

BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM
GÉPÉSZMÉRNÖKI KAR
ENERGETIKAI GÉPEK ÉS RENDSZEREK TANSZÉK

VANCZÁK ZSOLT

Adaptálható mintaprojekt kistelepülések (energiaközösségek)
fűtési igényének ellátására, geotermikus hőforrásra alapozva

Szerzői jog © Vanczák Zsolt, 2022

TARTALOMJEGYZÉK

1. áttekintés és Bevezetés	4
1.1. Geotermia helyzete Európában	5
1.2. Geotermikus helyzet Magyarországon	8
1.2.1. Geotermikus adottságok Borsod-Abaúj-Zemplén Megyében	9
2. Geotermikus Energia felhasználási lehetőségei és Korlátai	10
2.1. Villamosenergiatermelés	11
2.2. Talajszondás hőszivattyúk	12
2.3. Közvetlen hőfelhasználású geotermikus rendszerek	13
2.3.1. Belső tér fűtés	13
3. A tanulmány tárgya	15
4. A település és a geotermikus kút bemutatása	16
4.1. Általános ismertető Tiszakesziről	16
4.2. A Tiszakeszi K-24 és K-25-ös hévíz kút	16
4.3. Korábban felmerült felhasználási koncepciók	20
5. távfűtési rendszer koncepciója	21
5.1. Az épületek elhelyezkedése és bemutatása	21
5.1.1. GAMESZ Iroda és Melegedő	22
5.1.2. Önkormányzati Hivatal	22
5.1.3. Hétszínvirág Óvoda	22
5.1.4. Bölcsőde	22
5.2. A távhőrendszer felépítése	23
5.2.1. Távhővezeték vonalvezetése	23
5.2.2. A távhőrendszer felépítése	24
5.2.2.1. Hőforrás és a nyers víz	24
5.2.2.2. A távhő vezeték	26
5.2.2.3. Hőközpont és szétosztás	26
5.2.3. A távhőrendszer egésze és a lemezes hőcserélők	27
6. Szükséges mennyiségek számítása	29
6.1. Alapparaméterek mérése és feldolgozása	29
6.1.1. Éves működési órák száma	29
6.1.2. Kazán hatásfok	30
6.1.3. Primer Hőteljesítmény Kiszámítása	31
6.2. Kinyerhető és szükséges hőteljesítmény	32
6.2.1. Maximális szivattyúzás nélküli eset	36

6.2.2. Köztes eset	39
6.2.3. Maximális kútteljesítmény esete	41
6.3. Választandó hőforrás	45
6.3.1. többlépcsős energiafelhasználási koncepciók	45
6.3.1.1. Mezőgazdasági felhasználás.....	46
6.3.1.2. Balneológiai felhasználás.....	48
7. A tervezett / kiválasztott rendszer integrálása.....	51
7.1. Szükséges rendszerelemek és kivitelezési feladatok.....	51
7.1.1. Forrás.....	51
7.1.2. Primer kör	52
7.1.3. Szekunder kör	52
7.1.4. Üvegház	53
7.1.5. Strand medence.....	53
7.2. A használt víz kezelése	54
8. Gazdasági vizsgálat.....	56
8.1. A beruházási költség meghatározás	56
8.1.1. Alap és anyagköltség	56
8.1.2. Kivitelezési költségek.....	57
8.1.3. Üzemeltetési költségek	58
8.2. Megtakarítási lehetőség	59
8.3. Megtérülési idő kiszámítása.....	61
8.4. SWOT analízis	63
9. Összefoglalás.....	64
10. Irodalom jegyzék	66
11. Ábrajegyzék.....	68

1. ÁTTEKINTÉS ÉS BEVEZETÉS

E dolgozat tárgya a Magyarország területén elérhető komoly geotermikus potenciál bemutatása. A tanulmány rávilágít arra, hogy ezen típusú megújuló energiaforrás milyen fokú érintetlenség tapasztalható térségünkben, továbbá egy konkrét példán keresztül szemléltet egy lehetséges kihasználási megoldást

A következő időszakban a világ energiaellátásában jelentős átalakulás várható, amelynek az előszelei már jelen időszakban is tapasztalhatóak. Az előre megjósolhatatlan konfliktusok, nemzetközi helyzetek beláthatatlan károkat és hiányokat okozhatnak, amit a napjainkban húzódó, lassan az egész világra kiható konfliktus egyértelműen támaszt alá. Az ilyen események által generált infláció és hiánygazdaság felé mutató trendek gyökeresen megváltoztatják a korábban megszokott normál hétköznapi életet.

Az energia világpiaci árának jelentős növekedése az országos szinten alkalmazott politikai intézkedések ellenére is realizálható a végfelhasználónál. A rendszer tehetetlenségéből adódóan, a robbanásszerű ár növekedést nem lehet a bérekkel azonnal lereagálni, ami azt eredményezi, hogy legalább egy, de akár több fűtési szezonban is képes pénzügyi kellemetlenséget okozni azoknak a fogyasztóknak, akik a havi bevételüknek akár harmadát is a rezsi költségek fedezésére kell, hogy költsék. Nehéz helyzetbe kerülnek a kistelepülések is, amelyeknek nincsen extra bevételük az alap támogatásokon kívül, mégis ki kell tudniuk gazdálkodni a fenntartáshoz szükséges rezsiköltségeket

Ezek a tényszerű trendek és nem mellékesen a szigorodó környezetvédelmi előírások, valamint a dekarbonizációs törekvések hatására a megújuló energia felhasználása egyre nagyobb jelentőségűvé válik az Európai Unióban, valamint a fejlett gazdaságú országokban. A megtérülési idő jelentős csökkenésével sokkal kedvezőbb befektetésnek tűnik lakossági és ipari szinten is az alternatív energiaforrások használata a fűtési és az elektromos energia fedezésére. A következő táblázat a különböző megújuló energiaforrások világszintű potenciálját listázza.

Táblázat 1-1 - Megújuló energiák technikai potenciálja [28.]

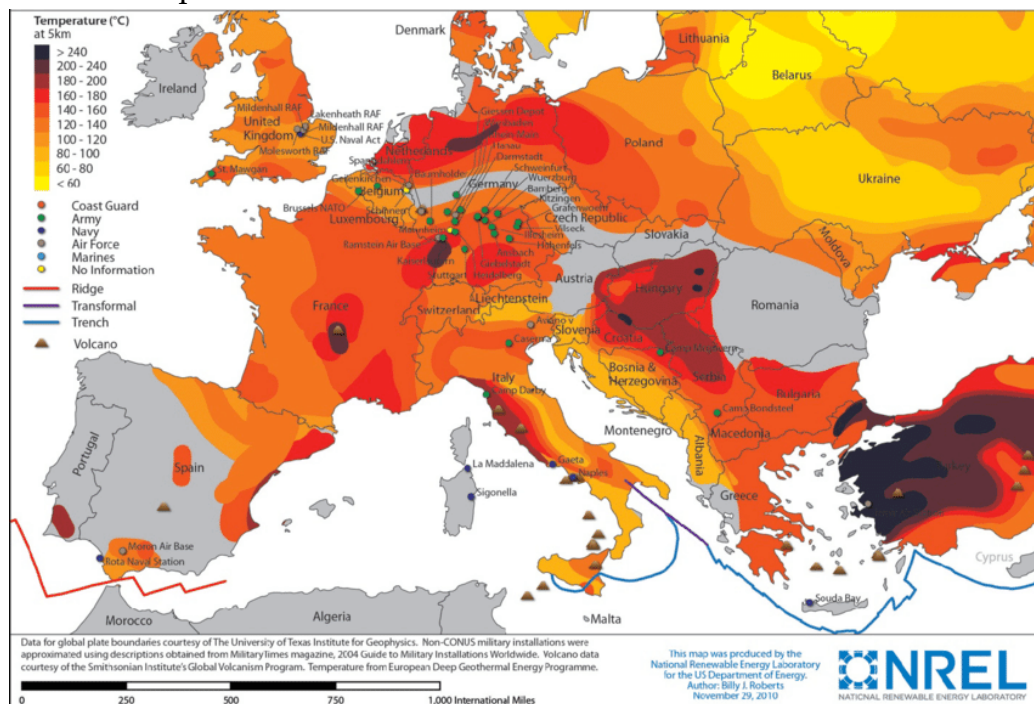
Energiaforrás	Teljesítmény, EJ/év
geotermikus energia	5000
Napenergia	1575
Szélenergia	640
Biomassza	276
Vízenergia	50

