázisváltási hőmérsékletű anyagot választani. Ennek illeszkednie kell a fűtési rendszer igényeihez is. Egyes fázisváltó anyagok esetén a folyadék-szilárd átmenet nem egy fix hőmérsékleten, hanem egy hőmérséklettartományon játszódik le. Például a paraffinok olvadása közben a hőmérséklet 2-3°C-ot emelkedik. Emellett a fordított folyamatnál, a fagyásnál egyes fázisváltó anyagok esetén tapasztalható az aláhülés jelensége is. Ez azt jelenti, hogy alacsonyabb hőmérsékleten kezdődik el a megszilárdulás, mint amilyen az olvadás befejeződött. Ez egy hiszterézis jelenség. Következésképpen, hogy az eltárolt hőt nem lehet a betárolás hőmérsékletén visszanyerni, csak annál alacsonyabb hőfokszinten. Ez kedvezőtlen a tárolás szempontjából, tekinthetjük veszteségnek. A hő itt nem mennyiségileg, hanem minőségileg romlik.

A fázisváltó anyagok alkalmazásának hátránya, hogy a töltéshez és kisütéshez hőcserélő felületet kell építeni a tárolóba, ami elválasztja a fázisváltó anyagot a hőszállító közegtől. Ez azt eredményezi, hogy töltés közben a fűtőközeg hőmérsékletének szükségszerűen magasabbnak kell lennie (körülbelül 5°C-al) a fázisátalakulási hőmérsékletnél, a kisütés során viszont a hőt elszállító közeg annál csak alacsonyabb hőmérsékletű lehet (szintén körülbelül 5°C-al). A hőmérsékletkülönbségekre azért van szükség, mert az a hőáramlás hajtóereje, a hőcserélő okozta hőfoklépcső miatt az eltárolt hőt nem lehet a betárolás hőmérsékletén visszanyerni, tehát előáll ugyanaz a probléma, mint a fentebb említett aláhülés jelenségénél.

Egy másik nehezítő körülmény, hogy a fázisváltó anyagok általában alacsony hővezető képességgel rendelkeznek szilárd halmazállapotban, így abban a hő terjedése nagyon lassú folyamat. Ez lerontja a tároló dinamikus viselkedését, alacsony lesz a töltési és kisütési teljesítmény. A hő áramlását a fázisváltó anyagban szintén gátolja, hogy a fázisváltozás állandó hőmérsékleten meg végbe. Amikor a közeg már elérte a fázisátalakulási hőmérsékletet az anyag belső rétegeiben megszűnik a hőáramlás hajtóereje a hőmérsékletkülönbség. Hőáramlás ekkor

csak a külső rétegben van, ahol a fázisátalakulás zajlik. A hőáramlás javítására számos ígéretes megoldást sikerült már kidolgozni. Az egyik ilyen, amikor a folyadék állapotban lévő fázisváltó anyaggal feltöltenek egy jó hővezető képességű, üreges belső térszerkezettel rendelkező szilárd anyagot. Történtek már próbálkozások dróthálóból és fémszövetből készült struktúrákkal, szénszálakkal, grafit- és fémhabokkal. A feladat itt a hordozó és a fázisváltó anyag optimális tömegarányának megtalálása, előbbi részarányának növelésével javítható a hőáramlás, de a hőtároló képesség csökken. Egy másik jó megoldás a fázisváltó anyag kapszulákba töltése, ez igen nagy hőcserélő felületet biztosít. A fő problémája, hogy a töltet ciklikus fagyása és olvadása intenzív mechanikai igénybevételnek teszi ki a kapszulák anyagát. Az anyagfáradás okozta repedéseken pedig kijuthat a hőtároló közeg.

Egy következő tulajdonság, amit figyelembe kell venni a fázisváltó anyag kiválasztásánál az olvadáshő. Ennek értékétől függ az egységnyi tömegű anyaggal eltárolható hőmennyiség. Az anyagok sűrűsége pedig az egységnyi térfogatban megvalósítható energiatárolás mértékét befolyásolja. A döntés során még meghatározó lehet az anyagok stabilitása, aminek fenn kell állnia többszöri olvadási és fagyási ciklus lejátszódása után is. Sajnos a fázisváltó anyagok mindegyike degradálódik különböző folyamatok által. A paraffinok és a telített zsírsavak hosszú molekulálancái idővel eltöredeznek, a cukoralkoholok bomlásnak indulnak, a sóhidrátok alkotóelemei szeparálódnak a ciklikus fagyás és olvadás során. Egyes anyagok korrozívak is lehetnek a tárolóhoz használt szerkezeti anyagokra nézve, ez leginkább a sóhidrátokra jellemző. A tűzvesélyesség kérdése is felmerül a paraffinok, telített zsírsavak és cukoralkoholok esetében. Ezek éghető anyagok, nagy mennyiségben történő felhalmozásuk biztonsági kockázatot rejt magában. A különböző fázisváltó anyagcsoportok előbb felsorolt tulajdonságait foglalja össze a következő táblázat.

Tulajdonság	Paraffinok	Telített zsírsavak	Cukor alkoholok	Sóhidrátok
Olvadási hőmérséklet	0 - 120	20 - 65	90 - 170	30 - 110
Olvadáshő [kJ/kg]	180 - 220	150 - 200	180 - 400	150 - 300
Hővezetési tényező [W/mK]	0,2 - 0,27	0,15 - 0,29	0,3 - 0,8	0,5 - 2
Sűrűség (szilárd) [kg/m ³]	800 - 970	950 - 1200	1400 - 1600	1400-1900
Aláhűlés	nem	nem	igen	igen
Degradáció	igen	igen	igen	igen
Tűzvesélyesség	igen	igen	igen	nem
Korrozivitás	nem	nem	igen	igen

20. táblázat Fázisváltó anyagok tulajdonságai

Hőenergia tárolására a szorpciós folyamatok is alkalmasak lehetnek. Az adszorpció esetében egy gáz vagy gőz halmazállapotú anyag kötődik meg egy szilárd anyag felületén, miközben a megkötődő anyag párolgáshőjétől, a két anyag közötti kötési energiától és a

megkötődés és kiűzés hőmérsékletkülönbségétől függő hőmennyiség szabadul fel. Ez tulajdonképpen a tároló kisütési folyamata. A feltöltés során hőbevezetés hatására a gáz vagy gőz felszabadul a kötésből, elvezethető a szilárd anyag felületéről. Ez tulajdonképpen a megkötő anyag regenerálása. A szilárd anyagot elzárva a környezetétől a tároló hosszú időn át feltöltve tartható. Az adszorpciós tároló méretének csökkentésére nagy fajlagos felületű szilárd anyagot használnak, ilyenek például a zeolitok és a szilikagél. A megkötött anyag rendszerint vízgőz. A két adszorbens anyag jellemző tulajdonságait mutatja a következő táblázat.

Adszorbens	Fajlagos felület [m ² /kg]	Maximális lekötés [kg víz/kg adszorbens]	Adszorpciós hő [kJ/kg víz]	Fajlagos energiasűrűség [kJ/kg adszorbens]
Zeolit 13X	800 - 1200	0,32	3470	1110
Szilikagél	500 - 800	0,37	2730	1010

21. táblázat Adszorbens anyagok tulajdonságai

A másik szorpciós folyamat az abszorpció, melynek során a gáz vagy gőz egy folyadékban oldódik, miközben hő szabadul fel. Az oldáshőben történő hőtárolás nemigen elterjedt, a technológia azonban jól ismert, például az abszorpciós hűtőberendezések működése az ammónia vízben történő oldódási és kiűzési folyamatán alapszik.

Reverzibilis kémiai folyamatok is számításba vehetők hőenergia tárolás céljára. A tároló térfogatának szempontjából a szilárd és folyékony, illetve a folyékony anyagok közötti reakciók előnyösek. A töltési folyamat rendszerint egy anyag hőbefektetéssel járó bontása, a kisütés pedig hőfelszabadítás a bontás során kapott komponensek reakciója által. A hő reakcióenergiában történő tárolása esetén nincs hőveszteség, és hosszú idejű tárolás is megvalósítható. Ez az eddig említettek közül a legnagyobb energiasűrűségű hőtárolási forma. Hátránya, hogy bonyolult a technikai megvalósítás, magasak a beruházási költségek és a gyakorlati alkalmazáshoz még további kutatás és fejlesztés szükséges.

Mint láttuk nagyon sokféle jelenség és nagyon sokféle anyag lehet alkalmas a hőtárolásra, választani közülük a konkrét feladat körülményeinek megfelelően lehet. Példaként a paraffinnal megvalósított hőtárolást vizsgáljuk meg részletesebben egy konkrét feladathoz kapcsolódóan. Legyen egy olyan ipari folyamatunk, ami 300 kW állandó hőteljesítménnyel ad ki hulladékhőt 60°C hőmérsékletű hűtővíz formájában napi 8 órán keresztül. Emellett legyen egy hőfogyasztó, ami egész nap folyamatosan 100 kW hőteljesítményt használ fel. A feladat, hogy egy megfelelő méretű hőtároló segítségével az ipari folyamat biztosítani tudja a hőfogyasztó igényeit, azaz képes legyen a napon belüli hőtárolásra.

A hőtároló két legfontosabb jellemzőjét a tárolt hőmennyiséget és a töltési-kisütési teljesítményt a következőképpen lehet meghatározni. Az ipari folyamat működése közben a tárolót 200 kW hőteljesítménnyel lehet tölteni, miközben 100 kW hőteljesítménnyel a fogyasztót is ellátja. A 8 órás üzemidő alatt $8 \cdot 200 = 1600$ kWh hőmennyiséget kell eltárolni. Paraffinnal való hőtárolás esetén hőcserélő felületre van szükség a hőszállító és hőtároló közeg

közötti hőcsere megvalósításához. Ezért a hőforrás, és ezáltal a hőszállító közeg hőmérsékletének legalább 5°C-al kell magasabbnak lennie, mint a hőtároló közeg olvadási hőmérséklettartománya. Ennek a feltételnek a MOL FR DWC 5456 jelű paraffinja megfelel (olvadási hőmérséklettartomány 54-56°C). Sajnos az olvadáshő és sűrűség értékeiről nincs elérhető információ a termék műszaki adatlapján, így a számításoknál az olvadáshő 200 kJ/kg, a sűrűség 800 kg/m³ értékkel lesz figyelembe véve. Az eltárolandó hőmennyiség 1600 kWh, ami kilojoule-ban $3600 \cdot 1600 = 5760000$ kJ. Ha csak az olvadáshőben történik a hő tárolása, akkor ehhez $5760000/200 = 28800$ kg paraffinra van szükség, ennek térfogata $28800/800 = 36$ m³. Mivel a hőcsere a hőszállító és hőtároló közeg között a tárolón belül kell megvalósítani, így a hőtároló tartályban helyet kell biztosítani a hőszállító közegnek és a hőcsere felületeknek is. A paraffinok hővezetési tényezője nagyon alacsony ezért a hőcsere felületeknek minél jobban be kell hálózniuk a tárolóteret. A különböző megoldások (bordás csöves hőcsere, spirálcső, kapszulából képzett töltet) esetén jellemző térfogatarány a fázisváltó anyag és a hőtároló tartály között igen széles tartományon változik. Ez az arány egyaránt befolyásolja a megvalósítható töltési és kisütési teljesítményt és a hőtároló méretét. Az optimális megoldások érezhetően a 0-0,5 értékű térfogatarány tartományon keresendők. Ebből látszik, hogy a vizsgált esetben a hőtároló mérete legfeljebb $36/0,5 = 72$ m³ lesz. Ez lehet egy 4,5 m átmérőjű 4,5 m magas hengeres tartály. Ebben az esetben az oldalfal és a tartály tetejének összfelülete 79,5m², ezt a felületet kell hőszigetelni a veszteségek csökkentése érdekében. A hőtároló a kisütés során a hőszállító közeget körülbelül 50°C-ra tudja felmelegíteni a hőcsere alkalmazása miatti hőfoklépcsők következtében. A fűtési rendszer 100 kW fűtési teljesítményigényét a hőtermelő folyamat 16 órás üzemszünetében a tároló szolgálja ki a benne lévő 1600 kWh hőmennyiségből, ezalatt teljesen lemerül. A fűtési rendszernek a hőtároló sajátosságai miatt tudnia kell üzemelni 50 és 60°C-os előremenő hőszállító közeg hőmérséklet mellett is, miközben a teljesítménynek állandó értéken kell maradnia. A hőfelhasználó rendszert ennek megfelelően kell kialakítani.

A hőtárolás kapcsán érdemes még szót ejteni egy további lehetőségről is. Ezek a tárolók lehetnek fix telepítésűek is, de kialakíthatóak mobil hőtárolók is. Ezzel a megoldással olyan helyekre is elszállíthatóvá válik az olcsó hulladék, ahol nincs kialakítva távhő hálózat. Egy közepes épület fűtését több napra meg lehetne oldani egy szállítható konténerben kialakított hőtárolóval. Ez a megoldás jelenleg még kutatás-fejlesztési fázisban van, de már található néhány megvalósított berendezés is.

5.1.12. Napkollektor

A napkollektorok napsütéses időben, magasabb külső hőmérséklet esetén termelnek számottevő hőenergiát, ebben az időszakban azonban a távfűtési hőigény jelentősen kisebb, így azt a rendelkezésre álló geotermális energia teljes mértékben ki tudja szolgálni, emiatt a napkollektoros termelés a földgáz felhasználást nem csökkenti, hiszen a napkollektorral elérhető hőmérséklet szinten a geotermia bőséges forrása rendelkezésre áll.

5.2. Szennyvíztisztítóból kinyerhető energia hasznosítása gázmotorral és hőszivattyú berendezéssel.

Győr Város szennyvizének kezelése koncentráltan a Bácsai úton található Szennyvízkezelő Állomáson valósul meg. A szennyvízkezelő állomás hosszú fejlesztés eredményeként 1999-ben kezdte meg működését. Telepítésénél, technológiájánál figyelembe vették a környezetvédelmi követelményeket, lakott létesítményektől való távolságát (de a lakóházak egyre közelebb húzódnak a szennyvíztisztítóhoz), a széljárás irányát, mely várostól elviszi a kibocsátott szagokat.

Városban több helyen folyik szennyvízgyűjtés, melyektől helyi szennyvízátemelők viszik egyre koncentráltabban a szennyvizet, illetve -ahonnan megengedett- az egyesített csatornába jutó csapadékvizet. Végül 2 nagy szennyvízgyűjtő állomás marad, egyik a Nádorvárosi oldal és a Belváros összegyűjtött szenny- és csapadékvizeit, a másik Győr Nyugati és Révfalui városrészeitől agglomerátumaitól gyűjtött szennyvizet nyomja a szennyvíztisztító állomás felé.

Az un. Nádorvárosi átemelő a Városrét K-i végében található, és $Q_1=16.800 \text{ m}^3/\text{h}$ szennyvizet nyom át Duna alatt az un. „B” aknáig, a másik a Petőfi téri átemelő, ahonnan Dunát keresztezve, annak bal partján halad, és cca. $7.200 \text{ m}^3/\text{h}$ szennyvizet nyom ugyancsak a „B” aknáig, ahol a szennyvizek egyesülnek, és napi $24.000 \text{ m}^3/\text{nap}$ mennyiséggel jutnak a Szennyvíztisztító telepre.

A szennyvíz napi mennyisége fenti értékkel állandónak tekinthető, az esőzések ezt meghaladó vize nem terheli.

Az érkező szennyvíz hőmérséklete stacioner állapotban $+16^\circ\text{C}$ -fok körüli, ennél hidegebb csak intenzív hóolvadás esetén fordul elő. Fontos határhőmérséklet a szennyvíztisztítóban lejátszódó biológiai folyamat (nitrifikáció) szempontjából, hogy a szennyvízhőmérséklet ne essen tartósan $+11^\circ\text{C}$ -fok alá.

A szennyvíztisztítás során lejátszódó technológiai folyamatok a következők: a szennyvíz tisztítása és lebontása baktériumok segítségével. Ezek a baktériumok nitrifikáló baktériumok, melyek megfelelő fejlődése érdekében oxigénnel táplálják őket. Az oxigént kör alakú membránokon keresztül történik. A membránokon belül lézerrel vágott kis lyukakon keresztül áramlik át az oxigén $0,5 \text{ bar}$ nyomással, ahonnan a baktériumok felveszik a nekik megfelelő mennyiségű oxigént. Ezek a baktériumok rendkívül kényesek főleg az alacsony hőmérsékletre. Túl alacsony hőmérsékleten megfagynak és nem képesek a szennyvíz tisztására.

A szennyvíz tisztítása homokfogóval kezdődik, ahol a szerves nehézsanyagoktól tisztítják meg a vizet. Ennek következtében a víz zsírtartalma kicsapódik. A kicsapódott zsírt kiszedik és a hulladéklerakóba viszik, mivel ez a zsír nem komposztálható.

Homokfogó után homogenizálják a szennyvizet, a fölös iszapot leválasztják, amely szintén a hulladéklerakóba kerül.

Az így előszűrt szennyvíz ezt követően az üleptető medencékbe kerül, ahol a vízhez vas

szulfátot adnak. Ennek hatására a vízben hidroxid pelyhek képződnek, melyek a kicsapás során felszívják a szennyeződések. Az így kialakult vizet egy kotrórendszer és egy szivattyú segítségével folyamatosan forgatják.

Ezt követően a biológiai tisztító műtárgyakba folytatódik a szennyvíztisztítás, ahol a baktériumok, és az intenzív alsó befűvésű levegőztetés hatására tisztul elfogadható, élővízbe vezethető „tisztított szennyvízzé”, és választódik le a felesleges iszap.

A homogenizáló medencében a felesleges iszapot távolítják el. Az így kialakult anyaghoz hozzákevernek nyers iszapot. Az összekevert anyag rothasztó toronyba kerül 36°C-on és gázzá bomlik. A kialakult gáz 70%-ban kén-hidrogénből és metánból áll. Fontos a kénhidrogén kicsapátása a gázmotorba juttatás előtt. Ezt a környezetvédelmi és technológiai paraméterek megkövetelik. Ha a kicsapátás nem történik meg az erőművet 30.000 üzem óránként takarítani kell, amely nem rentábilis.

A tartályokban keletkezett gázt puffertartályban gyűjtik és gázmotorokat működtetnek velük. 2 db Jenbacher típusú gázmotort használnak, névleges teljesítményük 250 kW/gázmotor. Működésük során a keletkező hulladékhőt, egyrészt a torony fűtésére, másrészt pedig a telepen lévő épület fűtésére használják.

A gázmotorok működése -folyamatosan termelődő gázhoz igazodva- folyamatos. A nyári állapotban a technológia fenntartásához nem szükséges „hulladékhőt” egy víz levegő hűtő (lemezes hőcserélő ventilátorokkal) segítségével „elhűtik”.

A keletkező, és megtisztított szennyvíz 24.000 m³/nap mennyisége a szennyvíztisztítást követően időben egyenletesen, tehát 1.000 m³/h tömegárammal, gravitációs csatornában vezetve folyik a Mosoni-Duna élővíz befogadóba.

A bevezetett víz mérése, valamint a befogadási paraméterek folyamatos ellenőrzése, a telep laboratóriumában megtörténik, és annak pozitív eredményéről állandó adatközlés történik.

A szennyvíztisztító telep pontos működését, a Pannon-Víztől kapott 2. mellékletben tekinthetjük meg.

Energetika szempontból ez az 1.000 m³/h +16°C-fokos szennyvíz érdekes. Mivel tisztítás után a baktériumoknak fontos 11°C-foknál nem alacsonyabb távozó szennyvízhőmérséklet már alacsonyabb is lehet, javaslatunk szerint a kapcsolási sémán és helyszínrajzon jelölt helyen névleges értékben:

A hőszivattyú teljesítménykategóriák -és üzembiztonsági szempont miatt sem ajánlott- a feladat nem oldható meg egy egység hőszivattyúval, javaslatunk 6 db alábbi egységteljesítményű hőszivattyú telep építése.

Szennyvíz tömegáram m ³ /h	1.000	m ³ /h
Szennyvíz hőfoklépcső C-fok	+15/+5	°C-fok
Termelt fűtővíz hőfoklépcső C-fok	+35/+50	°C-fok
hőszivattyú fűtőtelijsítménye kW	2152	kW
Hőszivattyú COP száma	4,378	kW _(hő) /kW _(áram)
Hőszivattyú áramfelvétele	492	kW

Áramdíj	60	Ft/kWh
Termelt hődíj (földgáz+CO2 kvóta)	32,8	Ft/kWh

22. táblázat Hőszivattyú adatai

Fenti adatokkal rendelkező 6 db hőszivattyú beépítésével az éves megtermelhető

- hő mennyisége : 12,91 MW
- működéséhez szükséges áramfogyasztása : 2,95 MW
- Becsült csúcskihasználási éves óraszám : 4 380 h
- működéséhez szükséges áram díja : 387 630 000 Ft/év
- ugyanez az energia hődíja földgázzal megtermelve : 1 854 702 240 Ft/év
- hőszivattyú-telep beruházásának becsült költsége : 10 500 000 000 Ft

Távvezeték építési költsége a felhasználási helytől függ.

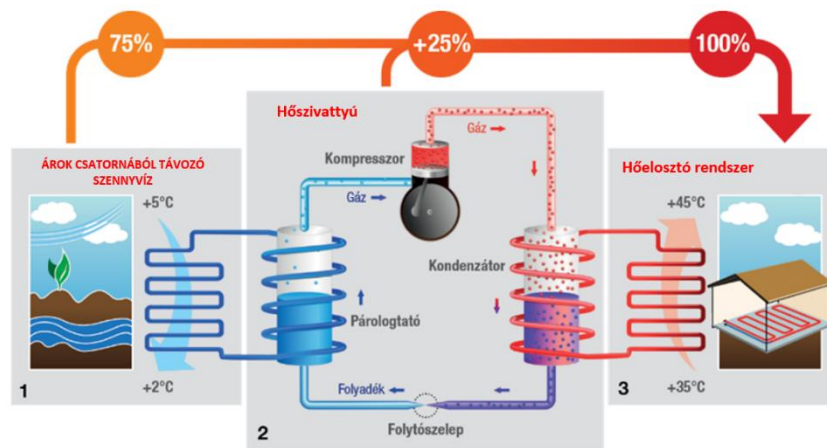
A hőszivattyú teleppel termelt hőenergia felhasználható fűtési- és használati melegvíztermelési célokra. Az „un” alacsony fűtővíz hőfoklépcső (méretezési ismertetésben 50/35°C-fok, de akár 30/60°C-fok is elképzelhető) kiválóan alkalmas új létesítésű épületek fűtésére (pl. Városrét). Alkalmas új és meglévő légfűtésekre (Pl. Városrét, ETO Stadion és Sportlétesítmények, Színház légfűtés stb...), időjárástól függő teljesítményelvétellel, illetve egész évben alkalmas használati melegvíztermelésre, mind új, mind meglévő épületek esetében.