A geotermikus energia egyértelmű előnye a többi megújuló energiaforrással szemben, hogy kitermelése után állandó az elérhetősége.

1.1. Geotermia helyzete Európában

A Föld hője által előkészített termálvizek hasznosítása egyre elterjedtebb a világon, ugyanis óriási lefedettsége van, azaz könnyű elérhetősége, továbbá a korszerű technológia lehetővé teszi a helyenként több, mint 100 °C-os víz felszínre hozatalát. A fennálló hőmérséklet függvényében változik a geotermikus energiák hasznosítása: Magas entalpiájú (>120°C) források áram fejlesztésre, míg a közepes (90-120 °C) és az alacsony (<90 °C) hőmérsékletűek hőhasznosítás céljából alkalmazandóak. [1.]

Vannak földrajzi helyszínek, ahol a geotermia a kultúra része, ez főképp a tektonikai szempontból aktív területeken jellemző, például Izland, ahol mindennapi látványossággént mutatkozhat közvetett módon a föld hője, továbbá a meglévő távhőrendszerek 100% geotermális hőforrású [1.]. Az alábbi térkép, mindezt alátámasztja, közép Európában, főképp Magyarország területén egy úgynevezett „geotermális hot spot” található a felszín alatt.



ábra 1-1 - átlag hőmérséklet 5 km mélységben Európa területén [1.]

Egy 2004-es becslés szerint a világon összesen 70 ország hasznosította nagy mennyiségben az Energiamixében a geotermiát, mint egy 270 PJ/év összesített mennyiségben, a fúrási és előállítási kockázatok mellett is. Ezen energiamennyiség

felhasználása legfőképp hőszivattyús hasznosítású, másodlagosan pedig távfűtési célú volt.

táblázat 1-2 - Geotermikus energiafelhasználás kategóriái [4.]

Category	GWh/year
Geothermal heat pumps	90 293
Bathing and swimming	33 164
Space heating	24 508
Greenhouse heating	7 407
Aquaculture pond heating	3 322
Industrial uses	2 904
Cooling/snow melting	722
Agriculture drying	564
Others	403
Total	163 287

Azáltal, hogy a geotermikus energia független éghajlati és külső körülményektől ellentétben a víz-, szél-, napenergiával, azt eredményezi, hogy rugalmasan alkalmazható lenne alapteljesítményre ugyanúgy, mint az igények maximumának idején csúcsteljesítményre, ezen feltevésnek természetesen fizikai korlátjai vannak, de elméleti szinten elképzelhető lehet. A geotermia aránylag magas részesedése, az, hogy a termelt áram 1,8%-át szolgáltatja a teljesítmény 1,0%-ával, a földhő megbízhatóságát bizonyítja.

táblázat 1-3 Áramfejlesztés megújuló energiaforrásokból 2005-ben [29.]

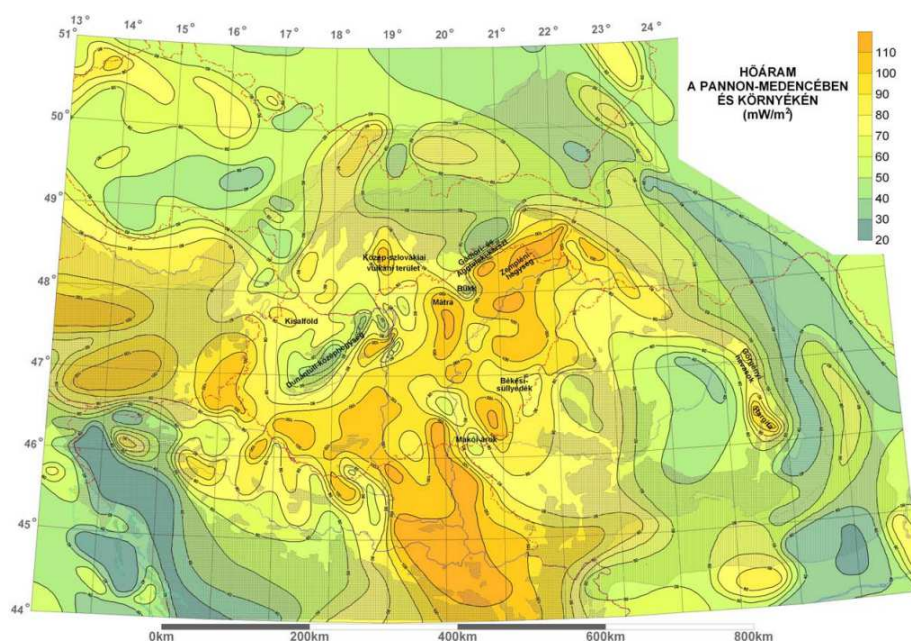
Technológia	Beépített teljesítmény		Éves Termelés		Kapacitás faktor (%)
	GWe	%	TWh/év	%	
Víz	778	87,4%	2837	89,0%	42
Biomassza	40	4,5%	183	5,7%	52
Szél	59	6,6%	106	3,3%	21
Geotermia	9	1,0%	57	1,8%	72
Nap	4	0,4%	5	0,2%	14
Összesen	890	100,0%	3188	100,0%	41

1.2. Geotermikus helyzet Magyarországon

Magyarország területén lévő ígéretes geotermikus adottságok két tényezőn is alapulnak. Egyrészt magasabb értékű a geotermikus gradiens a világátlagnál, tehát a hőmérséklet gyorsabban nő a mélységgel, átlagosan 45 °C hőemelkedés tapasztalható kilométerenként. Így 500 m mélységben az átlaghőmérséklet már 35-40 °C, 1000 m-ben 55-60 °C, 2000 m mélységben pedig 100-110 °C, [20.] másrészt az ország területének jelentős részén a felszín alatt olyan jellemző talajösszetétel alakult ki, amelyeket jellemzően törmelékes üledékek vagy karsztosodott, repedezett mészkő, dolomit kőzetek alkotnak számottevő vízvezető képességgel. A természetes geotermikus rendszerek hőjének felszínre hozatalához fluidumra is szükség van, amely Magyarország esetében a termálvíz, mint közvetítőközeg, legalább 30 °C-os állapotban. Hazai definíció szerint, az ország területének több mint 70%-án rendelkezésre áll [30].

Egy adott terület geotermikus szempontból végzett minősítése és értékeléséhez szükséges információnak számít az úgynevezett földi hőáram értéke. E mennyiség a belső energiaáram teljesítménysűrűsége: egységnyi felületen, egységnyi idő alatt átáramló energiamennyiség. Napjainkra már tisztázott, hogy a földi hőáram bizonyos tektonikai környezethez kötötten nagyban eltérő eredményeket hoz. [31.]

Ahhoz, hogy a vizsgált térségről egy átfogó képet lehessen kapni rengeteg mélyfúrási hőmérséklet mérésre van szükség. Ezen mérések adatbázisát az Eötvös Loránd Tudományegyetem Geofizikai Tanszéke készítette el, „Magyarország geotermikus adatbázisa” néven, amelyben több mint 5000 mélyfúrás mintegy 15.000 hőmérsékletadata kereshető.

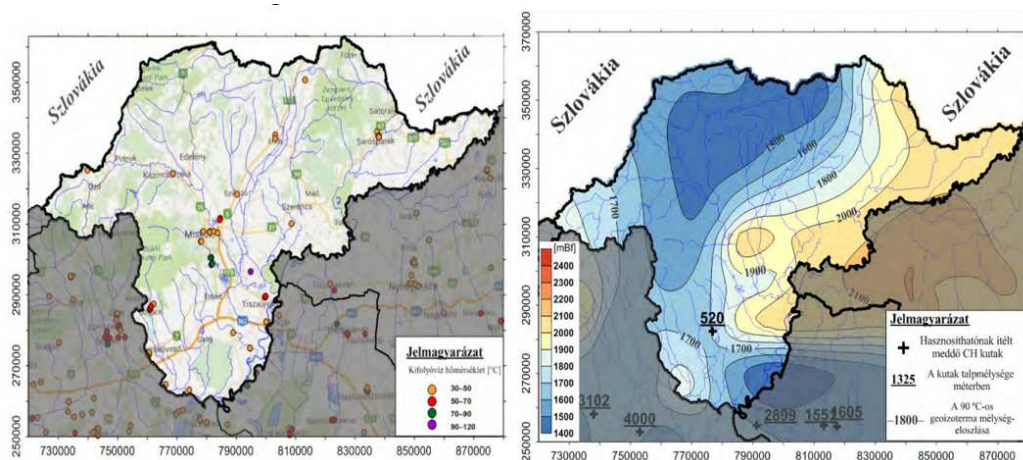


ábra 1-2 - A pannon-medence hőáram sűrűsége

Magyarország geotermikus kutatásai már a XIX. Század végén megkezdődtek, a kezdeti technológiák mellett rendkívüli sikereket értek el a fúró és bányász szakemberek. Közülük kiemelkedő személye volt a korszaknak Zsigmondy Vilmos bányamérnök, akinek a nevéhez kötődik a városligeti 970 méter mély hévízkút fúrása. Ezen első hévízkútból 73,8 °C-os, 1200 m³/nap térfogatárammal tört a felszínre a termálvíz, amely nemzetközileg ismerte el a szakemberek tiszteletét. Érdekességképpen érdemes megemlíteni, hogy ugyanebben az időszakban a mai USA területén csupán 20-30 méter mély kőolaj termelő kutak voltak működésben. [31.] Pávai-Vajna Ferenc nevéhez pedig az Alföld geotermikus kutatása kötődik. Ebben az időszakban fúrták az első hévízkutakat, némelyik által felszínre juttatott termálvízének hasznosításra üvegházi fűtés rendszert terveztek. [31.] Mindezekből arra a következtetésre lehet jutni, hogy a kitűnő geotermikus rendelkezésre állás miatt, a magyar fúrási technológiák magasan a kor átlagos színvonalánál fentebb jártak Európai viszonylatban. Ez tette lehetővé a geotermikus hőforrású fűtési rendszerek korai terjedését.

1.2.1. GEOTERMIKUS ADOTTSÁGOK BORSOD-ABAÚJ-ZEMPLÉN MEGYÉBEN

Borsod-Abaúj-Zemplén megye Magyarország egyik legváltozatosabb megyéjének tekinthető, ugyanis itt húzódik az Alföld az Északi-középhegység határa, amely mentén medencesorok ékelődnek. A megye déli része ezért síkság, északi területe pedig hegyes, dombos, továbbá földtani rétegekben, ezért geotermikus források tekintetében is változatos képet mutat, mind hőmérsékletben, mind minőségben. A megyében található, összesen nagyjából 50 darab hévízkataszteri számmal jelzett kút nagy része kőolaj-kutatási fúrás eredménye és balneológiai felhasználási végeredménnyel jellemezhető, azonban a Miskolc Geotermia projekt során létesülő kistokaji geotermikus hőközpontban az avas lakótelepnek a fűtési melegvizének előállítása történik meg immáron 10 éve.



ábra 1-3 - BAZ megye regisztrált hévízkút helyei és 90°C-os geotermia mélységtérképe [31.]

2. GEOTERMIKUS ENERGIA FELHASZNÁLÁSI LEHETŐSÉGEI ÉS KORLÁTAI

Geotermikus hőforrások felhasználása rendkívül széleskörű. Napjainkban gyakorlatilag minden technológiai háttér rendelkezésre áll, hogy amely folyamatokhoz hő bevezetése szükséges, erre az esetre lehessen geotermikus hőforrást alkalmazni. Három fő témakört szokás elkülöníteni a felhasználás jellegét illetően:

1. Villamosenergia termelés
2. Földhőszivattyúzás
3. Közvetlen felhasználás

Ezen tematikának egy bővebb összefoglalását prezentálja a Lindal-diagram, amely a hőmérséklet függvényében prezentálja a lehetséges ipari és lakossági felhasználási lehetőségeit a geotermikus hőforrásnak:

0°C								
10°C								
20°C	Geotermikus hőszivattyúk							
40°C							Talajmelegítés	
			Hóolvasztás, jégtelenítés	vízi állatfajok tenyésztése	Fürdőzés			Biogáztermelés
70°C	Gombatermesztés és	Italok szénsavazása			Betontömb locsolás	Üvegfűtés és talajfertőtlenítés	Vízmelegítés	
100°C	Gyümölcs- és zöldségszárítás		Élelmiszer tartósítás				Épületfűtés és hűtés	Élelmiszertartósítás és pasztörözés
150°C	Segédközeges geotermikus erőmű		hagymaszárítás	Papírgyártás	Faanyagszárítás	Szövetszárítás		cukorrépa sűrités és szárítás
			Cementszárítás			Hűtés és fagyasztás		etanol előállítás
200°C	Gőzturbinás geotermikus erőmű							
350°C								