Amennyiben mindezekre felhasználjuk, a telep beépített maximális kapacitása (12,91 MW) éves átlagban mintegy 50%-ban kihasználható. Ezzel a kihasználtsággal, fenti fajlagos költséggel és becsült beruházási költséggel a szennyvíztelep hőszivattyúzásának megtérülési mutatója kb. 7 év.

A hőszivattyúk fűtési üzemidőn kívül felhasználhatók hidegenergia, hűtöttvíz előállítására is, de össze kell hasonlítani az azonos célt kitűző Mosoni Duna vízének hidegenergia termelésére készült fejezettel, mert ellátási területük ugyanaz lenne.



63. ábra Szennyvíztelepen tervezett hőszivattyú telepítési helye



66. ábra Víz/víz Hőszivattyú melegenergia termelés séma

A beruházás megvalósításához max. 500 m² telekterületre lenne szükség, alap infrastruktúra hálózattal (víz-áram-szennyvíz-csatorna-út).

A hőszivattyú telep teljesen automatikus szabályozású-vezérlésű, állandó felügyeletet nem igényel. A tisztított szennyvíz kivétele az ábrán jelölt szakaszon, Mosoni Dunába vezető nyílt, gravitációs csatornából történne és hőszivattyúzás után ugyanebbe a gravitációs csatornába lenne bevezetve, és a Mosoni Dunába engedve.

A Mosoni Duna átlagos hozama: 3,0 m³/s, a szennyvíztisztítóból bevezetett víztömegáram: 0,238 m³/s, a folyóvíz tömegáramának 7,9%-a. A bevezetett tisztított szennyvíz hőmérséklet 5,0°C-fok körüli, mely rövid (100-200 m) távolságon összekeveredik a folyóvízzel. Annak hőmérsékletét Dunavíz mindenkori hőmérsékletéhez képest elhanyagolható mértékben emeli vagy csökkenti.

A tisztított szennyvíz hőszivattyúzás nélkül is a Mosoni Dunába folyik, hőmérséklete min. 16°C-fok, vagy külső hőmérséklettől függően ennél magasabb.

Ismertetett technológiai folyamatok során a megtisztított szennyvízből jelentős mennyiségű szennyvíziszap keletkezik.

A keletkező napi szennyvíziszap 50 m³. Ennek 20%-a száraz iszap. Ez az arány a száradást követően tovább csökken. A szennyvíz telepen az előállított komposzt anyag 20 millió kilogramm évente.

A telepről rendszeresen elszállítják a szennyvíziszapot, hasznosítás nélkül, még fizetni is kell érte. Ismereteink szerint 20 Ft/kg összeget.

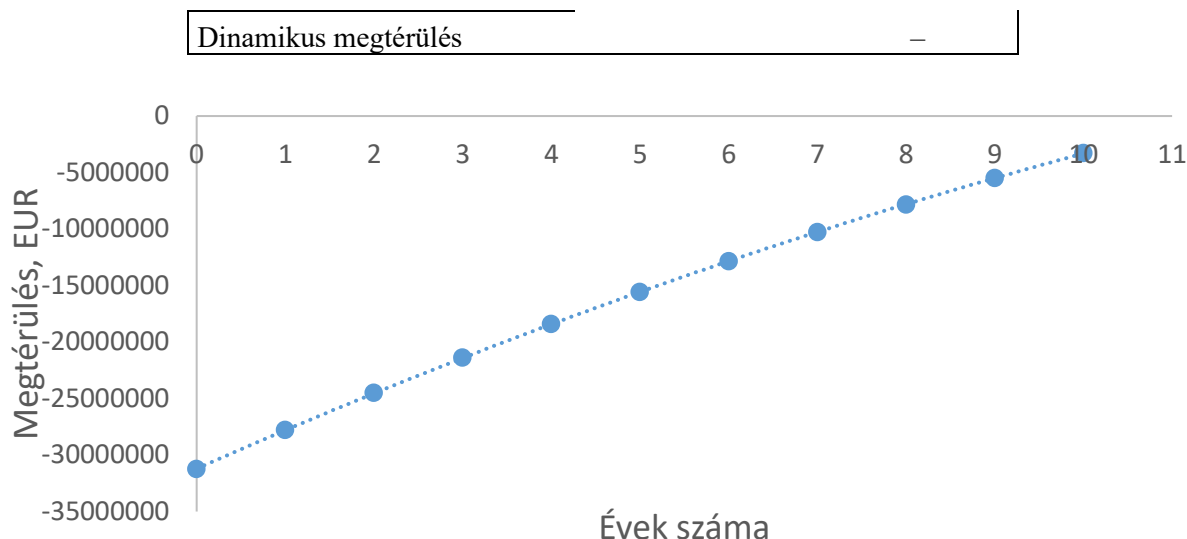
Korábban a Duna jobbpartján megépült komposztáló telepre szállították, ahol kereskedelmi forgalomba hozható komposztot állítottak elő belőle. Ennek során a száraz iszapot aprítékkal keverik össze. Ez az apríték jellemzően mulcs, faháncs. Ezáltal a komposztálható állapotba nagyjából az iszap 80%-a marad.

Át kell gondolni a komposztált iszap kereskedelmi forgalmazását, mind mezőgazdasági feltöltésre (a komposztált iszap gyógyszer és egyéb veszélyes anyag tartalma a meghatározott határérték alatt van, így alkalmazása nem veszélyes), mind kiskereskedelmi forgalmazásra.

Megtérülés számítás:

Megnevezés:	Érték	Mértékegység	Megjegyzés
Villamos teljesítmény	2,27	MW	
Éves átlagos hatásszám (SPF)	5,50	-	
Beépített hőteljesítmény	12,5	MW	
Csúskihasználás	4 380	h	2022. évi adatok alapján becslve
Termelés	54 750	MWh	
	197 100	GJ	
Földgáz ár	65	EUR/MWh	
Szén-dioxid ár	95	EUR/t	EEX EUA DEC/2024
Földgáz+CO2	84	EUR/MWh	0.201 tCO2/MWh
Földgáz tüzelőhő	60 833	MWh	90%-os kazánhatásfokot feltételezve
Évenkénti gáz költség	5 115 779	EUR	
	2 046 311 667	HUF	
Megtakarított CO2	12 228	t	
Villamos energia	9 955	MWh	
Villamos energiaár (energia+RHD)	150	EUR/MWh	~60 Ft/kWh
	20000	Ft/GJ	
Évenkénti villamosenergia költség	1 791 818,18	EUR	
	716 727 273	HUF	
Évenkénti megtakarítás	3 323 961	EUR	
	1 329 584 394	HUF	
Főtechnológia	26 250 000	EUR	fajlagosan 2100 EUR/kW
Kiszolgáló és segéd létesítmények	5 000 000	EUR	táv hővezeték

	C	PV_C	
0	- 31 250 000 EUR	- 31 250 000 EUR	-31 250 000
1	3 622 597 EUR	3 450 093 EUR	-27 799 907
2	3 622 597 EUR	3 285 803 EUR	-24 514 105
3	3 622 597 EUR	3 129 336 EUR	-21 384 769
4	3 622 597 EUR	2 980 320 EUR	-18 404 449
5	3 622 597 EUR	2 838 400 EUR	-15 566 049
6	3 622 597 EUR	2 703 238 EUR	-12 862 811
7	3 622 597 EUR	2 574 512 EUR	-10 288 299
8	3 622 597 EUR	2 451 916 EUR	-7 836 383
9	3 622 597 EUR	2 335 159 EUR	-5 501 224
10	3 622 597 EUR	2 223 961 EUR	-3 277 264
IRR	3%		
NPV	- 3 277 264 EUR		



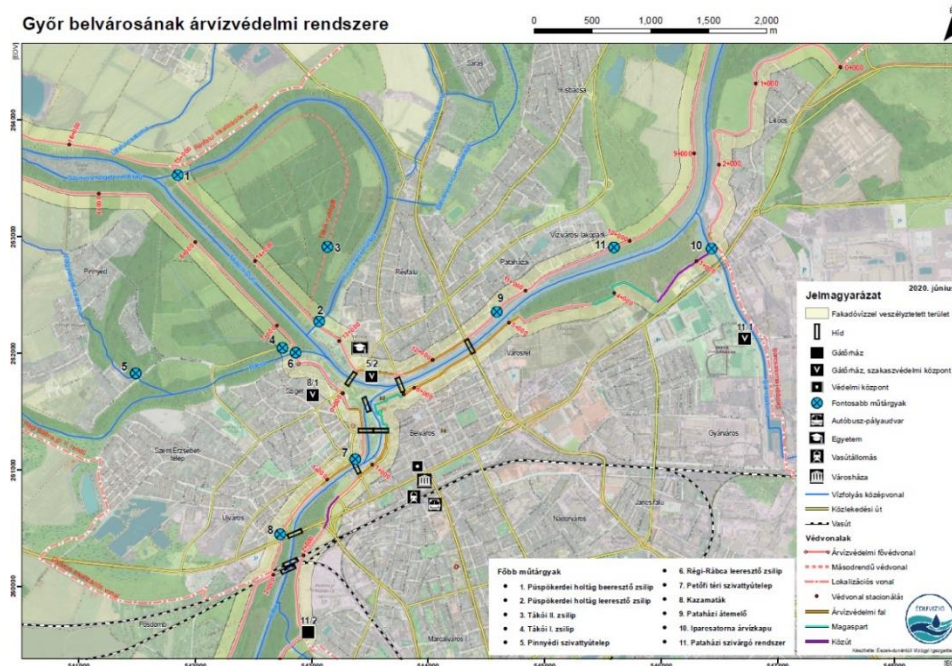
A hőszivattyú dinamikus megtérülése a vizsgált feltételek esetén 10 év feletti, de a projekt megtérülő beruházás. A belső megtérülési ráta viszonylag alacsony a magas fajlagos beruházási költség miatt.

A szennyvíz hőszivattyú megvalósulási ütemtervét a következő Gantt diagram mutatja. Az ütemtervben meghatározott időtartam az ideális folyamatot feltételezi, a valóságban az egyes tevékenységek időtartama változhat.

Szennyvíz hőszivattyú		Hónapok száma																																
Tevékenység	Időtartam (hónap)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	
Esetleg támogatás pályázati idő, előkészítés	4	■	■	■	■																													
Tervezés, engedélyeztetések	12					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Kivitelező pályázat	6										■	■	■	■	■	■																		
Hőszivattyú beszerzés	9																																	
Munkaterület előkészítés, alapszerelések	6																																	
Távvezeték, elektromos ellátás	6																																	
Hőszivattyú beépítés, csatlakozások, készreszerelés	3																																	
Beüzemelés	3																																	

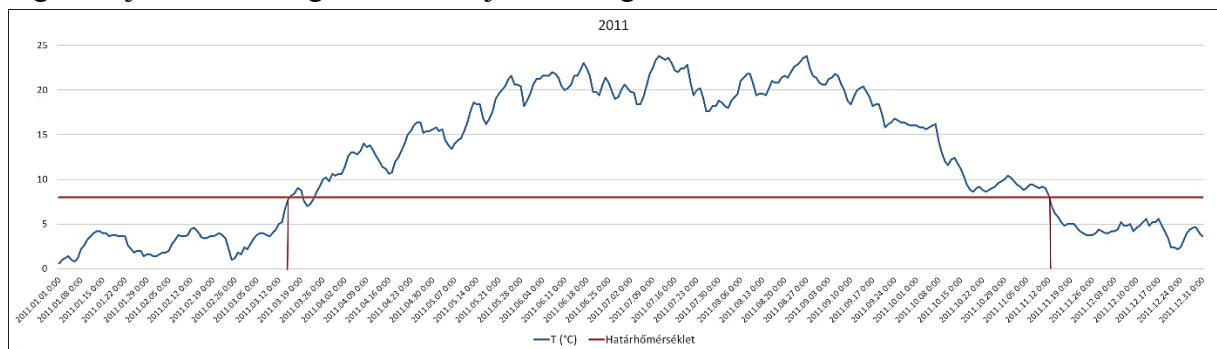
5.3. Mosoni Duna vízének hőjét felhasználó hőszivattyú berendezés

Győr Városán Duna Magyarországi szakaszának Mosoni Duna ága folyik keresztül. A Város árvízvédelmi töltésekkel védett, alábbi térkép szerint:



67. ábra Győr Város árvízvédelmi töltése

Mosoni Duna vízállásának ingadozását a közelmúltban megvalósított Gönyői zsilip szabályozza, közel állandó vízszint tartható a mederben, jelentősen javítva ezzel a vízpart esztétikai látványát. A vízszint szabályozás a Nagy-Duna ágából (magyar/szlovák kormányközi egyezmény alapján) a Szigetközi Mosoni Duna ágába bevezetett átfolyó víztömegáram Gönyői zsilipen történő visszavezetésével valósul meg. A víztömegáram értéke tehát változó, de mindig van áramlás a folyammederben. A Mosoni Duna víz hőmérsékletét évtizedek óta mérik, regisztrálják, alábbi diagramon mutatjuk be átlagos éves változását:



68. ábra Mosoni Duna éves víz hőmérséklete

A Mosoni-Duna által szállított víz átlagos tömegárama 3,0 m³/sec.

Korábban (hatvanas hetvenes-nyolcvanas években) vizét iparivízként hasznosította a város, iparivíz távvezeték kiépítésével, melyre több nagy vízfelhasználású ipari létesítmény is

(pl RÁBA, Szeszipar) is csatlakozott, technológiai hűtést és vízpótlást valósított meg vele, a felhasznált ipari vizet csatornahálózatba vezette.

Ez az iparivíz kitermelő rendszer a Mosoni-Duna jobb partján, a Széchenyi híd mellett/alatt helyezkedett el, ma már nincs használatban, de épületei, vízkitermelő technológiája fennmaradtak. Az iparivíz távvezeték már nem működik, ahol még bent van a földben (többnyire út alatt), ott állapota teljesen elkorrodált, felhasználatlan.

Javaslatunk, hogy Mosoni-Duna vizének hőtartalmát víz/víz hőhasznosítással használja fel a Város. Állítson elő belőle hidegenergiát, s azt használja fel mind új beépítési területek (Városrét), mind meglévő hidegenergia „nagyfogyasztók” (pl. Városi/Megyei Önkormányzat épületei, Színház, Rómer Terem, Kórház stb...) távhűtéssel való ellátására!

A városi távhűtés javaslatunk szerint egy új, megújuló energiára alapozó, karbonsemleges energiaszolgáltatása lenne Győr Városának. Elfogadása esetén a Városfejlesztési tervekbe, a városszerkezetbe integrált nyomvonallal és ellátási körzettel.

A víz/víz hőhasznosítással megoldható hidegenergia termelés legalább 2* gazdaságosabban, tehát feleannyi elektromos energiaráfordítással tudná a szolgáltatást biztosítani.

Amennyiben az elsődlegesen hidegenergia termelésre javasolt hőszivattyú telep megépül, azzal hidegenergia termelés üzemidején kívül az év egy részében melegenergiát is lehet(ne) termelni, többletberuházás nélkül. Telepítése helyén, az új Városrészben annak teljes használati melegvíztermelését megoldaná.

Előzetes egyeztetést folytattunk Észak-Dunántúli Vízügyi Igazgatóság szakembereivel vízkivétel és visszatáplálás témájában.

A vizet első meggondolásként a Mosoni-Duna Győr Városrét városrészének hideg- és melegenergia ellátására akartuk hasznosítani, de a kapott éves vízhőmérsékleti adatok alapján a melegenergia és a teljes éves használati melegvíztermelésről a hőszivattyúzás után kialakuló 0°C-foknál alacsonyabb visszavezetendő vízhőmérséklet kockázatai elemezve lemondtunk.

Részidőben (mikor nincs hűtőenergia termelés és cca. +10°C-foknál nem alacsonyabb a Dunavíz hőmérséklete) van lehetőség melegenergiát termelni, melyet használati melegvíztermelésre javasolnánk fordítani, tartályokban tárolni, és a Városrét központi használati melegvízellátó rendszerébe integrálni.

A hidegenergia termelés (nyári üzemvitel) esetén az élővizekbe visszavezethető maximális 30°C-fok hőmérséklet több száz méter távolság-különbséggel, a kitermelés helyétől rövid távon lefolyó vízkeveredés után a Duna vizét mindössze 0,3°C-fokkal emeli meg. 1 MW hűtőenergia esetén, de 5,0 MW hűtőenergia termelés esetén is csak 1,5°C-fokkal, kimondható, hogy ily mértékű hasznosítása a Mosoni-Dunának természeti környezet sérülésének kockázatával nem jár!

A vízkitermelés helyét a volt iparivíz kitermelés helyén, annak épületét, műtárgyát felhasználva-felújítva javasoljuk megoldani.

A hidegenergia termelés helyének, központjának a hidegenergia távvezeték indulási pontjának pedig Pannon-Víz Vas Gereben utcában lévő, egykor ipari vízkivételre, iparivíz

távvezeték indulópontjára használták. Rendelkezik mindazokkal a technológia helyiségekkel és berendezésekkel, melyek a Dunavíz szűrésére szükségesek, rendelkezik a hidegenergia termelő központ vízi-és elektromos közműhálózati csatlakozásaival. Ezen a területen történik a Belvárosi szennyvizek (egyesített csatorna-és esővíz rendszer) fogadása és szivattyús továbbítása a Városrét K-i végén található délnádorvárosi szennyvízátemelő műbe.

Természetesen a közműigényét felül kell vizsgálni, különösen áram esetében, és a szükséges teljesítménynövelését biztosítani.

Másik lehetséges helye a hidegenergia központnak Városrét K-i végén az ott lévő un, délnádorvárosi szennyvízátemelő mellett lehetne, a telepítési alternatívákat Városrét területfejlesztési koncepciója során kell meghatározni.



69. ábra Hidegenergia központ helyszín javaslati

Alábbi táblázatban szemléltetjük a Mosoni-Dunából kinyerhető hidegenergia teljesítményadatait:

A hőszivattyú teljesítménykategóriák -és üzembiztonsági szempont miatt sem ajánlott- a feladat nem oldható meg egy egység hőszivattyúval, javaslatunk 6 db alábbi egységteljesítményű hőszivattyú telepítése.

Számítási alapadatok:

Mosoni-Duna víztömegárama: 3.000 l/s

Átlagos Dunavíz hőfoklépcső hidegenergia termelés esetén: 18/23°C-fok

Termelt hűtöttvíz hőfoklépcsője: 5/13°C-fok

Hőszivattyú fajlagos teljesítménye hidegenergia termelés esetén: 9,4 kW_{hő}/kW_{áram}

Dunavíz kivétel	Termelhető hidegenergia	hőszivattyú áramfelvétele
32,4 l/s 1,08%	1.086 kW	145 kW
64,8 l/s 2,16%	2.172 kW	290 kW
97,2 l/s 3,24%	3.258 kW	435 kW
129,6 l/s 4,32%	4.344 kW	580 kW
162 l/s 5,40%	5.430 kW	725 kW
194,4l/s 6,48%	6.516 kW	870 kW

23. táblázat Mosoni-Dunából kinyerhető hidegenergia teljesítményadatait

Fenti adatokkal rendelkező 6 db hőszivattyú beépítésével az éves megtermelhető

- hidegenergia mennyisége : 6,5 MW
- működéséhez szükséges áramfogyasztása : 0,87 MW
- Éves csúcskihasználási üzemidő : 1400 h
- működéséhez szükséges áram díja (60 Ft/kWh) :
- hűtőgéptelep beruházásának becsült költsége : 10 500 000 000 Ft

5.4. Megújuló alapú villamosenergia termelés

5.4.1. Napelem telepítés

I. Jogszabályi környezet:

A napelemes rendszereknél háromféle kategória létezik:

- a kereskedelmi célú napelemes erőműveket tulajdonosaik kifejezetten azért hozzák létre, hogy az ott megtermelt áramot a hálózatra betáplálják és azt a szolgáltatók, vagy más piaci szereplők számára értékesítsék.
- Az ipari fogyasztáscsökkentő napelemes erőművek célja, hogy egy adott üzemegység saját energiafogyasztását mérsékeljék, vagy teljes mértékben kiváltsák a kívülről vételezett áram felhasználását.
- A lakossági, háztartási méretű napelemes rendszerek értelemszerűen a kisebb, otthoni energiafelhasználást teszik lehetővé.

Kereskedelmi célú napelemes erőműveket 2021 áprilisa óta nem lehet engedélyeztetni Magyarországon, a Magyar Villamosenergia-ipari Átviteli Rendszerirányító Zrt. (Mavir) azóta nem ad ki csatlakozási jogosultságot a számukra.

Az ipari fogyasztáscsökkentő napelemes erőművek engedélyeztetése a 2022. július 15. után, a Mavir 28. számú üzemi szabályzatának kiadásakor megtorpant, az abban foglalt előírások miatt, de ezek az előírások visszavonásra kerültek, így az erőművek

engedélyeztetettek, továbbra is azzal a megkötéssel, hogy hálózatra nem táplálhatnak ki, vagyis visszatáplálás védelem beépítése szükséges.

A háztartási kiserőmű méretű rendszerekről a 413/2022. (X. 26.) Korm. rendelet a veszélyhelyzet idején a háztartási méretű kiserőművek közcélú hálózatba történő feltáplálásának kérdéseiről rendelkezik:

1.§ (1) A villamos energiáról szóló 2007. évi LXXXVI. törvény egyes rendelkezéseinek végrehajtásáról szóló 273/2007. (X. 19.) Korm. rendelet 5. § (4)-(6) bekezdésében foglalt rendelkezésektől eltérően csak az a háztartási méretű kiserőmű helyezhető üzembe, amely kizárólag saját villamosenergia-fogyasztásának kielégítése érdekében termel villamos energiát, az így üzembe helyezett háztartási méretű kiserőművek közcélú hálózatba történő feltáplálásának lehetősége ideiglenesen felfüggesztésre kerül.

(3) A közcélú hálózati betáplálást korlátozó műszaki megoldás részletszabályait az elosztói szabályzat tartalmazza.