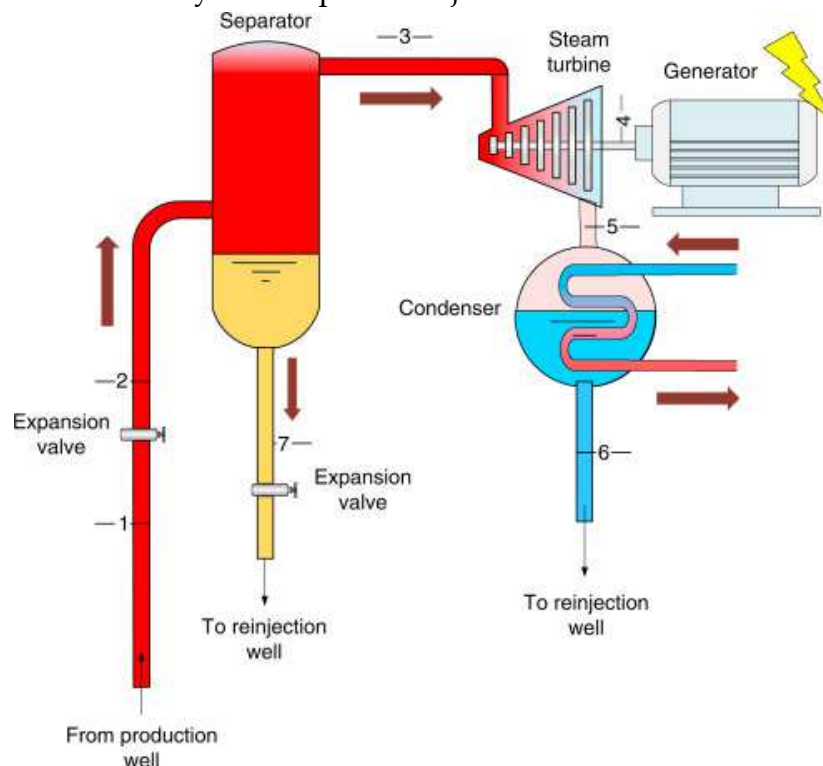
ábra 2-1 - A geotermikus hőforrás felhasználása, Lindal-diagram adaptáció

Napjainkban egyre fokozottabb ütemben nő a geotermikus energia felhasználása, amely az Európai Unió energiatakarékosági csomag követelményeinek való megfelelési kötelezettség egyértelmű hozománya. A kihasználtsági minőség szintén széles körűnek mondható, a 2-1-es ábra által listázott lehetőségek közül szinte az összesre lehet példát mutatni a megvalósult projektek közül Magyarország egészét tekintve.

2.1. Villamosenergiatermelés

Ahogy az a 2-1-es ábra mutatja villamosenergiatermelési lehetőség is lakozik a geotermikus hőenergiában. Ennek legfőbb feltétele a felszínre törő termálvíz hőmérséklete. Gyakorlatilag minimum 100-110 °C primer hőmérséklet kell ahhoz, hogy erőművi rendszer alkalmazásával villamos energiává lehessen alakítani a termálvíz hőtartalmát.

A jelen működő geotermikus erőművi rendszerek primer közege nagy nyomású 100°C feletti hőmérsékletű víz halmazállapotú fluidum. Szükség van tehát egy nyomáscsökkentő beépítésére, amelyből már gőzként lép ki a közeg, amely a gőzturbinába lépve villamosenergiatermelésre alkalmas. Ezután egy kondenzátorba lépve további felhasználási lehetőségeket biztosít a rendszer. Az alábbi sematikus ábra ezt az erőművi körfolyamatot prezentálja:



ábra 2-2 - "Flash steam power plant" egyszerűsített ábrája [32.]

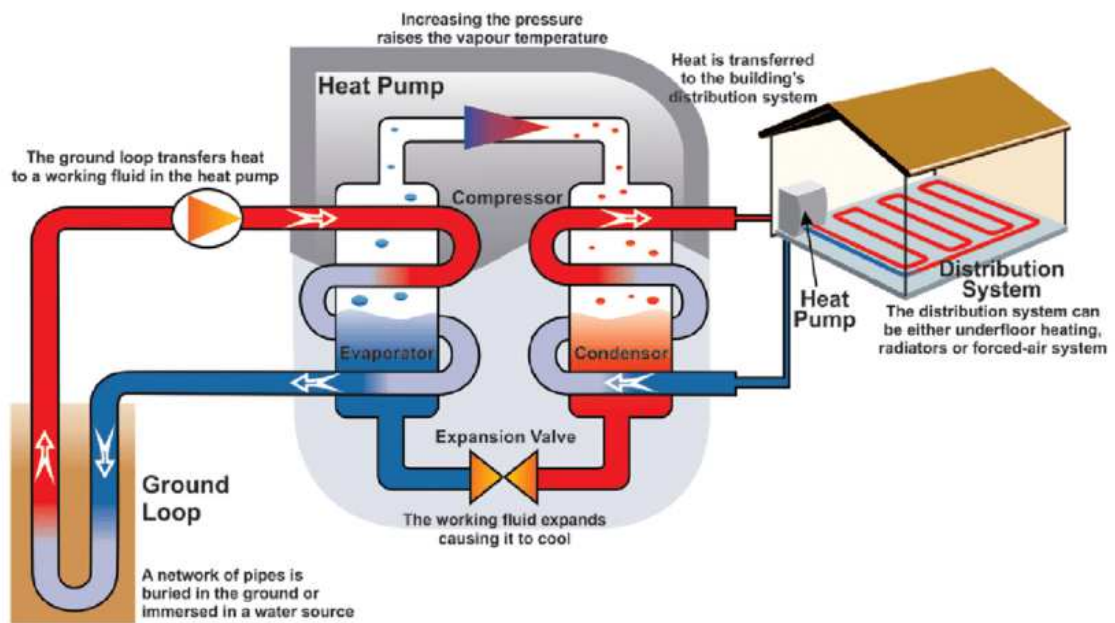
Magyarország területén jelenleg egyetlen Geotermikus erőmű működik Turán 2017 óta, amely 2 MW elektromos és 7 MW hőteljesítményt tudhat a magáénak. A projekt egész közép Európában egyedülálló, első fecskéként kezdte meg a működését 5 évvel ezelőtt. [33.]

A geotermikus erőművek terjedését rendkívül megnehezíti a megfelelő hőmérsékletű fluidum felkutatása, viszont ahol rendelkezésre áll, és a további paraméterek is adottak, úgy az energiahatékonyság és az energiamix „színesítése” nevében érdemes a turaihoz hasonló beruházásokat létrehozni.

2.2. Talajszondás hőszivattyúk

A hőszivattyúk talajhőforrással való felhasználása egy komplex energetikai megoldást nyújthat, mivel használható fűtésre, hűtésre, és használati melegvíz előállítására is. [20.]

A földhőszivattyúzás technológia elterjedése a 2000-es évek elején kezdődött Magyarországon [20.] A technológia primer köre talajszondák segítségével gyűjti össze a föld hőjét, amelyet később átad annak a közvetítő közegnek, ami ennek hatására elpárolog és készen áll a kompresszoros energiabevitel utáni kondenzálásra.



ábra 2-3 - Geotermikus hőszivattyúk sematikus ábrája [5.]

Lakossági szinten a mai kor technológiája mellett a szokványosabb és olcsóbb Levegő-víz hőszivattyúk érthető módon sokkal jobban elterjedtek, jóval kisebb mértékű kivitelezési munkát igényelnek a talajszondás víz-víz üzemű társaival szemben. Mindemelett, ipari léptékben más eredmény adódhat a két technológia összehasonlításával, ugyanis az előbbi módszer külső hőmérsékleti kitettsége nagyban csökkentheti az üzembiztonságot.

2.3. Közvetlen hőfelhasználású geotermikus rendszerek

A geotermikus energiahasznosítás legrégebben alkalmazott és legegyszerűbb módja a közvetlen hőhasznosítás, erre ideális körülményeket teremt az az eset, amikor sorba kapcsolható egyre csökkenő hőigényű fogyasztók állnak rendelkezésre. Jelenleg a négy különböző módú közvetlen felhasználási módot különböztetnek meg a szakirodalmak, ezeket a következő táblázat foglalja össze.

táblázat 2-1 - Közvetlen geotermikus felhasználási módok

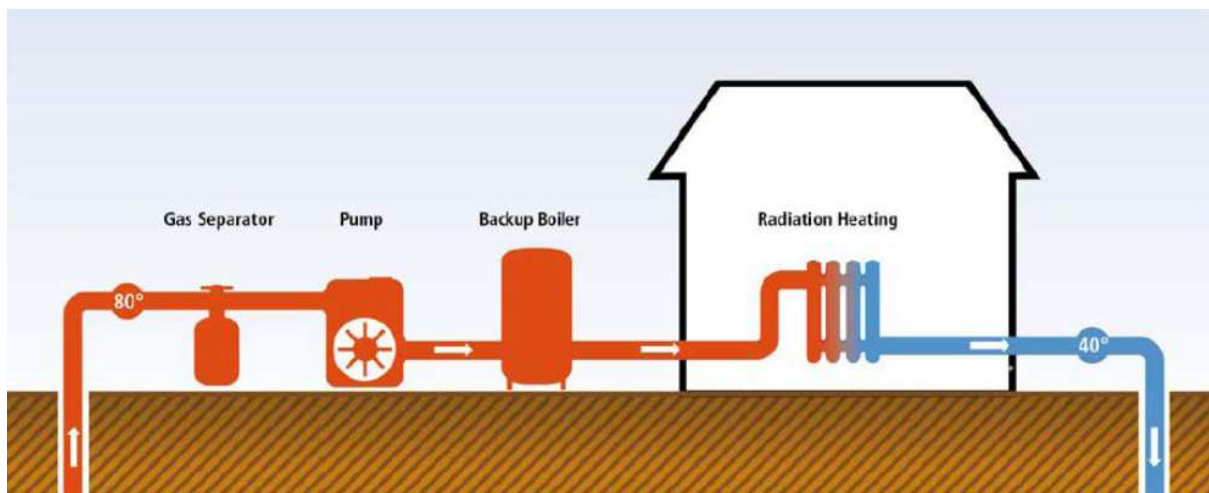
Felhasználási mód	MWh _{hő}	%	TJ/év
Beltér fűtés	100,6	14,6	1016,7
Üvegházfűtés	196,7	28,5	1502,5
Fürdők és uszodák	350	50,7	5040
Egyéb felhasználás	42,9	6,2	358
Összesen	690,2		7917,2

2.3.1. BELSŐ TÉR FŰTÉS

A Lindal-diagram alapján (2.1-es ábra) a 60-150 °C hőmérsékletű források használhatóak belső tér fűtésére. Jelenleg azonban a korszerű épültenergetikai megoldásoknak és építészeti szerkezeteknek (szigetelőanyagok, korszerű nyílászárók, hőhidmentes épületek) és azok elterjedésének köszönhetően a modern épületek fűtési határhőmérséklete és hőveszteségei drasztikusan lecsökkentek, ebből adódóan a szükséges fűtési teljesítmény értéke is. Ennek eredményeképp a fűtési előremenő vízhőmérsékletek már korántsem annyira magasak mint 15-20 évvel ezelőtt, némelyik felület fűtési rendszer esetén elegendő 35-40 °C-os előremenő víz is. Így a Lindal-diagram által prezentált tartomány kibővült a minimális hőmérséklet csökkenésével.

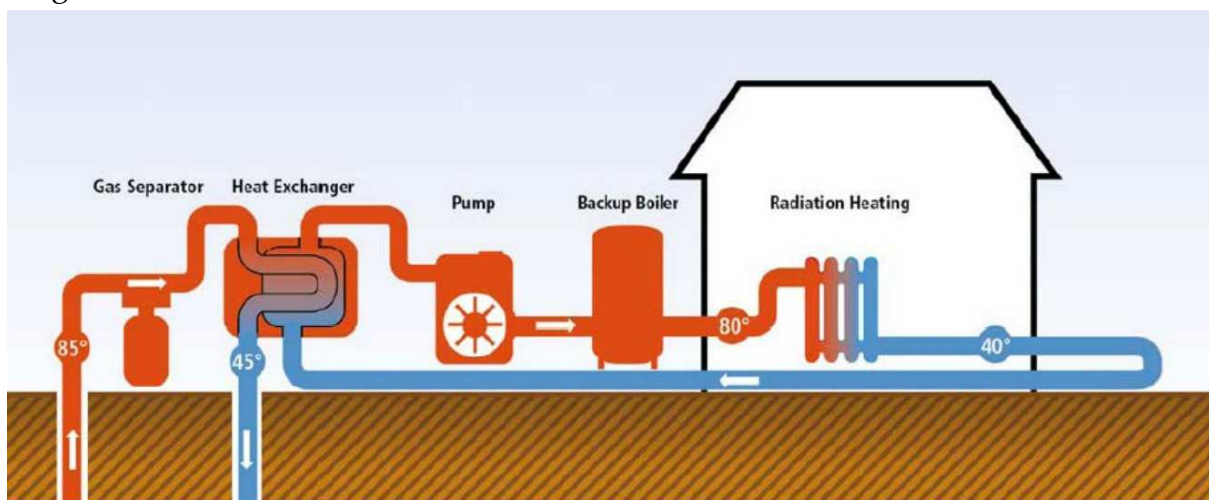
A geotermikus hőforrású fűtési rendszer kialakítása mellett szól, hogy a hőforrás időben és megközelítőleg mennyiségben is állandóan áll rendelkezésre, amelynek a szabályozása könnyedén oldható meg. Mindez alátámasztja a feltevést, hogy amennyiben kellő hőmennyiség áll rendelkezésre, úgy érdemes több épületre alkalmazni, vagyis energiaközösségek létrehozása javasolt.

Két féle módja van a direkt felhasználásnak. Az egyszerűbb és kevesebb rendszerelmet igénylő „open loop” esetében rendkívüli előkészületek szükségesek, amelyet nagyrészen a vízkezelés és szűrés fed le. Ennek oka, hogy ebben az esetben a geotermikus folyadék közvetlenül van irányítva a fűtési rendszerbe majd a hőleadás után, alacsony entalpiájú folyadék kerül vissza a felszín alá.



ábra 2-4 - "Open loop" direkt geotermikus fűtési rendszer sematikus ábrája [6.]

A „closed loop” rendszer esetében egy hőcserélő beszerelésével választódik ketté a fűtési kör. Egy primer, ami a nyers, de kezelt termálvizet szállítja, majd a hőcsere után pedig szekunder, amelyikben a fűtési víz kering a radiátorokon keresztül. Jóval kedvezőbb esetnek minősíthető ez utóbbi, hiszen így tiszta víz áramolhat a radiátorokban és az épületen belüli csövekben, azonban megnöveli a beruházás költségvetését a beszerzendő hőcserélő. A closed loop geotermikus fűtési rendszerek minden tulajdonsága alátámasztja, hogy kitűnően illeszthető ez a módszer távfűtési megoldásokra.