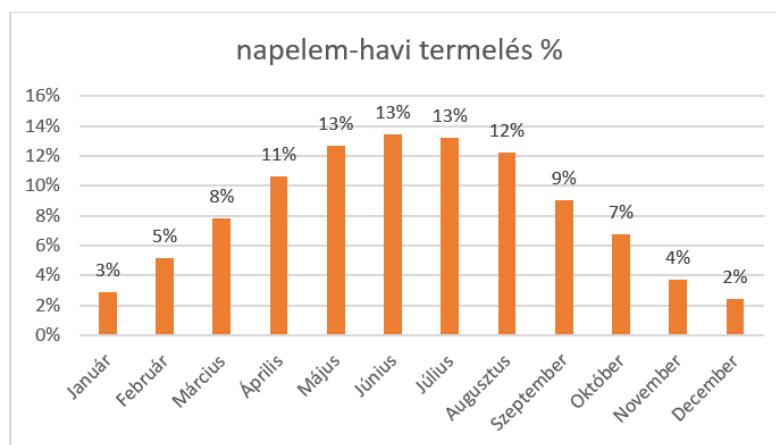
Ez a szabályozás várhatóan a következő években feloldásra kerülhet, de a 13/2022. (XI. 18.) MEKH-rendelet alapján 2024. január elsejétől az összes HMKE méretű kiserőműnek megszűnik az éves szaldóelszámolás lehetősége. A szaldó helyett bruttó elszámolás kerül bevezetésre, vagyis a vételezett energiát és a betáplált energiát külön mérve, mindegyiket az aktuális áron kéri, illetve téríti meg a szolgáltató. Fentiek tekintetében HMKE méretű kiserőművet is csak a pillanatnyilag elfogyasztható energia mértékéig érdemes kiépíteni.

II. Telepítési célok:

A napelemes erőművek telepítése egyrészt az energiatermelés környezetbarátabbá tételét célzó intézkedés, de napjainkban inkább gazdasági szempontok alapján választott beruházás, így elsődleges célja a mielőbbi megtérülés, illetve a havi kiadások (villamos energia rezszi) hatékony csökkentése, a beruházás megtérülése után nyereség termelése.

III. Napelemes termelő rendszerek működése:

A napelemes rendszerek éves, százalékos termelés eloszlása:



70. ábra Napelem havi termelése

Az eloszlási görbéből leolvasható, hogy a napelemes rendszerek a nyári (klíma berendezések üzemeltetésére jellemző, áprilistól augusztusig tartó) időszakban a termelésük 62%-át, míg a téli (fűtési igényre jellemző, novembertől márciusig tartó időszakban) 22%-át adják le.

IV. Villamos fogyasztóberendezések jellemző terhelése:

Az épületek, intézmények - amennyiben szociális és irodajellegű funkciókról beszélünk -, jellemző legfőbb fogyasztói az épületgépészeti berendezések. Ezek fűtési szezonban a hőtermelő és melegvíz előállító berendezések (pl. villamos fűtések, bojlerok, hőszivattyúk), nyári szezonban a klíma berendezések.

V. Napelemes rendszerek bekerülési költsége:

2022-ben napelemes HMKE rendszer bekerülési költsége hozzávetőlegesen 450.000Ft/kW volt.

Ez a költség tartalmazta a rendszer

- tervezési, engedélyeztetési díjait
- tartószerkezet bekerülési és építési díjai
- napelemes rendszer elemeinek bekerülési és építési díjai
- beüzemelési költségeket.

VI. Energiaárak:

A jelen gazdasági helyzetben nehéz becslésekbe bocsátkozni a jövő évben várható energiaárakkal kapcsolatban. A napelemes rendszerek megtérülési idejének számításához az idei évben megtapasztalt átlagos energiaárat vettünk figyelembe, ez 210Ft/kWh.

VII. Napelemes rendszerek működtetési lehetőségei:

Az új szabályozásokat és a jelenlegi gazdasági környezetet (beleértve az energiaárakat és a napelemes rendszerek telepítési költségei) figyelembe véve az alábbi megállapítások tehetők:

- új telepítésű HMKE nem táplálhat vissza a hálózatba
- a napelemes rendszerek téli időszakban nem tudják, illetve csak aránytalanul nagy beruházással tudják ellátni az épületgépészeti fogyasztók energiaigényét
- napelemes rendszert úgy érdemes kiépíteni, hogy a rendszer az adott épület nyári átlagos fogyasztási csúcsát legyen képes kiszolgálni, így a nyári időszakban az éves termelésének 60%-ával hatékonyabban képes a beruházás megtérülési idejét minimalizálni.

VIII. A napelemmel rentábilisan ellátható intézmények:

Azokat az intézményeket érdemes napelemes rendszerrel ellátni, amelyek éves energiaigényének jelentős része a nyári időszakban, a napsütéses órák alatt (jellemzően munkaidőben) jelentkezik, pl. a nyári hűtésre fordított energia.

Intézmény neve, címe	Év	Elektromos áram fogy. [kWh]	Hűtés	Becsült hűtésre fordított energia mennyiség - 20% [kWh]	Beépítésre javasolt napelem teljesítmény [kW]	Bekerülési összeg [Ft]	Megtérülési idő [Év]
Kisfaludy Károly Könyvtár Győr, Baross Gábor u. 4.	2021	59 469	Légkondicionáló	11 894	10	4 500 000	1,8
Gazdasági Működtető Központ Győr	2021	33 400	Légkondicionáló 32 db	6 680	6	2 700 000	1,92
Győri Balett	2021	62 570	Légkezelő	12 514	11	4 950 000	1,88
Győri Nemzeti Színház Műhelyházunk	2021	400 000	Légkondicionáló és légtechnika	80 000	75	33 750 000	2,01
		40 000		8 000	7	3 150 000	1,88
Audi Aréna Győr	2021	783 055	Központi légkezelő és splitklíma	156 611	140	63 000 000	1,92
	2022	726 503		145 301	130	58 500 000	1,92
	2023	633 802		126 760	115	51 750 000	1,94
AQUA Sportközpont	2021	1 308 278	Központi légkezelő és splitklíma	261 656	240	108 000 000	1,97
	2022	1 458 153		291 631	265	119 250 000	1,95
	2023	1 244 522		248 904	225	101 250 000	1,94
Látogatóközpont	2021	46 498	Splitklíma	9 300	9	4 050 000	2,07
	2022	47 124		9 425	9	4 050 000	2,05
	2023	42 380		8 476	8	3 600 000	2,02
Olimpiai Sportpark	2021	1 795 687	Központi légkezelő és splitklíma	359 137	325	146 250 000	1,94
	2022	1 509 670		301 934	275	123 750 000	1,95
	2023	1 185 560		237 112	215	96 750 000	1,94
Kálóczy téri Sportközpont	2021	4 003	Splitklíma	801	1	450 000	2,68
	2022	83 390		16 678	15	6 750 000	1,93
	2023	4 402		880	1	450 000	2,43

24. táblázat Napelemmel rentábilisan ellátható intézmények

Amennyiben az intézményeken elhelyezhető a számított napelem mennyiség, a képletekben azonos értékkel vett áramdíj és napelem díj miatt azonos, kb. 2 éves megtérülési idő adódik.

Az egyszerűsített képlet a megtermelt energia teljes mennyiségének azonnali elhasználásával számol, mintha a termelt energia mennyiségével kevesebb vételezett energia kerülne felhasználásra. Ez a gyakorlatban nem teljesen valósul meg, de a célzott hűtő berendezések üzemidejét figyelembe véve – amelyek jellemzően a napsütéses órákban, munkaidőben működnek – az eltérés nem lesz jelentős, így a számított megtérülési idő továbbra is alacsony marad.

A megtérülési időt mind a valóban telepíthető napelem mennyiség, mind az áramdíj pillanatnyi értéke változtathatja, de kimondható, hogy a megnevezett intézményeken kiépített napelem rendszerek várhatóan rövid megtérülési idővel rendelkeznek, telepítésük gazdasági szempontból megfontolandó.

5.4.2. Komplex energiatároló rendszerek, gyors teljesítményakkumulátorokból (Li-ion), nagykapacitású energia-akkumulátorokból (Nátrium-kén) és vízbontó H₂-üzemanyagcellákból

Az energiatárolás elsődleges célja a pillanatnyilag el nem fogyasztható (tipikusan megújuló energia) elraktározása a későbbi fogyasztás pillanatáig. A tárolás időbeliségét tekintve három fő csoportra oszthatunk fogyasztói tárolókat:

- havi vagy szezonális tároló
- heti szintű tároló
- napi tároló

Havi vagy szezonális tárolás hidrogén felhasználásával

A besoroláshoz a tároló méretét a termelés és fogyasztáshoz arányosítva végezhetjük el. A leghosszabb idejű tároló a szezonális tároló, amely alkalmas a nyári napelemes túltermelés, téli időszakra történő betárolására. Ilyen tároló jelenleg egyáltalán (még ipari környezetben) sem létezik kereskedelmi üzemben. Jelenleg aktívan kutatott terület számos pilot projekt létezik. A tároló anyag valószínűleg hidrogén (power to hydrogen) esetleg szintetikus földgáz (power to gas) lesz. Hazánkban jelenleg a kardoskúti földgáztárolónál építenek pilot jelleggel egy elektrolizáló eszközt, amelyből zöld hidrogén állítható elő. A kardoskúti földgáztároló tűnik leginkább alkalmasnak hidrogén befogadására.

A hidrogénben történő tárolási hatásfok alacsonynak mondható. A villamosenergia → hidrogén energiaátalakításnál az átalakítási hatásfok nagyjából 50–55%-ra tehető. Ezt követően a hidrogén villamosenergiává történő átalakítása 60% körüli hatásfokkal történik. Így a teljes tárolási hatásfok 33% lehet, azaz a betárolt villamosenergia 67%-a elveszik. Ez az érték amennyiben szezonális tárolást valósítunk meg kedvezőnek mondható, azonban önkormányzati hatáskörben szezonális hidrogén tárolók létesítése és üzemeltetése nem elképzelhető abból kifolyólag, hogy egy jelenleg kutatási fázisban lévő technológiáról van szó és minden bizonnyal valamilyen geológiai formációhoz lesz kötve a technológia (pl.: gáztároló kőzet stb.)

Heti szintű tároló

A heti szintű tároló önkormányzati léptékben az alábbi üzemvitellel képzelhető el. Az önkormányzati intézményre szerelt napelemek hétvégi termelését munkanapokra eltárolná, amikor az elfogyasztásra kerül. Továbbá a tároló héten belül is működne napos és kevésbé napos időszakok lefedésével.

Ilyen tárolási időtávon már szoba jöhetnek a Li-ion akkumulátorok, amelyeket teljesítményakkumulátornak is szokás nevezni magas terhelhetőségük miatt. A Li-ion akkumulátorok tárolási hatásfoka jó közelítéssel 90%-nak vehető. Kereskedelmi forgalomban elérhető termékről van szó, amely önkormányzati intézményekben is telepíthető. A telepítést nehezítő tényező a gazdaságosság, amely heti szintű tárolónál még kedvezőtlenebb elvégre jelentős túlméretezést kell megvalósítani, ha a hétvégén termelt áramot hétközbe szeretnénk

felhasználni. Egyszerűbben fogalmazva rendkívül nagyméretű akkumulátor telepeket kell létesíteni, amelyek az idő nagy részében kihasználatlanul állnak. Természetesen létezhet olyan hálózati villamos energia ár (és akkumulátor ár), ahol akár ez is megtérülő beruházás lehet. Azonban, mint később bemutatjuk jelenleg ez a piaci helyzet nem áll fenn és nem is várható, hogy fennálljon a közeljövőben.

Napi szintű tároló

A napi szintű tároló az egyik legrövidebb tárolási idő. Feladata mindössze az, hogy a napelemes termelést a napi fogyasztáshoz igazítsa. Megfelelő méretezés esetén alkalmas arra, hogy a napelemes csúcsidőszakban megtermelt áramot az esti csúcspozíció idejére eltárolja. Ebben az esetben a legmagasabb a tároló kihasználtsága, elvégre az gyakran (szinte minden nap) üzemeltetve van. Ebből kifolyólag a napi szintű tároló tud a leggazdaságosabb lenni, hiszen a beruházott eszköz jóval nagyobb időarányban van hasznosítva.

Napi szintű tárolásnál a Li-ion akkumulátor mellett szóba jöhetnek már az olcsóbb Nátrium–kén akkumulátorok is. Azonban a Nátrium–kén akkumulátorok úgynevezett magas hőmérsékletű akkumulátorok, amelyek üzemelési hőmérséklete több száz °C-fok. Ebből kifolyólag speciális technológiai környezetet igényelnek, amelyek ezt a 300 – 400°C-os üzemelési hőmérsékletet biztonságosan fenntartják. A Nátrium–kén akkumulátorok vesztesége magasabb (a tárolási hatásfok alacsonyabb), hiszen a magas hőmérsékletet fenn kell tartani a tárolási időszak alatt. Ezen okokból kifolyólag a Nátrium–kén akkumulátor önkormányzati intézményekhez történő telepítése nem javasolt. A magas üzemelési hőmérséklet és a technológia kedvezőtlen hatásfoka inkább ipari környezetben tűnik alkalmazhatónak.

A Li-ion akkumulátorok közül viszont számos termék elérhető napi tárolásra is. Számos napelemes beruházás épül ún. hibrid inverterekkel, amelyek alkalmasak akkumulátor töltésre is (azaz rendelkeznek töltésvezérlő elektronikával). A napelemes rendszerhez illeszthető Li-ion akkumulátorok közt olyan gyártókat találhatunk, mint a BYD, Tesla, GBY, MUST stb. A legtöbb esetben az akkumulátor Lítium vas–foszfát kivitelű, amely megfelelő biztonságot nyújt a háztartási és az önkormányzati felhasználásra egyaránt.

Az akkumulátorok fajlagos költsége a jelenlegi piaci árak alapján 180 – 250 ezer Ft/kWh körül alakul. Ez az ár a szükséges inverterrel 250 – 350 ezer Ft/kWh-ra nő. Természetesen a különböző márkák és minőségi osztályok között jelentős eltérés lehet. Napi szintű tárolásnál, amennyiben a lehető legnagyobb kihasználtságot vesszük 365 ciklust fut le az akkumulátor egy évben. Természetesen az akkumulátor méretének növelésével csökken a kihasználtság. Amennyiben a tároló élettartalma 15 év ez 5475 ciklust jelent. Amennyiben a bekerülési költséget fajlagosan 250 ezer Ft/kWh-nak vesszük a 15 éves üzemidő alatt 1 kWh tárolása 45 Ft-ba kerül. Ebben természetesen csak a tárolás van figyelembe véve az előállítás (napelem) költsége nincs. Mivel a hálózati energiaárak jellemzően 60-80 Ft/kWh közé tehetők még egy kifejezetten jó kihasználtságú akkumulátor sem tud megtérülni. Továbbá kijelenthető, hogy az önkormányzati intézmények napelemes önfogyasztás (azaz a termelt energia azonnali felhasználása) szemszögéből igen kedvezőek. Mivel a napelemes csúcsidőszakban (10 – 14 h között) az intézmények használatban vannak. Ez alól kivételt csak a munkaszüneti napok

jelentenek.

5.4.3. ORC telepítés

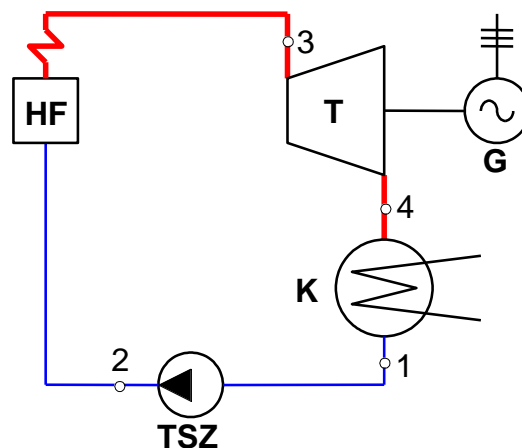
A szerves Rankine körfolyamatok (angolul Organic Rankine Cycle, ORC) alapvető felépítésüket tekintve hasonlatosak a hagyományos (gőzerőművi) víz-gőz Rankine körfolyamatokhoz. Azonban amíg a hagyományos gőzkörfolyamatok minimálisan 350-400 °C-os kezdő gőzhőmérsékletet igényelnek és ebből kifolyólag a hőforrás hőmérsékletének is ezen érték felett kell lennie, a szerves közegekkel működtetett Rankine körfolyamatok jóval alacsonyabb hőmérsékleten is megvalósíthatók. Tehát a szerves Rankine körfolyamatok, olyan munkavégző körfolyamatok, amelyek alacsony hőmérsékleten működnek. Természetesen az alacsonyabb hőbeviteli átlag hőmérséklet velejárója a gyengébb körfolyamati hatásfok.

Az elméleti körfolyamat négy részfolyamatra bontható, melyek rendre

1. izentrópus kompresszió (1→2), munka bevitel
2. izobár hőbevitel (2→3), hő bevitel
3. izentrópus expanzió (3→4), munka kinyerés
4. izobár hőelvonás (4→1), hő kinyerés

A fentebb bemutatott 4 részfolyamathoz 4 főberendezés társítható:

1. villamos hajtású szivattyú
2. elpárolgató hőcserélő / gőzkazán
3. gőzturbina / expander
4. kondenzátor



71. ábra Rankine körfolyamat [15]

Az ORC berendezések további előnye az alacsony hőbeviteli hőmérséklet mellett, hogy számos esetben előreszerelt részegységekből állítható össze, így a beruházási szakasz rövidül. A szükséges főberendezések konténerbe építve (package) érkeznek és a berendezések üzembehelyezése is rövidebb időt igényel, elvégre sorozatgyártott gépekről van szó.

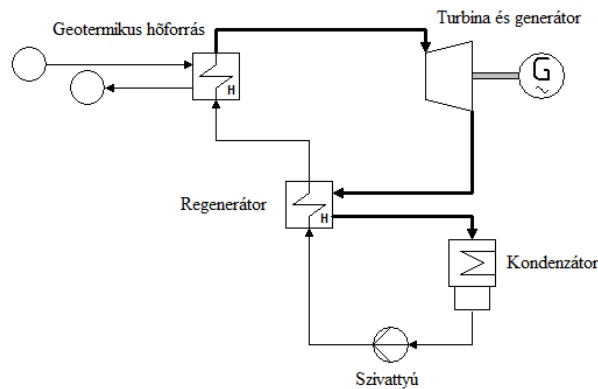
A berendezéssel elérhető villamosenergia termelés alapvetően két tényezőtől függ: a rendelkezésre álló geotermikus forrás hőmérséklet szintje (az energia minősége) és a kút hozama (az energia mennyisége). A hőbeviteli átlaghőmérséklet erősen befolyásolja az elérhető termikus hatásfokot. Alacsony hőmérsékletű hőforrás esetén könnyen előállhat az a szituáció,

hogy a megtermelhető villamosenergia mennyiségének egy igen jelentős részét elfogyasztják a visszasajtoló szivattyúk, valamint az ORC rendszer önfogyasztói (szivattyúk, ventilátorok stb.). Amennyiben megfelelő a rendelkezésre álló hőmérséklet, ahhoz, hogy a megfelelő teljesítményt is el tudjuk érni a kút vízhozamának is nagyoknak kell lennie.

Az ORC berendezések munkaközegüket tekintve, valamilyen szerves vegyületet alkalmaznak. A legtöbb esetben valamilyen hűtőközegként is funkcionáló „R” vegyületet. De léteznek olyan gyártók, amelyek egyszerű etanolt használnak (pl.: DeVetec GmbH.) A munkaközeg környezetvédelmileg fontos jellemzője az ODP (ozone depletion potential) és a GWP (global warming potential). Az ODP érték a munkaközeg ózont bontó képességét jellemzi, minél nagyobb annál súlyosabb kárt okoz az ózonrétegben. Bizonyos vegyületek alkalmazását mára betiltották (pl.: R11 azaz Fluor-triklórmetán). Egyezményes alapon az R11 közeg ODP értékét veszik 1-nek, mivel ez az egyik legsúlyosabb ózont károsító munkaközeg. Viszonyítási alapként a mára szintén kivezetésre került R22 (Klór-difluor-metán) ODP értéke 0,05. Egy tipikusan alkalmazott ORC munkaközeg típus az R134a (Tetrafluor-etán), amelyet autók klímaberendezései is alkalmaztak, amíg le nem váltotta az R1234yf (Tetrafluorpropén). Az R134a ODP értéke már nulla. További fontos környezetvédelmi paraméter a GWP, ami a gáz üvegházhatását mutatja. Egyezményesen a GWP érték a szén-dioxid esetén 1. Az alkalmazott munkaközeg GWP értéke jócskán meghaladja a szén-dioxid értékét. Az R134a GWP értéke 1300, ebből kifolyólag a munkaközeg légkörbe jutását el kell kerülni, továbbá szigorú felügyelet alatt lehet csak a munkaközeggel kereskedni. Az R245fa-t (Pentafluor-propán) is elterjedten alkalmazzák ORC berendezések, az ODP értéke itt is 0 és a GWP érték is kedvezőbb, mindössze 1030. A munkaközeg esetén fontos tulajdonság, hogy a legtöbb alkalmazott közeg tűzveszélyes, ezért a rendszer tervezésekor fokozott óvatossággal kell eljárni. A kiszökő munkaközeg tüzet okozhat. Ez a veszély azonban az alacsony hőmérsékletű termálvizes hőbevitelű ORC-eket mérsékelten érinti. Nagyon alacsony GWP értékkel rendelkezik az izopentán és az izo-bután (R600). Az izopentánt a bad blumau-i (Ausztria) ORC munkaközegként alkalmazzák. A 110 °C-os termálvíz egy 250 kWe névleges teljesítményű Ormat gyártású ORC berendezést lát el hőenergiával. Az izopentán GWP értéke kevesebb, mint 4.

Az ORC berendezések speciális turbinákat alkalmaznak, melyek a legtöbb esetben teljesen más elven működnek, mint az erőművi gőzturbinák. Ebből kifolyólag külön néven, expanderként hivatkozik rájuk a szakirodalom. A teljesítmény függvényében 3 típusú expander terjedt el. A legkisebb teljesítményeken (0,1 kW – 10 kW) scroll expandert alkalmaznak. 10 kW – 1000 kW között csavar expandert. (A csavar expander felépítése hasonlatos a klímatechnikában alkalmazott csavar kompresszorokéhoz, ezért számos kompresszorgyártó cég palettáján ORC expander is szerepelnek.) A megawattos teljesítmény tartományon, azaz 1000 kW felett, megjelennek a speciálisan ORC-re tervezett turbinák. Az expanderrel szembeni elvárás mindenekelőtt a minél jobb izentrópikus hatásfok elérése. Számos esetben az expanderen kétkomponensű közeg expandál, mivel az ORC munkaközeg mellett a kenőanyag is jelen van (tipikusan csavarexpanderek esetén). Az expanderből kiáramló fáradt közeget ezért szeparálni kell, hogy a kondenzátorba csak tiszta munkaközeg kerüljön, a kenőanyagot pedig vissza kell juttatni az expanderbe.