ábra 2-5 - "Closed loop" direkt geotermikus fűtési rendszer sematikus ábrája [6.]

Mindez alátámasztja, hogy ez a fajta geotermális hőfelhasználás tökéletesen alkalmazható távfűtési kivitelben is.

3. A TANULMÁNY TÁRGYA

A tanulmány feladata, hogy egy komplex, adaptálható projektdokumentációt prezentáljon, amely megoldást nyújt egy meglévő geotermikus forrás több évtizedes kihasználatlanságára, a Tiszakeszi K-24-es hévízkút esetére.

Jelen világunk energiapolitikája és a pozitív jövőkép megköveteli, hogy az elérhető alternatív energiaforrások kihasználtsági foka a lehető legmagasabb legyen. Ennek tükrében ihlette a tanulmány témáját Tiszakeszi, Borsod-Abaúj-Zemplén megyei kistérség külterületén található, 70-es évek közepén kifúrt geotermikus kút, amely korábban valós funkciót sohasem töltött be. A kiáramló melegvíz segítségével, a koncepció szerint négy darab közszolgálatot ellátó épület fűtési energiaigénye kerülne kielégítésre, további hőfelhasználási pontokkal kiegészülve. A kidolgozandó feladat mintaként szolgál, amelyre más hasonló települések példájára alkalmazható útmutatóként tekintendő.

Jelen dolgozat egy olyan műszaki dokumentációnak, amely a továbbiakban részletesen kívánja alátámasztani azt az alapfeltevést, hogy a geotermikus termásvíz energiatartalma rendkívüli energiaspórolási potenciált tesz kihasználhatóvá akár teljes földgázmentességet elérve, amellyel rengeteg kiadást spórol meg a településnek a kibocsátási értékek lecsökkentése mellett.

4. A TELEPÜLÉS ÉS A GEOTERMIKUS KÚT BEMUTATÁSA

4.1. Általános ismertető Tiszakesziről

Tiszakeszi története a Tatár-járás koráig vezethető vissza. A 13. század elejére tehető a település első írásos említése, amelynek 650. évfordulója alkalmából egy jubileumi könyv is került kiadásra.

A kötet 1982-re lett kész dr. Veres László lektorálásával és a két szerző dr. Csorba Csaba és Seresné dr. Szegőfi Anna mélyre menő munkájával. A kötetből csupán 600 példány készült és iskolai kiegészítő honismereti segédkönyvnek szánták. Azonban a mű hozzá nőtt Tiszakeszi életéhez, és minden valamirevaló háztartás tartogat egy példányt a ház könyvespolc.

Átmenő forgalom hiányában nem túl jelentős a szolgáltatóipar jelenléte. A lakossági igények teljes mértékben ki vannak elégítve, de a turizmus egyelőre gyerek cipőben jár.

Személyes véleményem szerint jelentős potenciál lakozik kisközségünkben. Földrajzi elhelyezkedéséből adódóan, a Tisza folyó nyújtotta lehetőségeket sokkal jobban is ki lehetne használni turizmus szempontjából. Erre történtek próbálkozások, ám a koncepció állítás szintjén mindegyik megállt. Nem túl elrugaszkodott ötlet egy esetleges tiszai-strand létrehozása sem, ugyanis a kiskörei víztározó megalkotása előtt, több írásos anyag szerint, a helyi lakosok fürdőzni tudtak több ponton is.

Véleményem szerint, több vízisport és szabadidős tevékenységnek adhatna otthont a Tiszakeszi Tisza-part.

4.2. A Tiszakeszi K-24 és K-25-ös hévíz kút

A kiválasztott hévíz forrás több szempontból is szerencsés választásnak tűnik. Mivel egy meglévő, kihasználatlan egységről van szó, ezért a feltörő víz bármilyen koncepciók felhasználása egy zöldebb és energiahatékonyabb jövő felé mutató trendet követ, továbbá rendkívül jó dokumentáltsággal rendelkezik. A Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat (MBFSZ) adattárában a mai napig elérhetőek az eredeti, 1974-75-ös vízföldtani napló, műszeresvizsgálati dokumentáció és a geoszeizmikus mérések eredménye. Ezek áttanulmányozásával, számos szükséges és extra kiindulási információval gazdagodik a projekt. Továbbá redukálódik a feltételezések száma, a tényszerű műszaki mért és tapasztalt adatok átemelésével.

A dolgozat tárgyát képező gotermikus kút története az 1970-es évek közepéig, egészen pontosan 1974 május 6 és szeptember 13-ig terjedő időszakra vezethető vissza.

Ahogyan az alábbi térképrészleten látható, egymás közelségében két fúrás lett elvégezve, amelyből a K-25-ös egy jóval sekélyebb 500 méteres mélységű hévíz kút. [14.]



ábra 4-1 - OGRE Térképrészlet [13.]

A K-24-es furat, vagy ahogy a helyiek hívják: Kocsortos, amely folyamatát Keskeny Lajos fúrómester vezényelte, azonban egy jóval nagyobb volumenű kivitelezési munkát igénylő fúrás volt, ahogyan az a hivatalos vízföldtani naplóból kiderül.

A terepszinttől számítva 1202 méter mélyre leérő fúrás alsó 10 méternyi szakasza feltöltésre került, így az aktív, kezdetben 354 mm, majd szűkülő átmérőjű acél és 6 5/8"-os szűrőcsővel ellátott, csövezett rész 1192 méter mélységig hatol be a földrétegekbe. A napló részletesen taglalja az említett mélységig előforduló talajminőséget, ami jellemzően az agyagos és az iszapos között váltakozik.

A kút kiépítése és stabilizálása után, a mérésekhez szükséges minták vételezése és kiértékelése volt a következő feladat, amely eredményeit a vízföldtani napló gyűjt össze. Továbbá a műszeres mérések folyamata is megkezdődhetett, amelynek a legfontosabb állomása a víz hozamának és hőmérsékletének mérése, azaz a kútteljesítmény vizsgálat volt. Ezen vizsgálat hat állandósult pontban történt szabad kifolyás mellett és kompresszorozással. A műszeres vizsgálati dokumentációban feljegyzett értékeket a következő táblázat foglalja össze:

táblázat 4-1 - Az eredeti kútteljesítmény-mérés eredményei [14.]

Kifolyó szelvény	Vízhozam		Nyomás [att(m)]		Hőmérséklet [°C]	
	l/p	m3/nap	felszínen	950 m-ben	kifolyó vízben	950 m-ben
I	210	310	-44,3		62	75
II	160	230	-32,4		60	-
III	62	89	-0,65		48,8	-
IV	54	76	1,6		48,5	-
V	45	65	3,5		48,5	-
VI	30	43	5,7		47,5	-
Zárt kút	0	0	9,4		0	-

A mért eredmények feljegyzése alapján egyértelmű következtetések vonhatóak le, mégpedig, hogy a térfogatáram csökkenésével, rendre csökken a kifolyó vízhőmérséklet, Továbbá érdemes megjegyezni, hogy az első három helyzetben volt a kompresszor működtetve, a többi esetben a kút magára hagyva a saját pozitív nyomását felhasználva termelte a felszínre a termálvizet. A hőmérséklet és a térfogatáram függésének a magyarázatára két verziót lehet feltételezni:

1. Mivel a térfogatáram csökkenésével az áramlási sebesség is csökken, így a termálvíznek több ideje marad lehűlni az egyébként 80°C-os talphőmérsékletéről [14.].
2. Kompresszorozás során a mélyebb rétegek is megindultak, míg szabad kifolyás esetében csak a felsőbb rétegekből származó víz került a felszínre.

A rendelkezésre álló kútteljesítményi adatok tükrében kell helyesen megválasztani és optimalizálni a koncepcionált fűtési rendszer hőforrását a teljesítményigények függvényében, amely részletességéért az 6.2-es fejezet felelős.

A „kocsortos” két, ma is aktív furatát szándékosan a termelőszövetkezet Tiszakeszi telephelyéhez közel, kb. 800 méterre fúrták. A közbeszéd alapján a TSZ épületeinek a fűtésére szerették volna a feltörő víz hőjét használni, azonban ennek, az abban az időben egyedülálló projektnek a kivitelezésére végül nem került sor az említett Papp József menesztése okán. Mindezt egészen hihetően támasztja alá az, hogy mind a műszeres vizsgálati dokumentáció, mind a vízföldtani napló Tiszakeszi „Tiszamenti” Mg. Tsz. Kútként hivatkozik a fúrás helyszínére.

Mivel a fűtésrendszer kivitelezése nem indult meg, ezért alternatív megoldást kellett találni a feltörő víz felhasználására. Fojtás beépítésével kezelhető tömegáramúra szabályozták a vízkiáramlást, amely köré meghagyták a fúrasi munkálatokhoz alapként szolgáló „beton medencét”, amelyet kavicsággal feltöltöttek és hagyták, hogy a kiáramló víz megtöltse. Az alábbi ábra prezentálja a kialakult körforgás felszíni szakaszait.



ábra 4-2 - A K-24-es kút vizének elvezetése és elszikkasztása

Jelmagyarázat:

- A: a hévízkút helyszíne
- B: nádassal körülvett, sekély tó
- C: vízelvezető árok
- D: Mocsaras, nádas szikkasztó hely



ábra 4-3 - A Kocsortos jelenlegi állapota

Ily módon folyik tehát az egyre értékesebb hőenergiát tartalmazó termálvíz a semmibe, a körforgást ugyan megtartva, de mindenképpen elpazarolva a Föld által közvetített javakat.

4.3. Korábban felmerült felhasználási koncepciók

Hosszas ötletelés és számos javaslat érkezett az önkormányzatba az elfolyó melegvíz hasznosítására, amelyek közül többet is érdemes megemlíteni.

A település főutcája mellett teljes hosszában egy széles gyalogos közlekedésre hivatott járdasáv húzódik, amelyen jelentős gyalogos forgalom van egész évben. A körülbelül két kilométeres szakasz téli és őszi tisztántartása a közfoglalkoztatásban alkalmazottak feladata. Nekik köszönhető a település képét meghatározó elemeinek karbantartása és rendfenntartása. A főképp téli járda tisztántartási feladatuk felmentésére készült az a javaslat, hogy a kocsortos vizét a járda-sáv alá bevezetve a téli lefagyás megszűnik, így annak karbantartási munkálatai is jelentősen lecsökkennének.

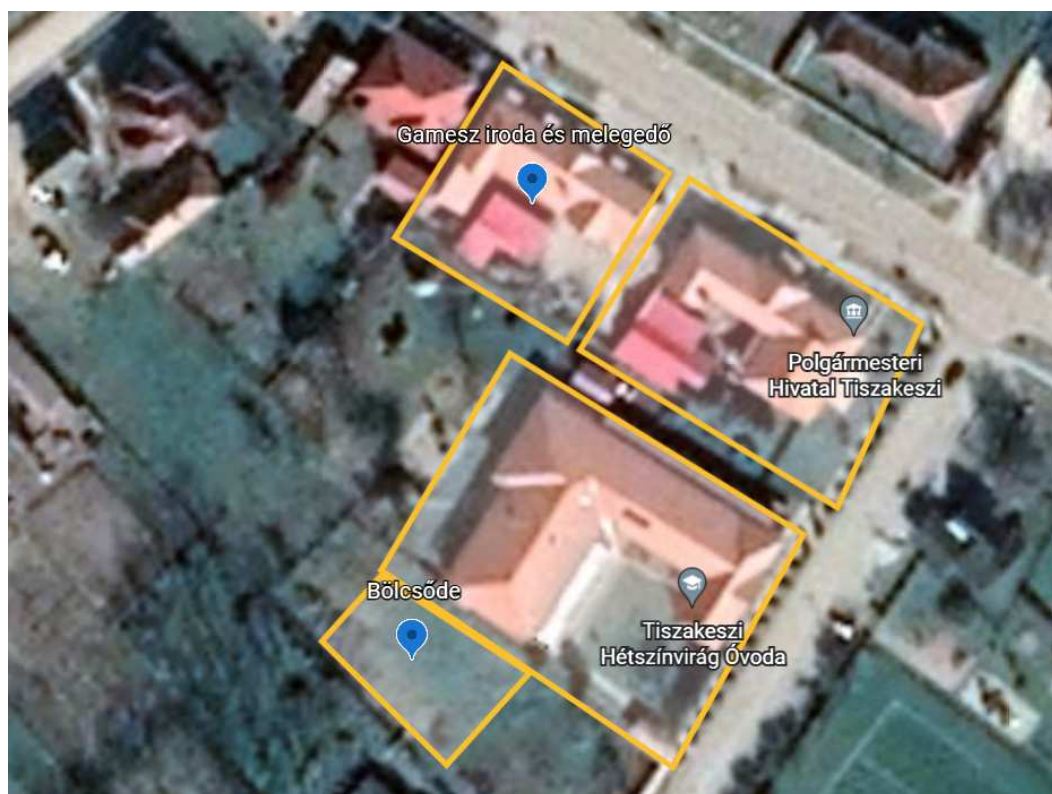
Az önkormányzat vezetőségének megtetszett az ötlet és mélyebben megvizsgálták a projekt részleteit, amely során bizonyossá vált, hogy a magas oldott ásványi anyag tartalom miatt a több kilométer hosszú és vékony vezetékszakaszon nem megfelelő vízkezelés után is gyors vízkövesedést okozott volna.

5. TÁVFŰTÉSI RENDSZER KONCEPCIÓJA

5.1. Az épületek elhelyezkedése és bemutatása

Mivel a település épületállományának nagy része kertes házakból áll nem pedig többlakásos társasházokból, így azokra nem célszerű a távhőrendszer tervének kiterjesztése. Azonban Tiszakeszi középületeinek egy része a falu központjában egy csokorban helyezkedik el, amelyeknek az igényelt fűtési energiája jelentős nagyságú, a jelenlegi helyzetben nagyrészt gázból, kismérsékelt pedig szilárd nyersanyagból fedezve. Ezen épületekben hatalmas energiamegtakarítási potenciál lakozik.