Termodinamikai szempontól a hűtőközegeket 3 kategóriába sorolhatjuk: nedvesítő, izentróp és szárító. A nedvesítő közegekben expanzió során folyadék cseppek jelennek meg, ezeknél a közegeknél ebből kifolyólag túlhevítést is érdemes alkalmazni. Az izentróp közegek expanziójuk során végig telített vagy közel telített állapotban maradnak. A szárító közegek tágulás közben túlhevülnek. A szárító közeggel feltöltött ORC-k ezért nem alkalmaznak túlhevítőt. Viszont az alacsony nyomású túlhevült közegnél egy rekuperatív hőcserélőt igen, amely a közeget telített gőzzé hűti, hogy az a kondenzátorba vezethető legyen jelentősebb hőveszteség nélkül.



72. ábra ORC rendszer kapcsolási sémája

Az elérhető legjobb villamos hatásfokot egy idealizált körfolyamattal, a Carnot körfolyamattal lehetne biztosítani. Ennél a körfolyamatnál a termikus hatásfok csak a hőbeviteli és a hőelvonási átlaghőmérsékletektől függ. Annak ellenére, hogy a Carnot körfolyamat a valóságban nem megvalósítható, jó lehetőséget nyújt megmutatni, hogy az adott hőmérséklet szintek között milyen termikus hatásfok maximum áll rendelkezésre, amelynél a megvásárolni kívánt ORC berendezés (amely Rankine körfolyamatot valósít meg), biztosan rosszabb lesz.

$$\eta_{Carnot} = 1 - \frac{\bar{T}_{el}}{\bar{T}_{be}} \quad (1)$$

ahol:

- η_{Carnot} : a Carnot hatásfok
- \bar{T}_{el} : a hőelvonás átlaghőmérséklete
- \bar{T}_{be} : a hőbevezetés átlaghőmérséklete

A Carnot hatásfok a Győrben elérhető 90 °C feletti hőmérséklettel az alábbiak szerint alakul:

$$\eta_{Carnot} = 1 - \frac{\bar{T}_{el}}{\bar{T}_{be}} = \frac{20+273,15}{90+273,15} = 0,19 \quad (2)$$

Ennek az értéknek egy Rankine körfolyamattal megvalósított kapcsolt termelés nagyjából a felét tudja elérni. Az iparági tapasztalatok alapján is a reális becslés 8-10% elérhető hatásfokot feltételez. Ezek alapján a kinyerhető villamos teljesítményt az alábbiak szerint határozhatjuk

meg:

A geotermikus kút hőteljesítménye (ORC bemenő hőteljesítmény):

$$\dot{Q}_{geo} = \int_{t_i}^{t_f} \dot{m} \cdot \bar{c}_p \cdot dt = \dot{m} \cdot \bar{c}_p \cdot (t_e - t_v) = \bar{\rho} \cdot \dot{V} \cdot \bar{c}_p \cdot (t_e - t_v) \quad (3)$$

ahol:

- \dot{Q}_{geo} : a geotermikus kút hőteljesítménye [kW_{th}]
- t_f : az előremenő hőmérséklet [°C]
- t_i : a visszatérő hőmérséklet [°C]
- \dot{m} : a tömegáram [kg/s]
- \bar{c}_p : a közeg átlagos fajhője [kJ/(kg °C)]
- $\bar{\rho}$: a folyadék átlagos sűrűsége [kg/m³]
- \dot{V} : a közeg térfogatárama [m³/s]

Az ORC belső önfogyasztással csökkentett villamos teljesítménye:

$$P_{ORC} = \dot{Q}_{geo} \cdot \bar{\eta}_{netto} \quad (4)$$

ahol:

- P_{ORC} : az ORC berendezés villamos teljesítménye [kW_e]
- \dot{Q}_{geo} : a geotermikus kút hőteljesítménye [kW_{th}]
- $\bar{\eta}_{netto}$: az ORC nettó villamos hatásfoka [-]

A nettó villamos hatásfok tartalmazza a körfolyamat fenntartásához szükséges szivattyúzási teljesítményt (tápszivattyú). Továbbá szintén a körfolyamat fenntartásához szükséges hőelvonáshoz kapcsolódó villamos teljesítményigényeket (hűtővíz keringető szivattyú és kényszerhűtő). De nem tartalmazza a visszasajtolási teljesítményt, ami tovább csökkenti az ORC esetében értékesíthető villamos teljesítmény nagyságát.

A visszasajtoló kút villamos teljesítmény igénye:

$$P_{vs} = \Delta p \cdot \dot{V} \cdot \eta_{eff} \quad (5)$$

ahol:

- P_{vs} : a visszasajtoló szivattyú villamos teljesítménye [kW_e]
- Δp : a szükséges nyomáskülönbség [bar]
- η_{eff} : a szivattyú effektív hatásfoka [-]

Az értékesíthető villamos energia az ORC által termelt villamosenergia és a visszasajtoló által elfogyasztott villamosenergia különbsége. A berendezések beruházási költsége iparági tapasztalatok alapján magas (meghaladhatja az 5000 EUR/kW_e fajlagos beruházási költséget is). Gyorsan változó gazdasági környezet miatt azonban csak konkrét árajánlat alapján lehetne ennél bővebb információt mondani.

Nemzetközi kintekintésként felsorolunk néhány megvalósult geotermikus ORC erőművet, a helyszíneket és zárójelben a villamos teljesítményt, illetve a bányászott geotermia hőmérséklet szintjét megjelölve.

- Dürnrhaar, Németország (5,6 MW_e; 138°C)

- Kirchstockach, Németország (5,6 MW_e; 138°C)
- Sauerlach, Németország (5 MW_e; 140°C)
- Sugawara, Japán (5 MW_e; 140°C)
- Traunreut, Németország (4,1 MW_e + 12 MW_{th}; 118°C)
- Afyonkarahisar, Törökország (3 MW_e; 110°C)
- Velika Ciglena, Horvátország (17,5 MW_e; 171°C)
- Vendenheim, Franciarszág (11 MW_e; 200°C)

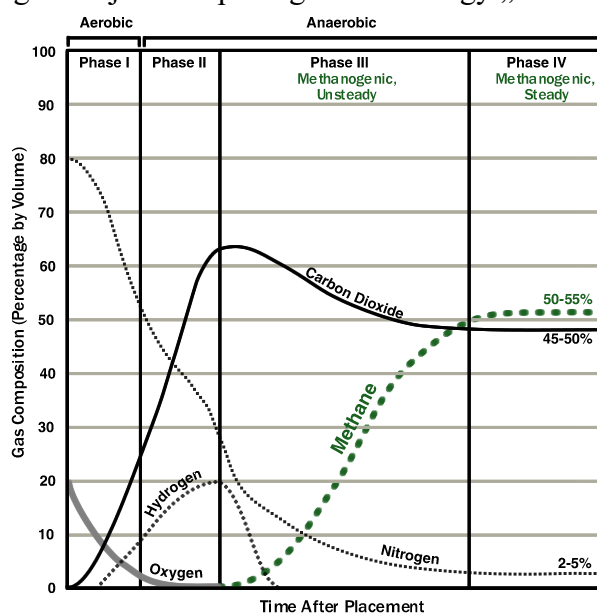
A felsorolásból kitűnik, hogy 110°C geotermikus hőmérséklet alatt nincsenek projektek, noha műszakilag lehetséges lenne energiatermelő körfolyamatot létrehozni, az elérhető alacsonyabb termikus hatásfok miatt kevésbé lenne gazdaságos. A győri lehetőségeket figyelembe véve a geotermia kapacitása viszonylag szűkös és hőmérséklete is alacsonyabb miután a termelt víz egy jelentős részével más ipari fogyasztókat szolgálnak ki. Ezek alapján kijelenthető, hogy a geotermikus hőbevitelű ORC rendszer létesítése csak kedvezőtlen műszaki feltételek mellett valósulhatna meg. További kedvezőtlen tényező, hogy az ORC rendszerek által elhasznált értékes hőt nem lehet fűtési célra felhasználni. Természetesen megvalósítható kapcsolt termelés is ORC-vel, de a kapcsoltan kiadható hő jóval kevesebb lesz, mintha közvetlen fűtőművi felhasználásra szánnánk. Ezen okokból kifolyólag nem javasolt a geotermia villamosenergia termelésre történő felhasználása.

5.4.4. Városi hulladéklerakó depóniagázüzemű motorok létesítése villamos és hőenergia termelésre

A települési szilárd hulladék (TSZH) egyik kezelési módja a deponálás vagy más néven lerakás. Mivel a TSZH jelentős szerves anyag tartalommal bír. A szerves tartalom növényi és állati eredetű lehet, tipikus forrása az élelmiszer maradványok. A depóniában elhelyezett hulladék szerves tartalma oxigéntől elzárva (anaerob) bomlásnak indul. A bomláshoz megfelelő nedvesség tartalom kell, hiszen baktériumok végzik a szerves anyagok lebontását. A depónia hőmérséklete a szerves anyagok bomlása miatt magasabb a környezeti hőmérsékletnél. Kedvező esetben egy tonna hulladékból 7–12 m³ gáz keletkezik. A tapasztalatok szerint 6-7 hónap elegendő a depóniagáz keletkezés megindulásához. Ezt követően 15-20 éven keresztül gazdaságosan kitermelhető depóniagáz keletkezik. A depónián keletkező gázok összetételének időbeni változását az 73. ábra mutatja. A keletkezett depóniagázt kutakkal szívják el. Gázkutak kialakíthatók már felhagyott és rekultivált depóniákra is, de aktív, feltöltés alatt álló depóniák esetén is lehetséges gázkutakat létesíteni. A gázkutak függőleges kutak, amelyek felső vagy alsó elszívásúak lehetnek. Felső elszívású kutat csak feltöltött vagy részben feltöltött depóniák esetén lehet alkalmazni, de számos üzemviteli előnye van (pl.: kisebb kockázat a kút vizesedése). Az alsó elszívású kút azonnal üzemeltethető a depónián viszont a kút vizesedése problémát okozhat, nehézkes a tisztítása és a karbantartása a kútnak [16]

- szén–dioxid: 35-50%
- nitrogén: 10-20%
- hidrogén: 1-4%
- egyéb (pl.: kén–hidrogén): 1%

A depóniagáz metántartalma jelentős. Egységnyi tömegű metán üvegházhatása (GWP) 20 szorososa a szén–dioxidénak. Ebből kifolyólag a depóniagáz elégetése negatív üvegházhatással jár (mivel a metán nagyon magas GWP-vel rendelkezik, elégetve „csak” szén–dioxid kerül kibocsájtásra). A depóniagáz elszívás nélkül is keletkezik, ebben az esetben ellenőrizetlen körülmények között a légkörbe jut. A depóniagáz elszívás így „kármentésként” is felfogható.



75. ábra Depóniagáz összetételének időbeni változása [17]

Kezdetben az elszívott depóniagáz fáklyázással került ártalmatlanításra. A fáklyázás során az elszívott depóniagázt hasznosítás nélkül elégették. Ezek a rendszerek biztonsági funkciók miatt minden esetben kiépülnek. Viszont a fáklyák nem folyamatos üzemben, csak üzemzavar esetén lépnek működésbe. Az elszívott depóniagáz fűtőértéke hozzávetőlegesen 18 MJ/Nm³. A metántartalom növekedésével a fűtőérték is nő. Ez a fűtőérték a földgáz fűtőértékétől elmarad, de speciális tüzelőberendezések és gázmotorok képesek hasznosítani. Ennél a fűtőértéknél jelentősebb rosszabb fűtőértékű gázok is hasznosíthatók. Viszont amennyiben a gáz fűtőértéke valamilyen okból kifolyólag lecsökkenne (akár rövid időre is) automatikus megoldások is léteznek földgáz hozzákeverésére, amely a folyamatos energiatermelést biztosíthatóvá teszi. Természetesen a gáz tüzelés előtt tisztításra szorul, amelyet a későbbiekben mutatunk be. Jellemző depóniagáz összetételt az 25. táblázat mutat. Amint látható a depóniagáz inert tartalmáért kisebb részben a nitrogén, nagyobb részben a szén–dioxid a felelős.

Komponens	Összetétel, V/V%		
	1. telep	2. telep	3. telep
CO ₂	34,30	34,37	31,67
C ₂ H ₄	<0,093	<0,093	<0,093
C ₂ H ₆	<0,065	<0,065	<0,065
H ₂ S	<0,107	<0,107	<0,107
H ₂	<3,975	<3,975	<3,975
O ₂	0,53	2,19	2,09
N ₂	2,99	6,77	7,23
CH ₄	55,38	47,59	50,67
CO	<0,092	<0,092	<0,092

25. táblázat Jellemző depónia-gáz összetevők [18]

A gázösszetételből látható, hogy kis mennyiségben (0,1 V/V %), de tartalmaz a depónia-gáz kén-hidrogént is, ami egy kellemetlen szagú erősen korrózív gáz. A kén-hidrogént tüzelés előtt célszerű leválasztani megóvva ezzel a környezetet és a gázzal érintkező berendezéseket. Amennyiben magas a depónia-gáz kén-hidrogén tartalma a gáz mosatása is felmerülhet. Ez a technológia széleskörben ismert és alkalmazott Venturi csöves mosóval kerülhet kialakításra, mosó oldatnak pedig legtöbbször valamilyen lúgos közeget (pl.: NaOH-t) alkalmaznak. Szakirodalmi értékek alapján [19] az 0,1 V/V % alatti kén-hidrogén tartalom már megfelelő. Ezen felül a por és egyéb szilárd részecskék leválasztása is fontos feladat, mivel károsíthatja a tüzelőberendezést, főleg a belsőégésű motorok érzékenyek a szilárd részecskékre. Erre különböző szűrők beépítése nyújt megoldást. A szűrőket időnként cserélni szükséges, viszont mivel nem magas hőmérsékletű a gáz nem igényel speciális szűrőbetéteket. A szűrők eltömődésével a gáz elszívásának energia igénye kismértékben nő. A Venturi csöves mosóval szemben egyszerűbb kivitelű jelentenek a különböző aktív szén szűrők. Ezeket a szűrőket elterjedten alkalmazzák depónia és biogáz tisztításra. Előnyük az egyszerű kivitel és üzemvitel, nincs szükség mosóoldatra sem. A szűrő töltetet kell időnként cserélni, az elhasznált töltet hulladékként kezelendő. Depónia-gáz esetén két aktív szén szűrő szükséges a gázkompresszor szívó és nyomó oldalára. A szívó oldalon elhelyezett szűrőbetét felelős a kén-hidrogén leválasztásáért, míg a nyomó oldalon lévő a sziloxánok eltávolítását végzi. A sziloxán depónia-gáz esetén lép fel szennyezőként. A motorokon belül lerakódásokat okoz, amely ellehetetleníti az üzemvitelt. A gázkompresszor nyomó oldalán elhelyezett szűrő előnye, hogy kevésbé vizesedik, hiszen a kompresszor után magasabb hőmérsékletű a gáz. A szívó oldalon elhelyezett szűrőknél jellemző probléma a szűrőbetétek vizesedése. Ennek megakadályozására a gázt lehet vízteleníteni. Ez általában egy hűtőgép segítségével történik. A hűtőgép kikondenzáltatja a nedvességet a gázból és visszamelegíti azt. Így a szűrőbetétekben már nincs jelentős kondenzátum képződés. A hűtőgép energiaigényét célszerűen hulladékhőről fedezik speciálisan erre a célra tervezett adszorpciós hűtőkkel.

A depónia-gáz hasznosítása elképzelhető közvetlen fűtőművi kazánokban is. Ebben az esetben csak hőtermelés történik villamosenergia termelés nélkül. Sajnos a legtöbb hőfogyasztó

(pl.: távhőrendszerek) a depóniáktól távol helyezkednek el. Viszont a termelő gáz hosszú távon (15-20 év) rendelkezésre álló időjárás független megújuló energiaforrásnak számít. Ebből kifolyólag nem terheli szén-dioxid kvóta fizetési kötelezettség sem. Elképzelhető olyan rendszer is, hogy a depónián kitermelt gáz egy célvezetéken keresztül a fűtőműbe kerül elvezetésre, ahol speciális depónia gáz tüzelésű kazánokba kerül hasznosításra. Ennek a rendszernek az előnye, hogy teljes hőhasznosítás valósítható meg, viszont a vezeték kiépítésének többlet beruházási költsége van. Ilyen rendszer került kialakításra Miskolcon is [20]. Amennyiben a rendelkezésre álló gázmennyiséget magasabb energetikai hatékonysággal kívánjuk hasznosítani a kapcsolt (hő és villamosenergia együtt termelése) termelés nyújt lehetőséget. A depóniagáz esetén erre két berendezés ad lehetőséget a gázturbina és a gázmotor. A kettő technológia közül a gázmotorok az elterjedtebbek, mivel kis egységjeljesítményen (50-500 kW_e) jelentősen jobb villamos hatásfokkal rendelkeznek (30-40 %, szemben a mikro gázturbinák 20-25%-val). A gázturbinák előnye az alacsonyabb karbantartási igény, nem kompenzálja a hatásfokbeli elmaradásukat, ezért nem kifejezetten elterjedtek a depóniagáz tüzelésű turbinák. További hátránya a mikrogázturbináknak, hogy igen magas üzemi fordulatszámokon működnek ezért közvetlen szinkrongenerátorral nem tudnak a hálózatra termelni csak inverter alkalmazásával. A gázmotoros termeléssel viszont igen kedvező villamos hatásfok érhető el. A gázmotoron termelt hulladékhő fűtési és technológiai célokra egyaránt felhasználható. Amennyiben lehetőség van rá érdemes egy célgázvezetéken a gáz hőfogyasztók (pl.: távhőrendszer) közelébe vezetni és a gázmotoron termelt hőt a hőfogyasztó számára betáplálni. Természetesen a depóniák a lakott területektől távol helyezkednek el, így erre nem minden esetben van lehetőség. Ilyenkor a hő egy részét hasznosítás nélkül a környezetbe juttatjuk. Ebben az esetben is előnyösebb a gázmotor, hiszen ott kevesebb a hulladékhő a jobb villamos hatásfok miatt.

A depóniagázmotorok alkalmassá tehetők arra, hogy részt vegyenek a villamosenergia rendszer kiegyenlítésében is. Mivel a depóniagáz folyamatosan keletkezik a motoroknak folyamatosan üzemelni szükséges, viszont negatív irányú frekvencia helyreállító tartalékot (aFRR), így is tudnak adni. Amennyiben túltermelés van a villamosenergia rendszerben, a rendszerirányító aktiválja a negatív irányú tartalékokat és utasít erőműveket a termelésük csökkentésére. A depóniagázmotorok is részt tudnak venni olyan virtuális erőművekben, amelyeket a rendszerirányító alkalmaz. Ebben az esetben célszerű lehet egy tárolót alkalmazni, amely a leállás idején a gázt begyűjti és eltárolja későbbi hasznosításra. A depóniagázmotoros telephelynek ebből két bevétele származhat amennyiben sikeresen vesz részt a kiegyenlítő energia tenderen. Egyrészt rendelkezésre állási díjat kap (RÁD), akkor is, ha nem kerültek behívásra, másrészt, ha behívásra kerül a kiesett termelésért kompenzálják. Természetesen ez csak egy opcionális lehetőség, viszont az elmúlt időszakban megnövekedett kiegyenlítő energia árak miatt érdemes vizsgálni a lehetőségét.

A győri hulladékgazdálkodással a Győri Hulladékgazdálkodási Nonprofit Kft. (röviden: GYHG) foglalkozik. Megvizsgáltuk a hulladékgyűjtő telephelyeket, amiből az mondható el, hogy a városi régi hulladéklerakó telephelyén, amely a Pápai úton található depóniagázból származó hőenergia kinyerés a hulladékgyűjtő bázárása óta nem történik. Az új hulladékgyűjtő

telephely a Fehérvári út 1. címen található. Ezen a telephelyen depóniagázból származó villamos és hőenergia termelésére lesz lehetőség. A megfelelő hálózat kiépítése megtörtént a telephelyen. A jelen állapotban azonban a GYHG-től kapott információink alapján nincs villamos és hőenergia kinyerés, mivel a telephely az elmúlt években került felépítésre és a gázképződés még nem indult meg.

5.5. Energia politika, energia közösségek, hálózat bővítés

Az ukrán-orosz háborúval vagy különleges hadművelettel csúcsosodott ki Európa energetikai problémája. A száműzött atomerőművek, a bezárásra ítélt szénművek oly mértékű gázfüggőséget okoztak, hogy a gázárak az egekbe lóttak ki. Az addig megszokott 25-35 EUR/MWh-s gázár elérte a 300 EUR/MWh-t is. Az energia soha nem látott értéket képvisel. Az energiatakarékosságnak több formáját alkalmazzuk jelenleg, mint például visszább vesszük az épületek hőmérsékletét, többen dolgozunk home office-ban, takarékoskodunk a közvilágítással. Ezek a gyorsan megvalósítható, azonnal érzékelhető intézkedések. Persze hosszabb távban is gondolkodnia kell egy felelős gazdálkodónak. Így valósult meg Győrben is rengeteg panelház rekonstrukciója, mely segítségével megtörtént a nyílászárók cseréje, felújításra kerültek a fűtési rendszerek és hőszigetelést is kaptak az épületek. Épületekre napelemek települtek, villamos energiát állítanak elő.

Ebben a fejezetben azonban szeretnék még hátrébb lépni egyet és egy eszme lehetőségét bemutatni. Ha hőenergiára gondoltunk régen, akkor azt valamilyen primer energia, pl. földgáz, pakura vagy szén elégetéséből nyertük. Ezt azok a fogyasztók, akiknek szüksége volt el is használták. A mai világban már a hőenergia termelésnek sokkal több válfaja van. Vannak, akik hőszivattyút telepítenek, melyek lehetnek geotermikus forrásúak vagy egyszerűbbek levegő hőforrásúak. Vannak, akik biomasszával vagy vegyes tüzelésű kazánal fűtenek, de gyakori már a napkollektorok által termelt melegvíz is. A klíma változásával a hűtés is általános komfortigénnyé vált.

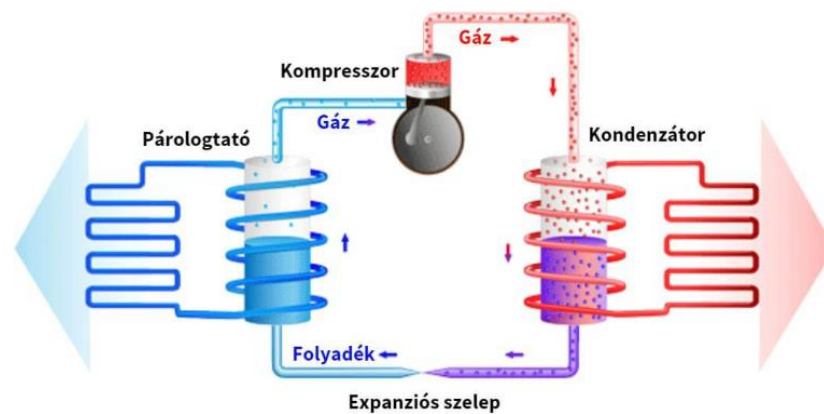
Többségében a fűtést vagy hűtést víz közvetítőközeggel oldjuk meg a hőtermelő és a hőleadó berendezések között. Azaz ezt a vizet fűtés esetén felmelegítjük, szivattyúval eljuttatjuk a felhasználási helyre, ahol a hőleadó felületen leadja a hőjét a környezetnek. A lehűlt víz pedig visszajut a hőtermelő berendezésbe. Ugyanez a módszere a hűtési rendszerek többségének is. Ilyen esetekben a hőleadóba érkező hő érték még számunkra, az abból távozó víz pedig már általunk nem felhasználható. Alapvetően, hogy milyen meleg vagy hideg vízre van szükségünk a szükségletünk kielégítésére, azt a hőleadó felület határozza meg. Így fordulhat elő, hogy míg egy szoba kifűtéséhez egy 1 m² felületű radiátor elégséges lehet bőven, addig padlófűtésnél a teljes szoba hőleadó felület, azaz 10–15–20 m² is. Az eltérés a fűtővíz hőmérséklete, míg a radiátorban 50 – 70°C-os vizet keringetünk, addig a padlófűtésnél ca. 28 – 35°C-ot.

Játszunk el a gondolattal, hogy van két ugyanakkora családi ház egymás mellett, az

egyikben radiátoros fűtés van, a másikban pedig padlófűtés. A helyi távhővel leszerződnek egyesével, és geotermikus fűtést kapnak. A radiátoros lakásból visszajutó 40-50°C „lehűlt” fűtővíz ugyanúgy visszajutásra kerül, mint a padlófűtéses lakás hidegebb vize. Ha a radiátoros lakás számára már nem értékes lehűlt vizét odaadná a padlófűtésesnek, akkor annak már nem kellene plusz hőenergiát vételeznie. Mit spórolt globálisan a környezet? Tömegáramot és/vagy szivattyúzási munkát. A tömegáram spórolás azt jelenti, hogy több fogyasztóhoz tud eljutni a zöld geotermikus energia változatlan rendszer mellett, vagy a szivattyúzási munka csökkentése változatlan fogyasztói létszám esetén pedig a rendszer hatásfokát javítja.

A győri geotermikus rendszer csúcs szivattyúzási igénye meghaladja az 1 MW teljesítményt, ami jelentős mennyiség a rendszer hőteljesítményéhez képest, ami 40 – 50 MW.

Itt jön képbe az energiaközösségek eszméje. A családi házas példa mutatja, hogy az egyik fél számára már értéktelen energia a másik fél számára akár az igényét fedezni is tudja. Az ilyen gondolkodásmódot az egyre inkább elterjedő hőszivattyúk tudják még hatékonyabbá tenni. Ha egyszerűen akarok fogalmazni, akkor a hőszivattyú egyik oldala fűt - kondenzátor, míg a másik oldala hűt - elpárologtató.



76. ábra Hőszivattyús körfolyamat ábra [21]

A hőszivattyúk energiaközösségekben való alkalmazása azt tudja eredményezni, hogy egy berendezés bizonyos esetekben ki tud elégíteni egy fűtési és egy hűtési igényt is. Hol fordulhatnak elő ilyen esetek, hiszen fűteni mindenki télen akar?

Az uszoda a megfelelő hőmérsékletű medencevíz érdekében azt folyamatosan fűti. A mellette lévő diákolimpiára készült sportcsarnok nyáron a létesítményt hűti. A két rendszert energiaközösségekben kezelve egymást tudnák segíteni. Míg egy egyetemi előadó terem - ahol több száz diák ül bent egyszerre (vagy legalábbis reméljük) – akár novemberben is hűtést kér, addig a nagy közösségi terek már természetesen fűtést kérnek.

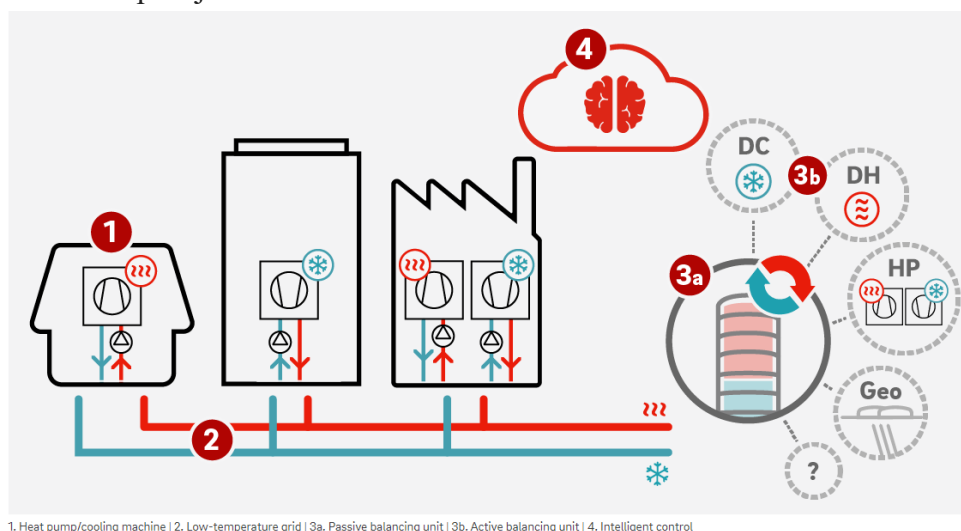
A két példa is mutatja, hogy az energiaigények komplex kezelésével akár épületen belül is megvalósulhatnak, de eltérő igényű felhasználók épületen kívül is élhetnek szimbiózisban. Természetesen ez egy tudatos, előre tervezett együttműködésként tud működni, mely minél több felhasználóval válik egyre élhetőbbé. Az egyének és a köz érdeke is, hogy az igényüket minél inkább közelítsék az ideális hőmérséklethez, azaz a fűtési szükségletük minél alacsonyabb hőmérsékletű legyen, a hűtési szükségletük pedig minél magasabb. Az ideális eset

akkor fog bekövetkezni, ha az egyik felhasználó által eldobott mondjuk fűtési energia a másik fél számára felhasználható hűtésként.

Az energiaközösség Magyarországon is elterjedt megoldás volt a napelemes rendszerek által termelt villanyánál. Bár itt tulajdonképpen egy elszámolási módszerről van csupán szó, de az eszme jól tovább gondolható. Ebben az esetben a közösség egy tagja által túltermelt energiamentiség a közösség más tagjánál elszámolható. A jelenlegi szabályozással, hogy az újonnan települő rendszereknél a visszatáplálás megszűnt, az energiaközösségek létrehozása is ideiglenesen tiltólistára került.

A fűtő és hűtő rendszereknél komplikáltabb a helyzet, hiszen a többlet termelést ugyancsak egy közös gyűjtő rendszerbe kell táplálni, hogy más azt fel tudja használni. Gondolhatnánk, hogy ez egy utópisztikus állapot, de az interneten is találkozhatunk ilyen publikált megoldással.

Az E.On svédországi csapata megteremtette az energiaközösség fűtő, hűtő rendszerét Ectogrid néven. A honlapjukon [22] jól nyomon követhető az eddig taglalt eszménk. A leírások alapján egy olyan tudományos központot hoztak létre 170 céggel és 2.600 munkahellyel, ahol ezen ügyfelek energiaigényei eltérnek egymástól. A 15 épület egy hideg és meleg csővel, távvezetékekkel van összekötve, melyben hőszivattyúk és folyadékűtők látják el az igényeket. A meleg előállítás hőforrása a meleg cső és a visszatáplálás a hideg csőbe történik, a hideg előállítás hőforrása a hideg cső és a visszatáplálás a meleg csőbe történik. A két cső között a hőmérsékletkülönbség kicsi, valamint a fűtési hőfoklépcsők is alacsonyan, a hűtési hőfoklépcsők relatív magasan vannak tartva, ezáltal a két rendszer egymás segítségére van. A csőpár végére egy hidroakkumulátor van csatlakoztatva és a hideg-meleg fogyasztás eltérését hivatott kiegyenlíteni. Külső energiaforrások is csatlakoznak a rendszerre, ha a tervezett fogyasztásokhoz képest jelentős eltérés keletkezik valami miatt.



77. ábra Fogyasztói hőszivattyúk és hidroakkumulátor kapcsolata [23]

A rendszer természetesen sok peremfeltétellel rendelkezik, melyek mindegyikének teljesülése szükséges a jó működéshez. Sajnos nagyon nehéz meglévő, sok ügyfelet érintő rendszert úgy kiépíteni, hogy az épületek és az infrastruktúra már meglévő. Szükséges az épületek jó műszaki állapota mind kívülről, azaz épületszerkezetileg, mind belső rendszerében,

azaz a fűtési, hűtési és légtechnikai rendszerének is a kor kívánalmainak megfelelő állapotban kell lennie.

Győr és az energiaközösség

Az elmúlt egy év történése (2022-23) rámutatott az energetikai sebezhetőségeinkre. Pedig a kiszámítható energiagazdálkodás fontos pillére a kiszámítható energiaár. Ez azonban jelenleg nem valósul meg, ahol a fosszilis alapú energiatermelés van túlsúlyban. A 2023-as gáz TTF zsinórár 70 EUR/MWh környékén mozog, a volatilitás pedig hétről hétre akár 5-6 EUR/MWh lehet, úgy, hogy a 2022 őszen még 300 EUR/MWh-t is meghaladta az ára. A zsinór villany ár pedig 200 EUR/MWh környékén mozog 18-20 EUR/MWh volatilitással. Hogyan lehet ettől a függéstől megszabadulni? Ezt részben megtette Győr városa több évvel ezelőtt a geotermikus energia melletti elköteleződéssel.

Azonban véleményem szerint a bevezetett geotermia nagy mértékben határokat is szab Győr városának a fűtési rendszer diverzifikálására. Persze nem mondhatjuk azt, hogy a tiszta, zöld energia rossz lenne a környezetünknek, de a probléma komplex. A nyári hőigénye a távhőrendszernek a geotermia kapacitásokhoz képest elenyésző, így azt teljes egészében gazdaságosan le tudja fedni. A téli hőigény pedig meghaladja a geotermikus kapacitásokat. A geotermia maximális potenciáljának kihasználása ésszerű döntés, hiszen az energiaválság lényegesen kisebb mértékben sújtja, mint a fosszilis energiahordozókat. A probléma gazdasági oldala az, hogy bármely egyéb alternatív hőelőállítás csak a csúcsigényeket lenne hivatott lefedni. Az alacsony üzemóra a fix beruházási költségekkel feltétlenül magas megtérülési időket eredményezne. Így a magas energiaárak ellenére szűk keretek közé szorítja a várost a mozgásterében.

Az energiaközösségek eszméje ezen tud segíteni. A javaslatunk az lenne, hogy szisztematikusan fel kell mérni a közösség – Győr és környékének lakossági, önkormányzati és ipari – összes igényét és egy perspektívát kell adni mindenkinek, melyhez folyamatosan igazodva ki tud alakulni az a műszaki környezet, ahol egymás számára értékes energiákat tudnak átadni. Gondoljunk abba bele, hogy Győrben van a világ legnagyobb motorgyára, az Audi, melynek energiateljesítménye villany oldalról Magyarországon az első háromban benne van. Minden elfogyasztott villany kWh végül hővé fog disszipálódni. Lehet az hűtőtornyokon, folyadék-hűtőkön vagy bármely más szellőzőberendezésen, de végül a környezetbe kerül. Itt érdemes megjegyezni, hogy egy mini energiaközösség már működik az Audi gyár és a város között. A nyáron az Audi által felhasznált geotermia olyan hőmérséklettel kerül visszaadásra, hogy az bőven megfelelő a város teljes használati melegvíz előállítására. Az eszme megvalósult, az egyik fél számára fölösleges energia a másik fél által kerül felhasználásra. A hagyományos eszme annyiban tér el, a haszon a gazdaságos üzemből adódik, mely a geotermikus rendszert üzemeltető cégnél realizálódik primeren. Persze a gazdaságos üzem szekunder oldalon megjelenhet a felhasználói árképzésben is, azaz az energiaközösség tagjai áttételesen mégis segítik egymást.

Ma jelenleg a távhő Magyarországon egyfajta fekete bárány. Az általános kijelentés, hogy

a távhő drága. Sokan akkor döbbenetek rá, hogy az állítás mégsem fedí a valóságot, mikor a panelrekonstrukció után jelentősen visszaesett a számlája, hiszen eszközt kapott a kezébe a fűtési rendszer átalakításával az energiamegtakarításra. Politikai állásfoglalást mellőzve ki kell jelentenünk, hogy a rezsiválságban a távhő a lakosság számára primer mód egy létbiztonságot jelent az alacsonyan tartott távhő energiadíjak miatt. A távhő hődíjnál magasabb gázár nyilván hosszútávon nem teszi ezt fenntarthatóvá, de az energiaközösségek pont erre hivatottak. Ehhez pedig szükséges a távhő rendszere, hiszen ez köti össze az ügyfeleket. Véleményem szerint bár szakmailag könnyen belátható a vonzó oldala, de az ügyfélkörben ez egyelőre nem tudatosult.

A város hosszútávú célját pár mondatban meg lehet fogalmazni:

A város egészére kell tekinteni nem csak úgy, mint lakó, hanem mint energiafogyasztó közösségre is. A köz érdekében mindenkinek kell tenni úgy, hogy a feleslegeit a közjó érdekében fel tudja ajánlani. Az így kialakult közösség öngerjesztő folyamatot tud beindítani, hiszen a csatlakozás vonzóbb lesz az egyéni, független érdekeknél.

Pár számmal könnyen bizonyítani lehet a létjogosultságot az E.On Ectogrid svéd példáján keresztül. A Medicon Village komplexumnak tervezett rendszernek 10 GWh éves fűtési és 4 GWh hűtési igénye van. Célértékként azt határozták meg, hogy az egész rendszerbe 3 GWh energiát kívánnak betáplálni, a további 11 GWh-t az energiaközösség egymás között adja át[24].

Gondoljunk bele, hogy Győrben milyen energiabőség alakulhatna ki, amennyiben a fűtési igény 10 egységről 3 egységre csökkenne.

Persze egy ilyen energiaközösség kiépítése hatalmas beruházásokkal járna:

1. új távvezetékek a hidegenergia transzportálására
2. új hőtermelő berendezések, hőszivattyús rendszerek
3. épületrekonstrukció építészeti és gépészeti oldalról is
4. az épületek szabályozásának összekötése egy központi irányítóba

Persze el lehet kezdeni több, diverzifikált rendszerrel, melyek növekedésével akár össze is tudnak a jövőben kötődni a potenciálok nagyobb mértékű kihasználásának érdekében.

A fentieket tovább gondolva, és a tanulmányunkban ismertetett új hőtermelő lehetőségeket figyelembe véve, távlati elképzelésként szeretnénk felvázolni a távfűtési rendszer kiterjesztését, egy nagy távfűtési körgyűrű kialakítását, amire Győr városstratégiai fejlesztésének megfelelően az új fogyasztók bekapcsolódhatnak, erre a körgyűrűre több hőtermelő rákapcsolódik, amik között lehet például hulladékégető, újabb geotermális kutak.

A gondolat mentén tovább haladva több betáplálásos távfűtési hálózaton túlmenően hosszútávra kitekintve városi távhűtési hálózat kialakításának a lehetőségét és előnyeit is figyelembe ajánljuk. A távhűtési rendszerek számos előnnyel rendelkeznek a hagyományos épületszintű hűtőrendszerekkel szemben:

Energiahatékonyság: a távhűtési rendszerek jellemzően energiahatékonyabbak, mint az egyedi épületszintű hűtőrendszerek, mivel hatékonyabb hűtési technológiákat használhatnak, és kihasználhatják a méretből adódó gazdaságossági előnyöket.

Költségmegtakarítás: A távhűtési rendszerek több épület hűtésére szolgáló központosított rendszer alkalmazásával költséghatékonyabbak lehetnek, mint az egyedi épületszintű rendszerek, mivel csökkenek a bekerülési és karbantartási költségek az egyedi hűtőberendezésekhez képest.

Csökkentett környezeti hatás: A távhűtési rendszerek hozzájárulhatnak az üvegházhatású gázok kibocsátásának és az épületszintű hűtőrendszerekhez kapcsolódó egyéb környezeti hatások csökkentéséhez, mivel hatékonyabb hűtési technológiákat használhatnak, és megújuló energiaforrásokból is működtethetők.

Nagyobb megbízhatóság: A távhűtési rendszerek megbízhatóbb hűtést biztosíthatnak, mint az egyedi épületszintű rendszerek, mivel jellemzően redundáns berendezésekkel és tartalékrendszerekkel rendelkeznek a folyamatos működés biztosítása érdekében.

Rugalmaság: A távhűtési rendszereket rugalmasabbra lehet tervezni, mint az egyedi épületszintű rendszereket, mivel könnyen bővíthetők vagy módosíthatók a hűtési igények változásaihoz vagy új épületek hozzáadásához.

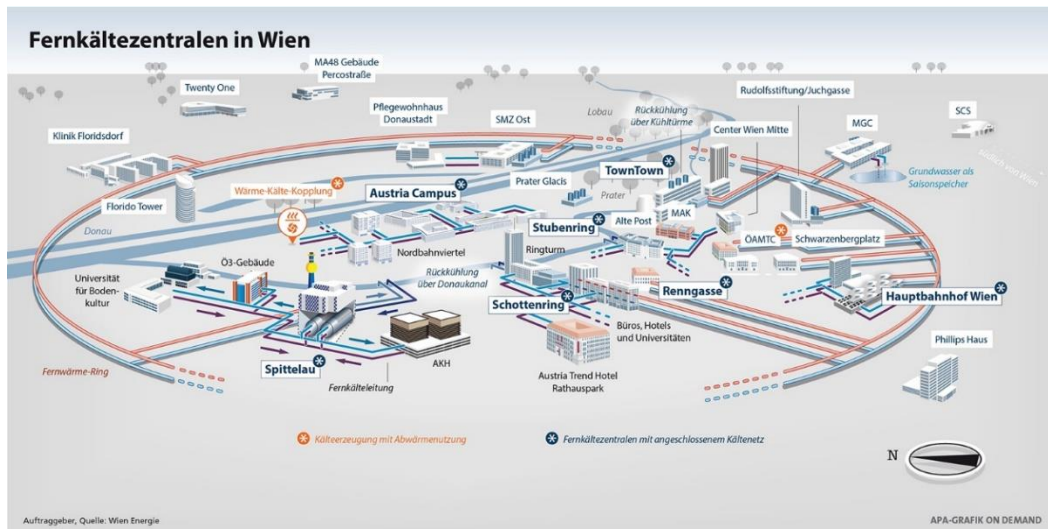
Csökkentett zaj- és helyigény: A távhűtési rendszerek csökkenthetik az épületszintű hűtőrendszerekkel járó zaj- és helyigényt, mivel a hűtőközpontok épületben tartózkodóktól távol eső területeken helyezhetők el, és kompaktabbra tervezhetők.

Összességében a távhűtési rendszerek számos előnnyel járhatnak az épületek tulajdonosai és használói, valamint a tágabb közösség és a környezet számára.

A távhűtési rendszerek, amelyek egy központi hűtővízrendszert használnak egy adott területen több épület hűtésére, egyre elterjedtebbek a világ városaiban. Néhány figyelemre méltó távhűtési rendszerrel rendelkező városok közé tartoznak:

Bécs, a bécsi hőszolgáltató vállalat, a Wien Energie már több mint tizenöt éve biztosít a környezetbarát módon hűtési energiát épületek hűtésére, és folyamatosan bővíti teljesítményét. A következő években mintegy 90 millió eurót fektetnek be a környezetkímélő hűtésellátásba. A távhűtési hálózatot hét hűtőközpont látja el hűtési energiával. Körülbelül 24 kilométer hosszú távhűtési hálózatot keresztül több, mint 180 épületet, kórházakat, középületeket, például a Bécsi Egyetemet, irodakomplexumokat vagy szállodákat látnak el hűtési energiával. A Wien Energie távhűtési kapacitása évente 10 – 15 százalékkal növekszik. A távhűtési kapacitás 2030-ra 350 megawattra bővül.

A hűtési energia előállításához villamos energia mellett hőenergiát is használunk hajtóanyagként. Az úgynevezett "abszorpciós hűtők" az iparból, a kapcsolt hőerőművekből vagy a hulladékégetésből származó hulladékhőt használják fel hűtési energia előállításához, amely egész évben rendelkezésre áll. Az alábbi séma a bécsi távhűtési hálózatot mutatja.



78. ábra Bécsi távhűtési hálózat [25]

Dubai, Egyesült Arab Emírségek: Dubai rendelkezik a világ egyik legnagyobb távhűtési rendszerével, amelyben több szolgáltató látja el a város különböző területeit.

Stockholm, Svédország: Stockholm rendelkezik Európa egyik legrégebbi és legkiterjedtebb távhűtési rendszerével, amely a város irodaházainak több mint 90%-át látja el.

Párizs, Franciaország: Párizsban több távhűtési rendszer működik, köztük egy, amely a La Defense üzleti negyedet szolgálja ki.

Toronto, Kanada: Torontóban több távhűtési rendszer is működik, köztük egy, amely a belvárost szolgálja ki.

New York City, Egyesült Államok: New York Cityben több távhűtési rendszer működik, köztük egy, amely a World Trade Center komplexumot szolgálja ki.

Szingapúr: Szingapúrban nagy távhűtési rendszer működik, amely a Marina Bay Sands komplexumot és a város más területeit szolgálja ki.

Tokió, Japán: Tokióban több távhűtési rendszer működik, köztük egy, amely a Marunouchi üzleti negyedet szolgálja ki.

Ez csak néhány példa, és a világ számos más városában is megvalósítottak vagy terveznek távhűtési rendszereket az energiafogyasztás és az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentése érdekében.

A győri távhűtő hálózat egyik központja a korábbi fejezetben ismertetett Mosoni Duna vízének hőjét felhasználó hőszivattyú berendezés, nyáron hűtési üzemmódban működtetve, a geotermikus talajszondákat felhasználó javasolt hőszivattyúk, melyek nyáron szintén hűtési

üzemmódba átkapcsolva nagyon gazdaságosan képesek hűtési energiát termelni. Egy környezetbarát, kedvező üzemeltetésű hűtési energia előállítás lehet ipari hulladék hő, vagy a nyáron távfűtés részére szabad kapacitásként rendelkezésre álló geotermikus hőenergia, amivel abszorpciós hűtőberendezést működtetve igen költséghatékonyan és környezetbarát módon állítható elő hűtési energia.

A korábbi fejezetben ismertetett geotermikus hőszivattyús rendszert két helyre is el tudunk képzelni, az Olimpiai Sportpark mögötti erdős területen kialakított szondamezőkkel, és az AUDI Aréna melletti parkoló területén. Mindegyik terület alkalmas nagyságrendileg néhány MW teljesítményű hőszivattyú berendezés megépítésére, amik aztán egy alacsony hőmérsékletű fűtő-hűtő távvezeték tudnának megtáplálni, amira az előbb említett létesítményeken kívül további létesítmények is rá tudnak csatlakozni, mint az ETO-Park, és a Városrét is például.

A távfűtési hálózat bővítésénél szeretnénk kiemelni a Győr-Szol Zrt által távfűtésre történő csatlakozásra javasolt területeket:

- Volt Győri Keksz és Ostyagyár területe,
- Marcalváros II. városrész terület fejlesztése (2858/90; 2858/151; 2858/152 hrsz. ellátása),
- Volt Vadász-laktanya területe,
- Mészáros L. u. 4558/3 hrsz. távhőellátása,
- Volt Richards textilgyár területe,
- Kálvária u.-i volt KOMSZOL telephely jelenleg hasznosítatlan területe,
- Zrínyi utcai volt kórház területe.

A fejlesztési területekre becsült hőigények kielégítése szempontjából elengedhetetlen feladat a jelenleg üzemelő primer távhőrendszer teljes hidraulikai elemzése, a meglévő rendszer szükségeszerű kapacitás bővítése érdekében.

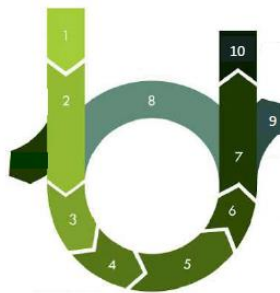
A fenti hosszú távú elképzeléseket a mellékelt fejlesztési térképen ábrázoltuk, a javasolt hőtermelő berendezésekkel együtt. A vezetékek javasolt nyomvonalánál meghatározásánál figyelembe vettük az általunk ismert városfejlesztési és a városrendezési elképzeléseket is.

5.6. Karbonlábnyom, életciklus elemzés

5.6.1. Különböző energia ellátási megoldások beruházási, működési költségének, fajlagos CO2 kibocsátásának becslése a teljes életciklus figyelembevételével

Energiaellátás életciklus értékelése:

Az életciklus értékelés (Life Cycle Assessment, LCA) egy nemzetközi szabványok szerint szabályozott, strukturált és holisztikus eljárás. Az életciklus fogalma a környezetgazdálkodásban az 1990-es évek során vált elterjedté, ekkor jelent meg az a gondolkodásmód, mely szerint a környezeti károk elhárításánál előre valóbb a megelőzési folyamatok fejlesztése. A szemléletmód alapvetően a bölcsőtől a sírig követi végig egy adott termék, technológia vagy szolgáltatás életútját. Ennek értelmezéséhez segítséget ad az alábbi ábra.



79. ábra Életciklus szemlélet.

Az egymást követő szakaszok mindegyike során fel kell venni egy leltárt a be- és kiáramló energia-, illetve anyagáramokról, majd az ezekhez tartozó lehetséges környezeti hatásokat kerülnek számbavételre a nyersanyag kinyerésétől egészen a végső hulladék elhelyezéséig.

A fent említett szakaszok az alábbiak:

1. Nyersanyagok kinyerése
2. Gyártás
3. Szállítás
4. Üzembe helyezés
5. Használat
6. Karbantartás
7. Ártalmatlanítás
8. Újrahasználat
9. Újrahasznosítás
10. Lerakás

A szakaszokra bontott vizsgálati módszer segítséget nyújthat abban, hogy az eredmények alapján azonosítani lehessen a környezeti probléma forrását, így ezt akár úgy lehet kijavítani, hogy nem keletkeznek újabbak a rendszerben. Abban az esetben, ha az életciklus egy pontján vagy szakaszán csökkentik a kibocsátásokat, viszont ezzel egyidőben egy másik ponton, illetve szakaszon növekednek a környezetterhelési értékek, akkor a környezeti terhelés áthelyezése történik meg. Erre egy általános példa, amikor egy adott termékhez kapcsolódó termelési technológiát fejlesztik, viszont ennek hatására nő a kapcsolódó területhasználat vagy a savasesők gyakorisága, de az üvegházhatású gázok (ÜHG) kibocsátása csökken.

A fent bemutatott bölcstől a síríg elemzések mellett lehetőség van a rendszerhatárt elérő életszakasznál meghúzni, így készíthetők bölcstől a kapuig, kaputól a kapuig, illetve kaputól a síríg tartó elemzések is. Ezek akkor célravezetőek, ha például gyártóként nincs ráhatás a használati, esetleg ártalmatlanítási, hulladékkezelési fázisokra, hanem csak a gyártási szakaszt van mód befolyásolni.

Az EN ISO 15978 (*Az építési munkák fenntarthatósága. Épületek környezeti teljesítményének értékelése. Számítási módszer.*) szerint részletes meghatározásra kerültek az egyes szakaszok, melyeket a következő ábra szemléltet.

Termelés fázis			Építési folyamatok fázisa		Használati fázis							Életút vége				Előnyök és terhelések a rendszerhatáron túl		
Nyersanyag kitermelése	Szállítás	Gyártás	Építkezés helyére szállítás	Beépítés	Használat	Karbantartás	Javítás	Csere	Felújítás/korszerűsítés	Használat energiáigénye	Használat vízigénye	Bontás	Szállítás	Hulladékkezelés	Ártalmatlanítás	Újrahasználat	Hasznosítás	Újrahasznosítás
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D	D	D

80. ábra EN ISO 15978 által felvett szakaszok.

A 80. ábra szerinti besorolás egy jóval részletesebb értelmezést tesz lehetővé. Az energiatermelés esetén jellemző, főként a konvencionális (szén-, olaj- és földgáztüzelés) esetén a nagyobb egységméret, amihez egy jelentős méretű építkezés is társul. Ezek során, főleg a zöldmezős beruházások esetén komoly földmunkára, tereprendezésre is sor kerül, azt követi a megfelelő épületegyüttesek, infrastruktúrák kialakítása, végül a szükséges termelő és kiegészítő berendezések beszerelése, legvégül pedig az üzembe helyezése történik meg. Ez nagyfokú gépi és emberi munkát igényel, ezzel növelve a kapcsolódó kibocsátásokat. Ez a fenti szakaszok közül lényegében az A4 és A5 részfázisokat fedi le, ami a korábban bemutatott életciklus szemléltet alapján szolgáló szakaszokon túlmegy.

Egy másik fontos eleme az EN ISO 15978 szabvány által kínált felosztásnak, hogy külön megjelenik benne a használati fázis során felhasznált víz és energia is. Így, ha az egyes rendszerek karbon lábnyomát vizsgáljuk, megjelenik a beépült karbon mellett a működési karbon is. A gyakorlatban ez annyit tesz például az épületek esetén, hogy az építkezés lezárása után, a használat során már a beépült karbon jelentősen nem változik (esetleg csak a felújítások során), viszont a működési karbon jelentős lesz. Egy nagy működési karbonintenzitású rendszer vagy épület esetén érdemes megfontolni, hogy van-e lehetőség olyan felújítási munkák elvégzésére, mely során a működési kibocsátások jelentősen csökkenthetőek. Jellemzően ilyen beruházások az energetikai felújítások, fűtés korszerűsítés, hőszigetelés és nyílászárócseré.

Ahogy már említésre került, az LCA egy szabványosított eljárás, ami garantálja, hogy egységes módon készülhessenek el a vizsgálatok. Ezt az MSZ ISO 14040 (*Környezetközpontú*

irányítás. Életciklus-értékelés. Alapelvek és keretek.) és az MSZ ISO 14044 (Környezetközpontú irányítás. Életciklus-értékelés. Követelmények és útmutató.) határozzák meg. Az életciklus értékelés definícióját az MSZ ISO 14040 szabvány így fogalmazza meg: „a termékkel kapcsolatos környezeti tényezők és potenciális hatások értékelésének olyan módszere, amely leltárt készít a termékkel kapcsolatos folyamatok rendszerének bemenetéről és kimeneteiről; kiértékeli az ezekkel kapcsolatos potenciális környezeti hatásokat; értelmezi a leltár elemzésnek és a hatásértékelés fázisainak eredményeit a tanulmány céljainak figyelembevételével”.

Az MSZ EN ISO 14040 szabvány számos fontos fogalmat definiál, speciális módszereket viszont nem szab meg, ezt az MSZ EN ISO 14044 teszi meg. Itt már konkrét információk találhatóak az egyes lépések kivitelezéséhez. Az alábbiakban néhány, a módszer megértéséhez elengedhetetlen fogalom látható:

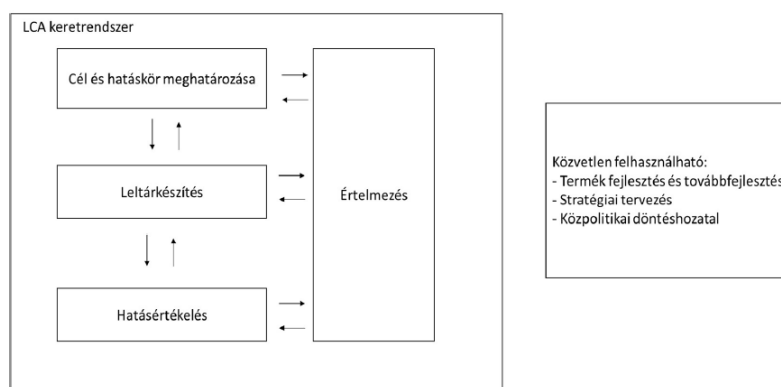
- „életciklus: A termékrendszer felépítése és kapcsolódó szakaszai a nyersanyagtól a végső hulladék elhelyezéséig;”
- „életciklus értékelés: A potenciális környezeti hatások értékelése az input és output áramok alapján az életciklus során;”
- „rendszerhatár: A termékrendszerhez tartozó részek felállítása;”
- „funkcionális egység: A vizsgálatban szereplő referencia egység;”
- „hatáskategória: A vizsgálatban felmerülő környezeti problémák osztálya;”
- „hatáskategória indikátor: A hatáskategória számszerűsíthető reprezentációja;”

A szabványok meghatározzák az életciklus értékelés négy alapvető, fő szakaszát. Ezek betartása, vizsgálatban integrálása feltétlenül szükséges, illetve további, opcionális szakaszokkal bővíthetők ki.

A négy fő szakaszok az alábbiak:

1. Cél és tárgy megfogalmazása.
2. Leltárkészítés.
3. Hatásértékelés.
4. Kapott eredmények kiértékelése.

Ezen lépések viszonya az alábbi ábrán látható.



81. ábra LCA lépései.

A vizsgálat céljának és tárgyának meghatározása alapvető fontosságú, hiszen jelentősen befolyásolja a kapott eredményeket a későbbiekben. A cél alapján kerül megállapításra, hogy milyen mélységig érdemes a vizsgálatot elvégezni, a rendszerhatárok felállítása is ez alapján történik. Érdemes lehet felmérni, hogy a célhoz alkalmazkodik-e az adatforrás teljessége, illetve pontossága, mivel hiányos, becsült esetleg irodalmi adatok, vagy a szabvány szerint másodlagos adatok alapján nem feltétlenül készíthető egy nagy mélységű, komplex vizsgálat, amiben az összes upstream és downstream folyamat pontos modellje szerepel, hanem inkább egy becslés szintű vizsgálat készítése javasolt ekkor.

Gyakori probléma, hogy a gyártás, működés során jellemzően nincs minden részfolyamat anyag- és energiaigénye pontosan mérve. Az esetleges mérések jelentősen növelhetik a tanulmány elkészítésének időtartamát, ezért a mérés helyett visszaszámítást, becslést érdemes alkalmazni. Az így kapott leltáradatok manapság általában egy célszoftverbe kerülnek betáplálásra (ilyen szoftverek a kiterjedt adatbázissal rendelkező, professzionális körökben előszeretettel alkalmazott GaBi, és a nyílt forráskódú, ingyenesen elérhető openLCA). Az ilyen leltáradatok a nyersanyagok, szükséges energiaforrások, összefoglaló néven a környezeti inputok. Emellett megjelennek a gazdasági inputok is, amik a termékek, félkész termékek, energiainputok, amik gyakorlatilag más folyamatok outputjai. A kimeneti oldalon is két fő kategória található, a gazdasági outputok: a termékek, félkész termékek és a megtermelt energia. A környezeti outputok pedig a tényleges emissziókat jelentik.

Ezt követően sor kerül a hatásértékelésre. Ezt egy megfelelően kiválasztott hatásértékelési módszer szerint végzi el a szoftver. Itt a felvitt be- és kimenetek alapján megfelelő faktorok segítségével az egyes kategóriákba tartozó környezeti hatások megállapításra kerülnek. Az Európai Unió az utóbbi években kifejlesztett egy szervezetek és termékek esetén használandó hatásértékelési módszert, a környezeti lábnyom (Environmental Footprint, EF) módszert. Ezt 2013-ban hozták létre, azóta már több alkalommal felülvizsgálták, pontosították. A módszer az alábbi hatáskategóriákat foglalja magába:

Hatáskategória	Mértékegység
Klímaváltozás	kg CO ₂ -egyenérték
Savasodás	kg SO ₂ -egyenérték
Eutrofizáció	kg foszfát-egyenérték
Erőforrás használat	MJ
Vízhiány	m ³
Fotokémiai ózonzépződés	kg etilén-egyenérték
Ózonzékonyodás	kg CFC-11-egyenérték
Toxicitás	CTU-egyenérték

26. táblázat Környezeti lábnyom hatáskategóriái

A fenti hatáskategóriák részletesebb ismertetése, értelmezése:

- Klímaváltozás: Főként az ÜHG kibocsátás következménye, ahol gázok koncentráció növekedésének a hatása, melyek a Földről visszavert nagy hullámhosszú sugarakat mintegy megkötik.
- Savasodás: Savas esők többek közt a faállomány pusztulását és tavak kémhatásának kedvezőtlen változását okozzák.
- Eutrofizáció: Elsősorban műtrágyák és kezeletlen szennyvizek hatására bekövetkező tavi ökoszisztéma megváltozása.
- Erőforrás használat: A nem megújuló erőforrások használata által okozott pusztulás.
- Vízhány: A vízkészletek használata okozta hiány növekedése.
- Fotokémiai ózonzérvődés: A szmog keletkezésében van kiemelkedő szerepe.
- Ózonzérvődés: A sztratoszférikus ózon koncentrációjának csökkenése következtében a Föld felszínére nagyobb arányban érkeznek a káros ultraibolya sugarak.
- Toxicitás: Elsősorban a nehézfémek, karcinogén anyagok és peszticidek hatása az emberi egészségre és az ökoszisztémára.

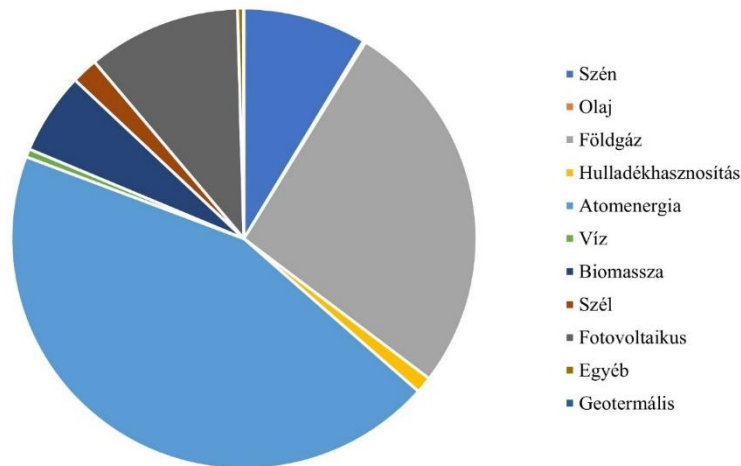
A hatásértékelést követi az eredmények megfelelő értelmezése. Ekkor kerülnek azonosításra az egyes nagykibocsátású részek, elemek, illetve ehhez kapcsolódó javaslatokra is sor kerülhet. A továbbiakban a villamosenergia termelés esetén az irodalmi és statisztikai alapokon becsült értékek, a távhőszolgáltatás esetén a rendelkező adatokon alapuló modell ismertetése és a kapott értékek bemutatása következik.

5.6.2. A meglévő energiatermelés során fajlagosan magas CO₂ kibocsátású folyamatok azonosítása és rangsorolása, javaslat tétel a javításra.

Magyarország villamosenergiatermelése és a kapcsolódó kibocsátások

A villamosenergiarendszer egy összetett, országos, illetve nemzetközi szintű hálózat, a termelés és a felhasználás között nagy távolságok jelenhetnek meg. Ez manapság a gazdasági környezet instabilitása következtében még jellemzőbb, illetve a centralizált energiatermelés is ezt erősíti. Emiatt, illetve a kevés rendelkezésre álló adat miatt az országos villamosenergiatermelés vizsgálata kerül bemutatásra.

Hazánkban a legnagyobb termelőegység a Paksi Atomerőmű, itt az éves termelés 44%-a történik. Ezt a földgáztüzelésű egységek követik, majd a napelemes termelés. A teljes termeléseloszlást a különböző technológiák közt az alábbi ábra szemlélteti. Az adatok a Nemzetközi Energiaügyi Hivatal (International Energy Agency, IEA) statisztikája alapján szerepelnek.



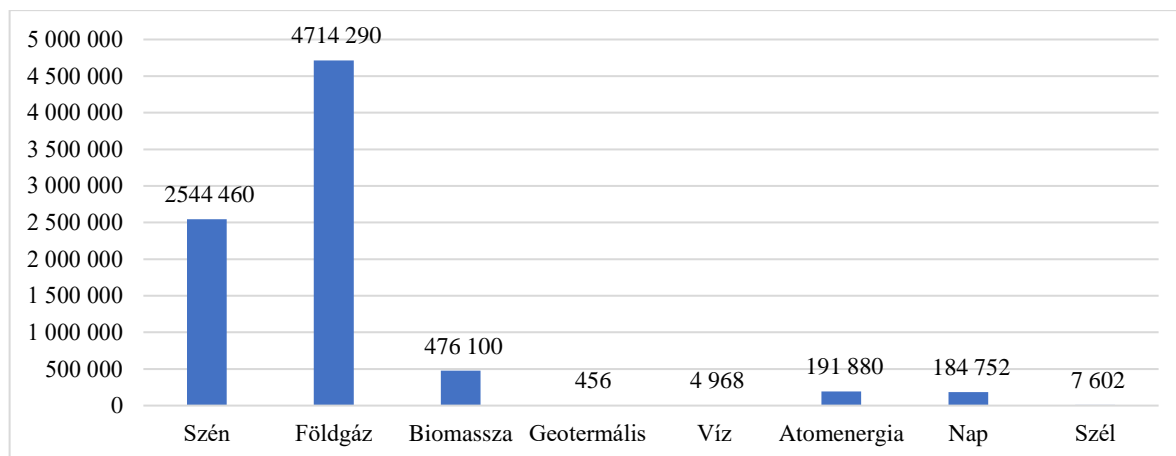
82. ábra Magyarország villamosenergiatermelése

Mivel csak a gázmotoros villamosenergiatermelésre vonatkozó városi adatok álltak rendelkezésre, így először az országos adatok alapján készült becslés a kibocsátások tekintetében. Ehhez az Éghajlatváltozási Kormányközi Testület (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) szakértői által meghatározott értékek kerültek felhasználásra. Külön megállapították az egyes termelési technológiákhoz kapcsolódó működési kibocsátásokat, illetve kiszámították a teljes életciklusra vetített ÜHG kibocsátásokat is. Ezeket az alábbi táblázat tartalmazza:

Technológia	Direkt kibocsátás [kg CO ₂ eq / MWh]	Teljes kibocsátás [kg CO ₂ eq / MWh]
Szén	760	820
Földgáz	370	490
Biomassza	*	230
Geotermia	0	38
Víz	0	24
Atomenergia	0	12
Nap	0	48
Szél	0	11,5

27. táblázat IPCC javasolt értékei

Mivel a vizsgálat célja a teljes életciklus figyelembevétele, így a 2021 évben történt energiatermelés a teljes kibocsátási értékekkel lett számolva. Az alábbi ábra mutatja, hogy mekkora széndioxid egyenérték emisszióért felelősek az egyes technológiák:



83. ábra Villamosenergiatermelés teljes életciklusra vetített kibocsátása [t CO2 eq/év] a 2021. évi termelés alapján

A termelési arányok és az IPCC által meghatározott fajlagos kibocsátási értékek alapján a teljes termelési rendszerre becsült CO2 egyenérték 224,9 g CO2 eq/kWh lett, ami annak köszönhető, hogy a nagy termelési arány és magas fajlagos kibocsátás tartozik a földgázt hasznosító üzemekhez, illetve látható, hogy a kisebb termelési részarány ellenére (8,6%) a kiemelkedő kibocsátás miatt (820 g CO2 eq/kWh) a széntüzelés is jelentős kibocsátást jelent. Ezt az összesített mutatóban a legnagyobb aránnyal rendelkező atomenergia sem tudja kompenzálni az alacsony fajlagos kibocsátása mellett sem. Ez alapján elsődleges szempont, hogy minimalizálva legyenek a nagy kibocsátású termelőegységek a rendszerben.

A szolgáltatott adatok alapján a gázmotorok által termelt villamosenergiához kapcsolódó emisszió is meghatározásra került, amihez az alábbi bemeneti adatok álltak rendelkezésre.

Gázmotorokkal termelt villamos energia [MWh]		
hónap/év	2020	2021
Január	2 991	4 894
Február	1 257	4 586
Március	1 788	2 979
Április	4 160	4 562
Május	1 178	4 821
Június	1 401	5 443
Július	2 290	3 023
Augusztus	2 068	2 850
Szeptember	1 358	4 805
Október	3 117	6 960
November	4 563	6 845
December	4 393	4 535
Összesen	30 564	56 302

28. táblázat Motorok termelése és kibocsátása

Gázmotorok által kibocsátott CO2 egyenérték [t]		
hónap/év	2020	2021
Január	1 466	2 398
Február	616	2 247
Március	876	1 460
Április	2 038	2 235
Május	577	2 362
Június	687	2 667
Július	1 122	1 481
Augusztus	1 013	1 396
Szeptember	665	2 354
Október	1 527	3 410
November	2 236	3 354
December	2 153	2 222
Összesen	14 976	27 588

29. táblázat Motorok kibocsátása

A villamosenergiatermelésen túl a távhőszolgáltatáshoz kapcsolódó hőtermelés vizsgálatára is sor került. Ebben az esetben a villamosenergiához képest egy jobban körül határolt rendszerről van szó, mivel itt a városban megtermelt hőt helyben használják fel lakóépületek és önkormányzati vagy egyéb épületek, létesítmények fűtésére, illetve használati melegvíz előállítására. Még a villamosenergia esetén csak a klímaváltozás kapcsán került vizsgálatra a rendszer, addig a távhő esetén már egy teljes elemzés készül a szolgáltatott termelési adatok alapján, a már korábban említett környezeti lábnyom segítségével.

A rendszerhatár meghúzásakor az volt az alapvető feltevés, hogy a geotermális kút nem az energiaszolgáltató tulajdonában van, ezt nem a távfűtés számára építették, hanem mint egy hulladékfőforrás, az elsődleges felhasználó után használ a hőszolgáltató. A földgáztüzelésű gázmotorok és forróvízkazánok esetén viszont a beruházás egyértelműen a szolgáltató számára, illetve által épült, ezért ebben az esetben figyelembe lett véve az infrastruktúra kialakítása is. Az elhanyagolás egyébként a nagymértékű eltéréssel is magyarázható abban a tekintetben, hogy a földgázhasznosító egységek nagyobb épületekkel, berendezésekkel járnak, mint a geotermális termelés, ahol csak egy további hőcserélő és az ahhoz vezető vezeték kiépítése volt szükséges. A funkcionális egység a 2021-ben kiadott hőenergia, ami 356481 MWh volt. A város számára a hőtermelést a geotermia, 4 db forróvíz kazán és 3 db gázmotor biztosítja.

A termelt hőmennyiségek aránya a kiadott energiamennyiséghez a következők:

- Geotermia: 45%
- Gázmotor: 18%
- Forróvíz kazán: 41%

A megadott értékek alapján elkészült a modellben a számítás, amely során a már említett környezeti lábnyom hatásértékelési módszert került alkalmazásra. A modellezés során az openLCA ingyenesen elérhető program került felhasználásra, a hozzá tartozó, szintén ingyenesen elérhető környezeti lábnyom módszerhez kiadott másodlagos adatokat tartalmazó adatbázissal, amelyben megtalálható a földgázzal történő hőtermelés modellje is. Ebben figyelembevételre kerül a földgáz kitermelése, kezelése, szállítása és felhasználása, illetve a fűtőmű vagy erőmű építése, használata és lebontása is, tehát a teljes életciklus modellezésre került. A továbbiakban az ezek felhasználásával született eredmények ismertetése következik. Az alábbi táblázatban láthatók a nyers értékek az egyes hatáskategóriákon belül.

Hatáskategória	Mértékegység	Érték
Savasodás	mol H+ eq	40345,44
Klímaváltozás	kg CO2 eq	53073355,51
Klímaváltozás – Biogenikus	kg CO2 eq	4843,14
Klímaváltozás – Fosszilis	kg CO2 eq	53066540,69
Klímaváltozás – Területhasználat	kg CO2 eq	1971,68
Ökotoxicitás – Édesvízi	CTUe	443154,76
Eutrofizáció – Tengeri	kg N eq	12890,4
Eutrofizáció – Édesvízi	kg P eq	3,6
Eutrofizáció - Talaj	mol N eq	142661,91
Humán toxicitás – karcinogén	CTUh	0,00871
Humán toxicitás – nem karcinogén	CTUh	0,0632
Ionizáló sugárzás	kBq U-235 eq	544141,72
Területhasználat	Pt	9200763,17
Ózonvékonyodás	kg CFC11 eq	0,0004841
Részecskekibocsátás	megbetegedések száma	0,3058
Fotokémiai ózonnképződés	kg NMVOC eq	46274,7
Erőforráshasználat – fosszilis	MJ	851193880,6
Erőforráshasználat – ásványok és fémek	kg Sb eq	2,14
Vízhasználat	m ³	278735,31

30. táblázat Hatáskategóriák összesítése

Jelen vizsgálat során a legfontosabb a fenti eredmények közül a klímaváltozás hatáskategóriájában megjelenő 53 073 355,51 kg CO2 eq. Ha ezt az értéket elosztjuk az éves szolgáltatott energiamennyiséggel, 356 481 MWh-val, akkor megkapjuk a termelési mixre vonatkozó fajlagos CO2 egyenérték kibocsátást, ami 148,9 kg CO2 eq/MWh. Ez egy kedvező érték, de a 45%-os geotermia arányt ismerve ez nem meglepő, hiszen ott nem történik kibocsátás a működés közben, a beépült karbontól pedig eltekintettünk a vizsgálat során.

Az éves kibocsátások csökkentése lenne a cél, erre többféle módon is van lehetőség. Az épületek korszerűsítése kettős több célt szolgálhat, mivel így a fenntartási energiaszükséglet, így a költségek csökkennek, illetve a rendszerszintű kibocsátás, ezzel a szükséges CO2 kvótákra kiadott költségek is csökkennek.

A 2022-ben elért megújuló arány a hőszolgáltatásban jelentősen meghaladta az előző évi 41%-ot, már 58%-os értéket ért el. Emellett a gázmotorok termelése jelentősen csökkent, így a kapcsolódó kibocsátások is kedvezőbb értékeket értek el. Így a teljes kibocsátás már csupán 32 730 357,3 kg CO2 egyenértéknek felel meg, illetve a fajlagos kibocsátás 104,26 kg CO2 eq./MWh. Ez gazdasági szempontból is kedvező folyamat, mivel ez évi közel 20 342 t CO2 egyenérték kibocsátáscsökkenést jelent, ami 80 €/t CO2 kvóta áron 667,2 M Ft lehet 410 Ft/€ árfolyam mellett.

Egy másik, potenciálisan nagy kibocsátással rendelkező szektor, ami szervesen kapcsolódik az energetikához, a hulladékgazdálkodás. Egy nagyváros esetén komoly logisztikai feladat a megfelelő gyűjtési, elszállítási és hasznosítási vagy ártalmatlanítási módok megválasztása, ezek költséghatékony és környezetbarát működtetése.

A hulladékgazdálkodás alapelve szerint a lehető legrosszabb ártalmatlanítási mód a hulladéklerakás. Ez annak köszönhető, hogy a deponált közeg bomlásnak indul, mely során különböző gázok képződnek, ezek közül a legjelentősebb hatású a metán. Ez 33-szor nagyobb mértékben járul hozzá a klímaváltozáshoz, mint a szén-dioxid. Ezt a mai telepeken már gyűjteni kell a fent említett ok miatt, viszont a térségben sajnos nem kerül hasznosításra a gáz, pedig ezt gázmotorokban való eltüzelésre számos helyen alkalmazzák már. A lerakóban az eső hatására, illetve a bomlás során nehézfémeket és egyéb, mérgező vegyületek tartalmazó csurgalékvíz keletkezik, amely kezelése további problémákat jelent, mivel komoly talajszennyezést okozhat, ha nem megfelelően gyűjtik. Ezért érdemes a lerakás helyett az egyéb hulladékgazdálkodási opciókat előnyben részesíteni, erre mutat rá a hulladékgazdálkodás piramisa is.



84. ábra Hulladékgazdálkodási piramis

Az energetikai hasznosítás szintén megtalálható a meglévő kezelési módok között, a GYHG Győri Hulladékgazdálkodási Nonprofit Kft. foglalkozik RDF előállításával is. Ennek során a beszállított hulladékot mechanikailag kezelik, aprítják, majd silókban helyezik el, amiben megtörténik a biológiai kezelés minimum 30 nap alatt, ami alatt szellőztetni szükséges a hulladékot. Ezt ventilátorok segítségével oldják meg, így gátat szabva a kedvezőtlen anaerob körülmények kialakulásának. Ezt követően történik meg a hulladékok esetleges rostálása, majd

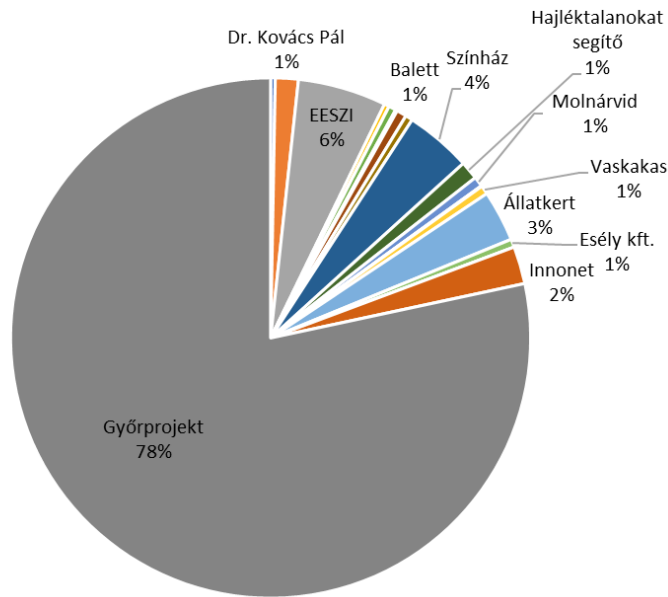
bálázás vagy ömlesztve szállítás során eljut az energetikai hasznosítás helyére, illetve kedvezőtlen esetben lerakásra kerül a tüzelésre előkészített anyag.

A kezelőmű éves szinten 28 000 tonna tüzelőanyagot állít elő, aminek 25,5 MJ/kg fűtőértéke van, viszont sajnos ez csak részben kerül energetikai felhasználásra a kis hasznosítási kapacitás miatt. A 2021. évben 8600 tonna, még 2022. évben 10 088 tonna tüzelése valósult meg, a lerakásra került hulladék mennyisége rendre 34 106 és 31 000 tonna volt. Annak fényében, hogy még további 18 000 tonna RDF előállítása megtörtént látható, hogy rendelkezésre álló tüzelési kapacitás hiányában elpazarlódik az értékes tüzelőanyag, aminek segítségével gazdasági és környezeti szempontból is jelentős megtakarítások érhetőek el. A távhőszolgáltatás során a hőtermelőnek fizetendő értékesítői hődíj budapesti adatok szerint [50/2011. (IX. 30.) NFM rendelet 1. melléklete] a Hulladékhasznosító Mű esetén a legalacsonyabb, 1 133 Ft/GJ, még Győr esetén a hőszolgáltató a termelőkben 3 000 Ft/GJ feletti összeget fizet.

Környezeti szempontból sem elhanyagolandó a lerakás csökkentése és az égetés növelése. Egy IPCC által lektorált jelentés szerint [Bernt Johnke, *Emissions from waste incineration*], ami Németországban készült, a hulladéktüzelés során 1 kg eltüzelt települési szilárd hulladék 0,7-1,2 kg CO₂ ekvivalens kibocsátását okozza, az openLCA adatbázisa szerint az Európai Unió átlag hulladéklerakására vonatkoztatott érték 1 kg lerakott hulladék esetén 1,055 kg CO₂ egyenérték kibocsátásával jár. Ehhez továbbá pozitívan járul hozzá, hogy égetés esetén a jelenlegi földgáztüzelést lehetne kiváltani, ami további megtakarításokat eredményezne.

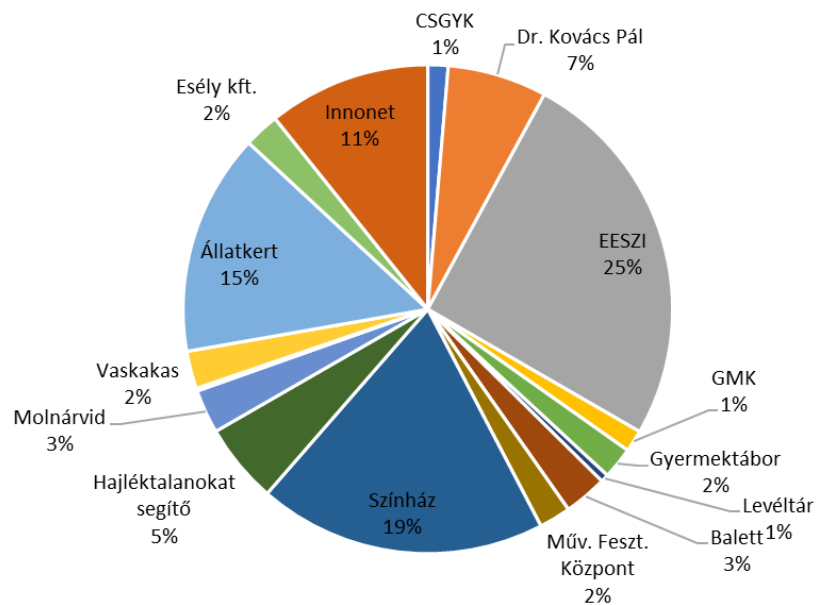
Végül a legnagyobb kibocsátók listázása következik. Külön került meghatározásra a már ismertetett villamosenergiatermelés, a távhőtermelés és az egyes intézmények helyszíni hőtermelésének CO₂ kibocsátása. A villamosenergiatermelés és a távhőtermelés esetén a már korábban meghatározott kibocsátási értékek a mérvadóak, az intézmények hőtermelői esetén a fajlagos kibocsátás irodalmi adat alapján került felvételre [POSTnote 523 May 2016, *Carbon Footprint of Heat Generation*], értéke a földgáztüzelésű kazán vagy vízmelegítő esetén 61,1 g/kWh volt. Fontos megjegyezni, hogy a forrás több életciklus alapú becslést vizsgál, így az értékek nagy intervallumon belül mozoghatnak, a számítás során a középérték került alkalmazásra.

Az adatszolgáltatás során számos intézmény villamosenergiafelhasználását, távhőfelhasználását és földgázfogyasztását küldték meg, melyek alapján felállítható egy sorrend a fogyasztók között kibocsátás szempontból. Az alábbi diagramokon látható az egyes intézmények villamosenergia-, távhő és földgázfogyasztásból eredő széndioxid egyenérték kibocsátásának eloszlása.



85. ábra Intézményi villamosenergiafogyasztás okozta CO2 kibocsátás eloszlása

Az ábra alapján láthatjuk, hogy a legnagyobb kibocsátó a villamosenergiafelhasználás miatt a Győr Projekt Kft., ahol a 2021-re vonatkozó adatok szerint számított kibocsátás 1 881 t CO2 egyenérték volt. Ahhoz, hogy a többi intézmény kibocsátását is jobban értelmezni lehessen a Győr Projekt Kft. eredménye eltávolításra került, így a maradékrész arányait az alábbi ábra szemlélteti.



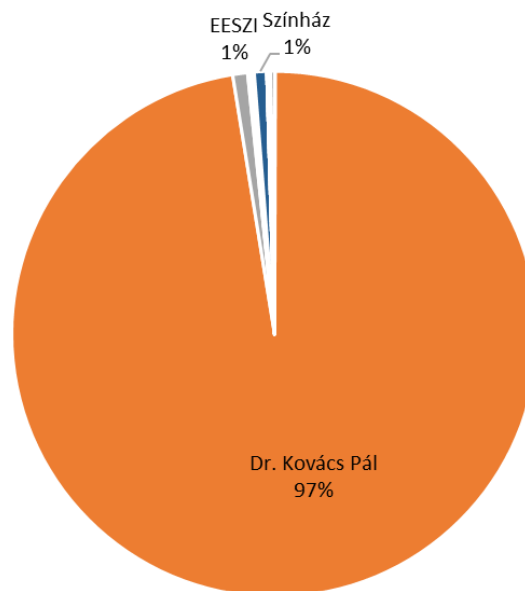
86. ábra Intézményi villamosenergiafogyasztás okozta kibocsátás eloszlása a Győr Projekt Kft. nélkül.

Láthatjuk, hogy így a második, harmadik, negyedik és ötödik legnagyobb kibocsátók rendre az Egyesített Egészségügyi és Szociális Intézmény, a Győri Nemzeti Színház, a Xantus János Állatkert és az Innonet Kft. Ezekhez az alábbi kibocsátási értékek tartoznak.

Intézmény rövid neve	Kibocsátás [t CO2 eq.]
Győrprojekt	1881
EESZI	132,142
Színház	98,956
Állatkert	76,269
Innonet	55,755

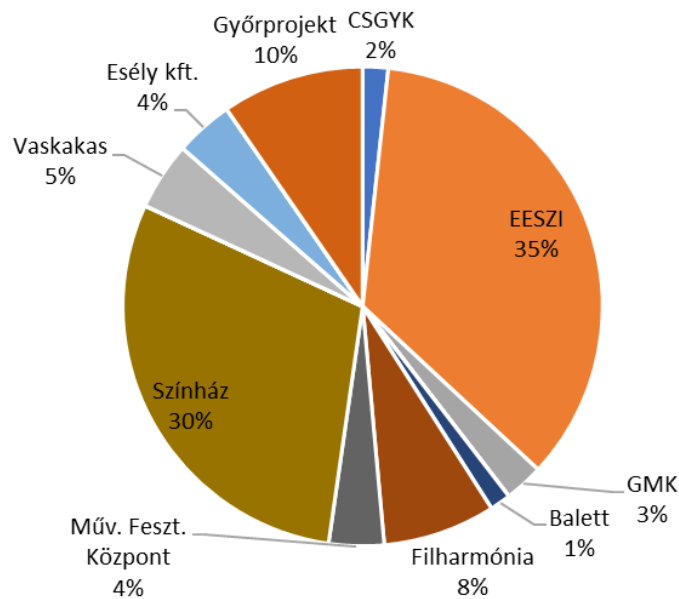
31. táblázat Kibocsátási rangsor villamosenergiafogyasztás alapján.

Ezt követően a távhő okozta kibocsátások kerültek meghatározásra. Ez az előbbiekhöz hasonlóan kerül bemutatásra, elsőként az összes intézmény okozta kibocsátások eloszlása látható.



87. ábra Intézményi távhőfogyasztás okozta kibocsátás eloszlása.

Mivel itt is található egy a többinél jelentősen nagyobb fogyasztó, a Dr. Kovács Pál Könyvtár és Közösségi Tér, ezért ezt eltávolítva ismét megjelenítésre kerül a maradékrész eloszlása.



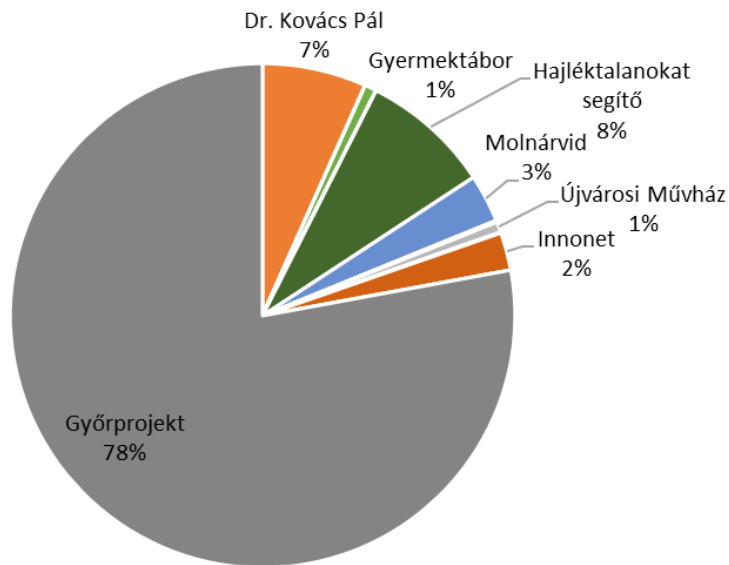
88. ábra Intézményi távhőfogyasztás okozta kibocsátás eloszlása a Dr. Kovács Pál Könyvtár nélkül.

Az előbbi két ábra alapján fel lehet állítani a legnagyobb öt kibocsátó sorrendjét a távhő szempontjából is. A legnagyobb kibocsátót követi az Egyesített Egészségügyi és Szociális Intézmény, majd a Győri Nemzeti Színház, a Győr Projekt Kft. és végül a Győri Filharmonikus Zenekar.

Intézmény rövid neve	Kibocsátás [t CO2 eq.]
Dr. Kovács Pál	30522,545
EESZI	287,128
Színház	241,590
Győrprojekt	78,275
Filharmónia	61,958

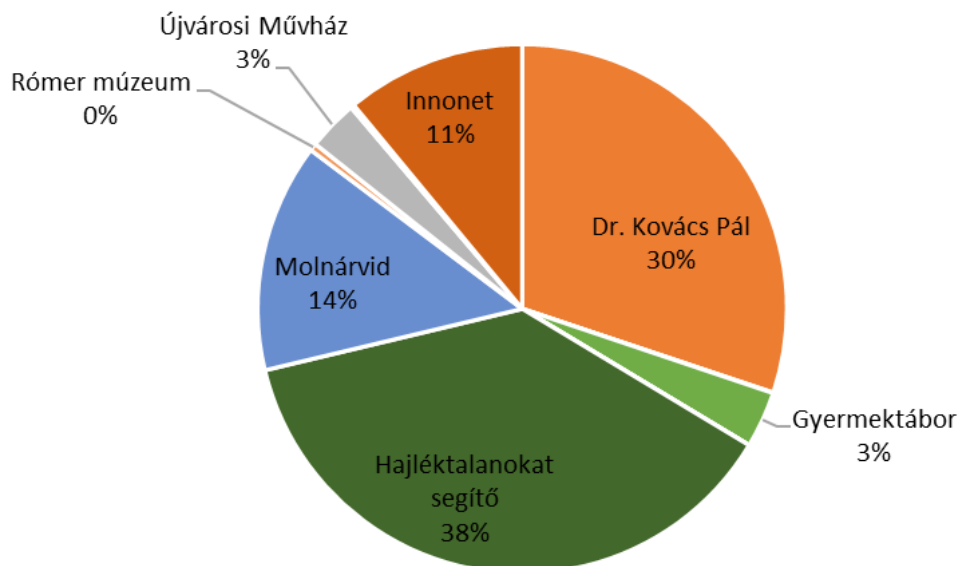
32. táblázat Kibocsátási rangsor távhő fogyasztás alapján.

Végül a földgázfogyasztás okozta kibocsátások számolása történt meg, amelynek eloszlását az alábbi ábra mutatja.



89. ábra Intézményi földgázfogyasztás okozta kibocsátás eloszlása.

Mivel itt, az előzőkhez hasonlóan, szintén található egy a többinél jelentősen nagyobb kibocsátást okozó fogyasztó, így ismét kivételre került a teljes kibocsátási értékből, hogy a maradékrész vizsgálatát megkönnyítse.



90. ábra Intézményi földgázfogyasztás okozta kibocsátásának eloszlása a Győr Projekt Kft. nélkül.

A korábbi két kategóriához képest új nagy kibocsátást okozó fogyasztó a Hajléktalanokat Segítő Szolgálat Győr és a Molnár Vid Bertalan Művelődési Központ. Az öt legnagyobb kibocsátó értékeit tartalmazó táblázat:

Intézmény rövid neve	Kibocsátás [t CO2 eq.]
Győrprojekt	3022,946
Hajléktalanokat segítő	322,940
Dr. Kovács Pál	258,409
Molnárvid	119,926
Innonet	94,285

33. táblázat Kibocsátási rangsor földgáz fogyasztás alapján.

Az összesített kibocsátások szempontjából két intézmény emelkedik ki a többi közül, a Dr. Kovács Pál Könyvtár, ami a teljes kibocsátás 82%-át okozta 2021-ben, illetve a Győr Projekt Kft., ami 13%-ot tett ki a teljes kibocsátások közül.

Fontos kiemelni, hogy a fent vizsgált intézmények esetén a kibocsátások 83%-át a távhőszolgáltatás, 10%-át a földgázfelhasználás és csak 7%-át a villamosenergiafogyasztás okozta. Ez alapján belátható, hogy elsősorban a távhő termelésével járó kibocsátást szükséges csökkenteni, mivel így érhető el a legnagyobb környezeti megtakarítás. A távhőrendszerben gyenge elem ilyen szempontból a hőtermelésre szolgáló gázkazán, mivel a geotermális energiaforrás mellett ez a második legnagyobb termelő, a gázmotoros termelés 2021-ben is 17% volt csupán, 2022-ben pedig már elhanyagolható volt, a gázkazános termelés viszont arányaiban nem csökkent. Az intézményi kibocsátások meghatározásához felhasznált forrás szerint a biomasszakazánokkal megvalósított forróvíztermelés a gázos kazánoknál jóval kedvezőbb fajlagos kibocsátási értékkel, általában 100 kg CO2 eq./MWh értékkel bír.

6. Összefoglaló

Megbízásunk Győr városára vonatkozó energiaellátás fejlesztése tanulmány - teljesítése során rálátást szereztünk a Várost jelenleg ellátó rendszerekre, azok működtetésére. Ezek a rendszerek a Város fejlődésével együtt nőttek/fejlődtek, és a Város növekedését teljesítményben követték, de rendszerszemléletű változás nem történt üzemeltetésükben. Különösen igaz ez a városi távhőellátó rendszerre, mely a fél évszázaddal ezelőtt megvalósított hőmérsékleti paraméterekkel (130/70 °C-fok forróvíz hőfoklépcső), és a Távhőszolgáltató telepről induló sugaras, 2xNÁ700 mm és 2xNÁ500+350 csőátmérővel hidraulikailag determinált távfűtő hálózat. Megbízásunk kiváltója az energiaárak előre nem kalkulált, nem kalkulálható növekedése volt, melyet a közelünkben folyó háború okozta bizonytalanság mellett a felelősen gondolkodó városi vezetéseket (országszerte) energiafogyasztásuk áttekintésére, gazdaságosabb energiaforrások keresésére, ezekkel összefüggésben a megújuló energiaforrások meglévő rendszerekbe integrálásának megvizsgálására vezette. Tanulmányunk ezen induló gondolatok részletes megvizsgálása, az alkalmazható lehetőségek számbavétele és városi vezetés elé tárása. Nem csupán a meglévő -és tapasztalatunk szerint jól működtetett rendszerek további energiamegtakarítási lehetőségeinek feltárása és javaslattétel azok alkalmazására, hanem jövőbe tekintő rendszerszintű fejlesztések javaslata, középtávú bevezetésük átgondolására. Felhívjuk a figyelmet, hogy a közölt árakat valamely rendszer megvalósítását megelőzően többfázisú tervezési és hozzátartozó költség számítási fázisban lehet és kell pontosítani!

Meglátásaink, javaslataink pontokba szedve az alábbiak:

6.1. Meglévő rendszereken megtehető beavatkozások

6.1.1. A Győr-Szol Zrt. által működtetett távhőellátó rendszerben eddig elért eredmények és folyamatos fejlesztések figyelemreméltók.

- geotermikus (megújuló) hő felhasználása és részarányának 58%-ra való növelése a távhőrendszerben
- a földgáz hatékonyabb felhasználására gázmotoros kiserőmű létesítése, a kapcsolt hő- és villamosenergia-termelés megvalósítása
- 2 db PTVM-50 és 1 db KVGM 100 forróvíz-kazán retrofitje, hogy megfeleljen a legszigorúbb NOx kibocsátási határértékeknek
- korszerű kazánvezérlés, valamint fűtőművi monitoring és felügyeleti rendszer kialakítása, hőközponti felügyeleti rendszer kialakítása, a hőmennyiségmérők központi rádiós adatgyűjtő rendszeren (LoRa) való kiolvasása
- az ellátásbiztonsági szempontból kiemelten fontos, valamint a nagy forgalmi terhelésnek

kitett utak alatti távhővezetékek cseréje előszigetelt vezetékre

- változó tömegáramú hőközponti szabályozás kialakítása, és ennek megfelelő technológia alkalmazása a távvezeték rendszeren és a hőtermelésben

- 21 db szolgáltatói hőközpont szétválasztása, ennek eredményeképpen 5,1 km nyomvonal hosszúságú előszigetelt primer távhővezeték és 94 db felhasználói hőközpont létesítése

6.1.2. Javasoljuk a jelenlegi távhőrendszerben megtalálható 103 szolgáltatói hőközpont szétválasztását fogyasztói (tömbházankénti) hőközpontokká, a szolgáltatói hőközpontok és az épületek közötti előregedett, nagy hőveszteségű szekunder vezetékhalózat cseréjét előszigetelt, alacsony hőveszteségű hálózatra. Ezek a távhőrendszer legöregebb elemei, ahol jelentős hőveszteség takarítható meg. Továbbá a távhő fogyasztása jobban szabályozhatóvá válik, amely további fogyasztó oldali takarékoságnak teremtene lehetőséget.

6.1.3. Javasoljuk a primer hálózat felülvizsgálatát és az elavult és mára teljesen előregedett (30-40 éves) vasbeton védőcsatornába fektetett primer vezeték mihamarabbi cseréjét korszerű előregedett csővezetékekre. Ezzel a távhőrendszer hővesztesége jelentősen csökkenthető, amely a rendszer gazdaságosságát nagyban javítja. Továbbá növeli az ellátásbiztonságot is, hiszen az előregedett vezetékállományon egyre gyakoribbak lesznek a csőtörések, meghibásodások.

6.1.4. Javasoljuk az épület állomány hőszigetelésének elősegítését, különös tekintettel az iparosított technológiával történő épületek esetén. Fontos megemlíteni, hogy az épület hőszigetelésével párhuzamosan a fűtési rendszer alapvető korszerűsítésére is szükség van (lásd előző pont), hogy a megtakarítás realizálható legyen. Máskülönben csak az épületben uralkodó belső hőmérséklet nő meg változatlan hőfelhasználás mellett.

6.1.5. Javasoljuk további fogyasztók rákapcsolását a város hőszolgáltató rendszerére.-

- Amennyiben ezek új építésű ingatlanok, hőellátásuk a távhőrendszertől függetlenül, közvetlenül geotermikus hőszivattyúval elégíthető ki. Így az alacsony hőmérsékletű hőfogyasztók csatlakozása akár 100%-ban megújuló energiával történhet. Geotermikus (talajszondás) hőszivattyú telep kiépítésre kedvező helynek látjuk az Olimpiai Park mögötti erdős területet és az AUDI Aréna melletti parkoló területét. Ezek a jelenlegi távfűtési rendszertől függetlenül működő tömb, vagy városrész-fűtési rendszerek kedvező áron szolgáltathatják a megújuló, karbonsemleges technológiára alapozott hőellátást.

- Amennyiben ezek meglévő, eddig nem távhőről ellátott ingatlanok és alacsonyabb hőmérsékleten igényelnek hőt, a távhő visszatérő vizét alacsonyabb hőmérsékleten lehet geotermia felé visszaadni, javítva ezáltal a távhőellátás gazdaságosságát.

6.1.6. Amennyiben a távhőtermelésnél a cél, hogy a lehető legkisebb legyen az előállított hő egységköltsége, javasoljuk a gázmotorok üzemeltetését, ha azt a piaci viszonyok indokoltá és lehetővé teszik (szerződés!). Különösen nyári időszakban lenne jelentős a gázmotorok

áramtermelésbe integrálása. Számos esetben kedvező piaci viszonyok tapasztalhatók a földgáz alapú kapcsolt termelés megvalósítására. Ennek magyarázata, hogy a kapcsolt termelés kiadás oldalánál (tüzelőhő költség, CO₂, üzemeltetés stb.) jelentősebben nőtt a villamosenergián realizálható bevétel, így bizonyos időszakokban olyan piaci körülmények uralkodnak, hogy a gázmotoros (kapcsolt) hőtermelés költsége kedvező.

6.1.7. Megfelelő társadalmi egyeztetés után megfontolásra javasoljuk a jelenlegi gyakorlat szerint kialakult éjszakai hőközpont lekapcsolások átszervezését. Annak érdekében, hogy a rendelkezésre álló szűkös megújuló termelői kapacitás (geotermia és esetlegesen a biomassza) minél jobb kihasználtságot érjen el. Ez a távhő fogyasztóknál többlet hőfogyasztást eredményez, viszont földgáz és ezzel fosszilis alapú szén-dioxid kibocsájtás takarítható meg, valamint a teljes rendszer gazdaságosabban üzemeltethető (kevesebb földgáz és CO₂ költség). A minta projekt során ki lehetne mutatni a lakásonkénti többlet hőfogyasztást, összevetni a gazdaságosabb rendszer-üzemeltetéssel, és abból kompenzálni a fogyasztókat az éjszakai üzemvitel lakókat érintő, de a Városnak pozitív megtakarítást hozó üzemviteli módosulás miatt. Be lehetne vezetni egy kedvezőbb, éjszakai hődíjat. Az átállást célszerűen minta projektekkal lehetne kezdeni (néhány lépcsőház részvételével, új korszerűen szabályozható hőközpontokkal, amelyek csak leterhelnek, de nem állnak teljesen le éjszakára) és az itt szerzett tapasztalatokkal a teljes rendszer átalakítását megtervezni.

6.1.8. Megvizsgáltuk a lehűtött geotermikus víz visszatérő ágának hőszivattyúzással magasabb hőfokszintre emelését, kiváltva ezzel a reggeli indítási csúcsokhoz igényelt gázüzemet. Sajnos a piacon jelenleg elérhető hőszivattyúkkal nem lehet gazdaságosan a távhőrendszerre termelni. Ennek oka részben a kedvező geotermikus forrás jelenléte, amely a hőszivattyúkkal elérhető hőmérséklet szinten áll rendelkezésre.

6.1.9. Megvizsgáltuk, és javasoljuk a Győr-Szol Zrt. területén meglévő egykori olajtároló tartályok felújítását, és fűtővíz puffertartályként való hasznosítását a gázkazánok kora reggeli csúcsumidejének mérséklésére.

6.1.10. Javasoljuk hálózat kiegyenlítéshez üzemelő villanykazánok telepítésének megfontolását a Győr-Szol Zrt. telephelyén. Hálózat kiegyenlítéssel csak arra jogosult vállalatok (villamos energia kereskedők) foglalkozhatnak. A magyarországi villamos energia rendszerirányító (MAVIR Zrt.) szükség esetén, hálózat kiegyenlítés céljából behívja a villanykazánokat, amik ez idő alatt hőt szolgáltatnak. Behívási idő tapasztalatok szerint az év 5-7%-ra tehető. Az egyik lehetséges konstrukció, hogy a beruházást a kereskedéssel foglalkozó vállalatok végzik, és kedvezményesen adnak át villanykazánokkal megtermelt hőt a hőszolgáltatóknak. Megállapodás kérdése, hogy az év adott időszakában mekkora hőátvételre szerződnek le a felek egymással. Ennél beruházásnál a villanykazánoknak biztosított terület bérbeadásával többletbevételhez jut a hőszolgáltató, és mellette kedvezményesen kapja a villanykazánok által megtermelt hőt. Ebben a konstrukcióban nem látunk kockázatot a Győr-Szol Zrt.-nél, hiszen nincs saját beruházás. Másik lehetséges konstrukció, hogy a beruházást a hőszolgáltató végzi. Ebben az esetben a hőszolgáltató bérbe adja a kereskedőnek a berendezést, és a kereskedő bérleti díj mellett kedvező hődíjjal szolgáltatja a villanykazánokkal megtermelt hőt. Ennél a konstrukciónál a Győrszolnak beruházási költsége jelentkezik, viszont a

berendezések a tulajdonukban maradnak. A rendszerkiegyenlítési folyamatba célszerű lenne bevonni a meglévő gázmotorokat is, mint villamos energia kiegészítő berendezések is.

6.2 További beruházásokkal megvalósítható energiafejlesztési javaslatok

6.2.1. Javasoljuk a geotermikus energia minél nagyobb arányú távfűtő rendszerbe integrálását, új mélyfúrású geotermikus energiatermelési lelőhely(ek) vizsgálatát, annak a meglévő "sugaras" távvezetési hálózatba csatlakoztathatóságát, hurkolt vagy körvezeték hálózat kialakítását. Újabb geotermikus energia betáplálás lehetséges csatlakozási pontjai a mellékelt térképünk szerint, É-ÉNY irányból, NY-i irányból, valamint a meglévő Péri termálkút irányából jöhet szóba.

Ehhez a következő vizsgálatok el kell végezni:

- Geotermikus hőenergia átvételére vonatkozó hosszú távú szerződés.
- A primer keringtetés, és primer vezetékhalozat részletes hidraulikai vizsgálata.
- Hőközponti főberendezések alkalmasságának vizsgálata.

6.2.2. Javasoljuk az önkormányzat által működtetett Intézmények karbonsemleges, megújuló energiaforrással (levegő/víz hőszivattyú, víz/víz geotermikus (talajszondás) hőszivattyú) történő decentralizált hőellátását.

6.2.3. A geotermia minél nagyobb felhasználása érdekében javasoljuk a távfűtés hőfokszintjének lejjebb vitelét, melyhez a magasabb vízhőmérsékletet igénylő felhasználási helyek hőszigetelésének javítása, és a hőközpontok ehhez illeszkedő korszerűsítése, felújítása, valamint a primer vezetékhalozat korrekciója is szükséges.

6.2.4. Javasoljuk egy új biomassza alapú fűtőmű létesítésének további vizsgálatát. A biomassza megújuló energiaforrás, ezzel tovább növelhető a karbonsemleges hő részaránya a távhőrendszerben. A biomassza fűtőmű alkalmas arra, hogy a geotermikus termelést kiegészítse a fűtési időszakban, amikor a geotermia hőmérséklete már nem elegendő a fogyasztói igények kiszolgálásához. A biomassza fűtőmű létesítésére minden valószínűség szerint egy új fűtőművi telephely létrehozására lesz szükség. Az üzemvitele során a távhőről visszaérkező lehűtött vizet először a geotermia melegíti fel, amennyire lehetséges ezt követően pedig a biomassza fűtőmű emeli a hőmérsékletet a távhőrendszer menetrendjében meghatározott értékre (soros kooperáció).

6.2.5. Részletesen elemeztük az alacsony hőmérsékleten rendelkezésre álló hőforrások hőszivattyús hasznosításának lehetőségét. Ilyen alacsony hőmérsékletű hőforrás lehet a szennyvíz, a Mosoni-Duna. Mindkét hőforrás, de különösen a szennyvíz hőszivattyúzása kiválóan alkalmas lenne az alacsonyabb hőfokszinten működő új Városrét hőellátására, a közelükben fekvő sportlétesítmények ellátására, ugyanezen területek központi használati melegvíz termelésére. Mosoni-Duna vizének hőszivattyúzásával különösen az említett területek

központi hidegenergia ellátása lenne megújuló energiaforrásból karbonsemlegesen megoldható, javasolható városi távhűtő vezetékes szolgáltatás kiépítése is, további nagyfogyasztók (Egyetem, Színház, Önkormányzati épületek, Kórház stb.)

6.2.6. Vizsgáltuk a geotermikus hőforrással működtetett ORC erőmű (villamos energiatermelés) létesítésének lehetőségét, de a nemzetközi tapasztalatok azt mutatják, hogy a Győrben elérhető hőmérséklet szint villamos energiatermelésre nem, hanem elsősorban fűtésre alkalmas.

6.2.7. Megvizsgáltuk a napkollektorok alkalmazásának a lehetőségét, viszont a győri távfűtési rendszer nagyon kedvező geotermikus adottságaiból kifolyólag ezek alkalmazására nincs szükség. A napkollektoros termelés a földgáz felhasználást nem csökkentené, hiszen a napkollektorral elérhető hőmérséklet szinten a geotermia bőséges forrása rendelkezésre áll.

6.2.8. Elemeztük további napelemek telepítését. Az energiaárak, a megújuló, karbonsemleges energiatermelés érdekében javasoljuk az Önkormányzati Intézményeknél megkezdett napelemek további telepítését!

7. Forrásjegyzék

- [1] Győr népessége, lakossága, területe n.d. <http://nepesseg.com/gyor-moson-sopron/gyor> (accessed February 21, 2023).
- [2] Tajti Péter. A 150 éves Győri Gázszolgáltatás Története. Budapest: NKM Nemzeti Közművek Zrt.; 2018.
- [3] Győrhő munkatársai. 40 ... éve a tiszta, áramló meleg forrása. Győr: Palotai Nyomda és Kiadó Kft.; 2009.
- [4] Győri vízellátás története - PANNON-VÍZ Zrt. n.d. https://www.pannon-viz.hu/cikk/gyori_vizellatas_tortenete.html (accessed February 21, 2023).
- [5] Szennyvízkezelés - PANNON-VÍZ Zrt. n.d. <https://www.pannon-viz.hu/cikk/szennyvizkezeles.html> (accessed February 21, 2023).
- [6] European power price tracker | Ember n.d. <https://ember-climate.org/data/data-tools/europe-power-prices/> (accessed February 21, 2023).
- [7] Rekordmagasra ugrott Kínában a szén ára, miután bányákat kellett leállítani az áradások miatt - Portfolio.hu n.d. <https://www.portfolio.hu/uzlet/20211011/rekordmagasra-ugrott-kinaban-a-szen-ara-miutan-banyakat-kellett-leallitani-az-aradasok-miatt-504612> (accessed February 21, 2023).
- [8] Europe Gas Prices Fall Again as Nations Step Up Efforts to Ease Crisis - Bloomberg n.d. <https://www.bloomberg.com/news/articles/2022-09-20/europe-gas-falls-again-as-nations-step-up-efforts-to-ease-crisis> (accessed February 21, 2023).
- [9] Fernwärme anmelden » Umweltschonendes Heizen | Wien Energie n.d. <https://www.wienenergie.at/privat/produkte/waerme/fernwaerme/> (accessed February 16, 2023).
- [10] Wiener Fernwärmenetz: So funktioniert's! n.d. <https://blog.paradigma.de/wiener-fernwaermenetz-funktioniert/> (accessed February 16, 2023).
- [11] Wärmeversorgung Graz 2020/2030 Wärmebereitstellung für die fernwärmeversorgten Objekte im Großraum Graz 2019.
- [12] Working principle of the biomass-fired ORC process in Lienz | Download Scientific Diagram n.d. https://www.researchgate.net/figure/Working-principle-of-the-biomass-fired-ORC-process-in-Lienz_fig4_228910304 (accessed February 16, 2023).
- [13] Andritz. I/S Skive Fjernvarme n.d.
- [14] Skive, Denmark - SunGas Renewables n.d. <https://sungasrenewables.com/skive-145>

- denmark/ (accessed February 16, 2023).
- [15] Dr. Bihari, Péter; Dr. Györke, Gábor; Dr. Szücs B. Energiaátalakítás, Erőművek előadás. 2021.
- [16] Dr. Molnár T. HULLADÉKOK LERAKÁSA ÉS DEPÓNIAGÁZ KEZELÉS IX. Előadás anyag - PDF Ingyenes letöltés. Az ipari hulladékgazdálkodás vállalati gyakorlata TÁMOP-4.1.1.F-14/1/KONV-2015-0006 , 2015.
- [17] Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Landfill Gas Basics. In Landfill Gas Primer - An Overview for Environmental Health Professionals n.d.
- [18] Kovács C. Depóniagáz-üzemű gázmotorok hulladék hő hasznosításának vizsgálata veszélyes iszapszerű hulladékok szárítására. 2022.
- [19] Siddiqui FZ, Rafey A, Pandey S, Khan ME. Pilot demonstration of clean technology for landfill gas recovery in India – A case study. Cleaner Chemical Engineering 2022;2:100024. <https://doi.org/10.1016/J.CLCE.2022.100024>.
- [20] Hőszolgáltató Kft M. HULLADÉKLERAKÓBAN KELETKEZŐ BIOGÁZ HASZNOSÍTÁSA THE UTILIZATION OF LANDFILL GAS WOPERÁNÉ SERÉDI ÁGNES*, TANKA SÁNDOR** *Miskolci Egyetem, Tüzeléstani és Hőenergia Intézeti Tanszék 3515 Miskolc Egyetemváros tuzdb@uni-miskolc 2011;36:79–90.
- [21] Hőszivattyú működése – Típusok és előnyök n.d. <https://easykit.hu/hoszivattyu-igy-mukodik/> (accessed February 24, 2023).
- [22] E.ON ectogrid™ – technology | How E.ON ectogrid™ works - eon.se n.d. https://www.eon.se/en_US/foeretag/ectogrid/how-ectogrid-works (accessed February 24, 2023).
- [23] E.ON ectogrid™ – technology | How E.ON ectogrid™ works - eon.se n.d. https://www.eon.se/en_US/foeretag/ectogrid/how-ectogrid-works (accessed February 24, 2023).
- [24] E.ON ectogrid™ – case | Medicon Village - eon.se n.d. https://www.eon.se/en_US/foeretag/ectogrid/ectogrid-medicon-village (accessed February 24, 2023).
- [25] Fernkälte für Wien » Wie funktioniert Fernkälte? | Wien Energie n.d. <https://www.wienenergie.at/ueber-uns/unternehmen/energie-klimaschutz/energieerzeugung/fernkaelte/> (accessed February 24, 2023).

8. Mellékletek

1. Győri Intézmények energia fogyasztási adatai (pdf)
2. Szennyvíztisztító telep működése (pdf)