Az alábbi ábra azon épületeket mutatja, amelyek fűtési hőigényét a korábban részletezett geotermikus víz hozamával lehetne lefedni. Ennek alátámasztására a továbbiakban kerül sor.



ábra 5-1 - A vizsgált épületek műholdas felvétele

Az épületek egymáshoz való közeli elhelyezkedése teszi azt lehetővé, hogy egy kis energiaközösségként tekinthessünk rájuk és közös hőforrású, de külön fűtési rendszerű épületekként működjenek.

5.1.1. GAMESZ IRODA ÉS MELEGEDŐ

Egyszerű régi típusú épület két komfort helyiséggel. 2015-ben új, korszerű nyílászárókat és külső hőszigetelést kapott egy energetikai korszerűsítési program keretein belül, azonban a hőközpont érintetlen maradt.

- Fűtésrendszer: Fatüzelésű kazán és lapradiátorok, 50/40 °C
- HMV előállítás: nincs HMV felhasználás

5.1.2. ÖNKORMÁNYZATI HIVATAL

Korábban tanácsháza, ma önkormányzati hivatal, a lényeg azonban nem változott, ahogyan az alaprajz sem. Azonban 2015-ben komplex energetikai felújításon esett át ez az épület, amely során háromrétegű nyílászárók és 14 cm vastag külső hőszigetelés kerül kivitelezésre. A hőközpontot és a hőleadórendszert is érintette a felújítás, korszerű lapradiátorok működnek együtt kondenzációs kazánnal.

- Fűtésrendszer: Kondenzációs kazán és radiátorok, 50/40 °C
- HMV előállítás: Direkt fűtésű tároló (elektromos bojler)

5.1.3. HÉTSZÍNVRÁG ÓVODA

Az épület őse ugyan az 1980-as években épült, azonban 2008-ban egy teljeskörű bővítéssel felújítást vitt véghez az önkormányzat Európai Unió források segítségével. A büdzsé lehetővé tette, hogy korszerű nyílászárók kerüljenek beépítésre és vastag külső és földem hőszigeteléssel legyen az épület új és meghagyott határoló szerkezetei.

- Fűtésrendszer: Kondenzációs kazán és radiátorok, 50/40 °C
- HMV előállítás: Napkollektoros rendszer

5.1.4. BÖLCSŐDE

A legújabb épület a négy közül, amely kivitelezési munkálatai 2020 végén kerültek befejezésre, így 2021 elejétől megkezdődhetett a funkcionális működése.

Az egyszerű külső kialakítású épület korszerű energetikai tulajdonságú alapanyagokból, építőelemekből készült, törekedve a minél kevesebb mértékű primer energiaigény eléréséhez.

- Fűtésrendszer: Kondenzációs kazán és radiátorok, 50/40 °C
- HMV előállítás: Direkt fűtésű tároló (elektromos bojler)

5.2. A távhőrendszer felépítése

5.2.1. TÁVHŐVEZETÉK VONALVEZETÉSE

A koncepcionális rendszer hőforrásának és felhasználási helyeinek a lokációja adott, azonban a kezdő és végpont közötti távhővezetékszakasz vezetése tervezésénél számos tényezőt kell figyelembe venni.

Alapvetésként kell kezelni azt a tényt, hogy célszerű a magántulajdonban lévő földhatárok mentén haladni, kerülve a konfliktust és okozva a legkevesebb tereprendezerési kárt.

További kihívás a településen belüli vezeték-elhelyezés. Mivel a lakosság magántulajdonát képző telkek alatti kivitelezés nem megoldható, ezért a közterületnek számító, de engedélyeztethető fő utca mellett kell a távhővezetékpart a földbe fektetni.

Az imént felsorolt tényezők figyelembevételével a következő nyomvonal javaslat alakult ki:



ábra 5-2 - egy lehetséges nyomvonalterv

Ahhoz, hogy ez az elképzelés meg is valósulhasson, a kivitelezési munkákat számos engedélyeztetési folyamatnak kell véghez mennie, többnyire a szolgalmi jogok megszerzése.

A vezetékjog a szolgalmi jog egyik fajtája, amely határozat alapján jön létre és használati jogot biztosít egy bizonyos céllal, a tulajdonos engedélye/beleegyezése nélkül. Általában a közüzemi szolgáltatók – áram, gáz, hírközlés- részére alapítják, annak érdekében, hogy a szolgáltatás, a hálózat üzemeltetését biztosítsa. Különbség a rendes szolgalmi jogtól, hogy a hatósági engedély kiadását, és az ingatlan-nyilvántartásban történő bejegyzést követően létrejön. Ebben az esetben a szolgáltató mind a földalatti, mind a föld feletti vezeték építésébe, vagy akár kapcsoló berendezés kialakításába bele foghat, és a tulajdonosnak még a működést veszélyeztető növényzet kivágását is tőnie kell, amely természetesen jelen projekt esetén fel sem merülne. [11.]

Az imént ismertetett vezetékjog igényt elsősorban a távhővezeték nyomvonala mellett eső földek tulajdonosai bevonásával kell megtenni, tovább a település területén belüli szakasz kapcsán a Magyar Közút Nonprofit ZRT.-t kell felkeresni. Ez utóbbinak oka, hogy a település fő utcája az említett cég fennhatósága alá tartozik és tulajdonát képezi.

5.2.2. A TÁVHŐRENDSZER FELÉPÍTÉSE

A távhőrendszer alapvető mérnöki feladata, hogy a hőforrást, milyen módon biztosítja és szállítja el a hőfelhasználás helyére. Ezen folyamatra számos lehetőség van, ami viszont még szerte ágazóbb kérdéskör, hogy hogyan osztja szét a rendszer megfelelő mennyiségben a hőmennyiségeket.

5.2.2.1. Hőforrás és a nyers víz

A Tiszakeszi K-24-es „kocsortos” kút, állandósult térfogatáramú termálvize egy biztos forrásként ad alapot az elkészíteni kívánt rendszernek. Ahogyan az a 4.2 fejezetben részletezésre került, a magas ásványi anyag koncentrációja miatt több szükséges lépést kell megtenni.

Mivel egy bonyolult közegnek számít a felszínre érkező termálvíz, ezért célszerű egy azonnali hőcserélőt beiktatni a rendszerbe. Ez a hőcserélő a nyersvíz energiáját adná át a lehető legmagasabb hatásfokkal, a távvezetékben keringtetett primer hőszállító közegnek. Ez a koncepció számos pozitív megoldást eredményez:

- Nincs lerakódás veszély a távvezetékparban,
- A nyers közegnek a szekunder felhasználása azonnal megtörténhet

Az üzembiztonság és a hatásfok növelés érdekében azonban szükséges megvizsgálni a gáztalanítás igényét.

A már többször felhasznált műszeres mérési dokumentációban fellelhető a gázkapacitás mérés is, amely során egy állandósult térfogatáramra vizsgálták meg a termálvíz gáztartalmát. A táblázatos értékek a következők:

- $\dot{V}_{\text{víz}} = 76 \text{ m}^3/\text{nap}$
- $\dot{V}_{\text{gáz}} = 4,18 \text{ m}^3/\text{nap}$

Ezen adatokból könnyen számítható a gázkoncentráció:

$$\frac{\dot{V}_{\text{gáz}}}{\dot{V}_{\text{víz}}} = \frac{4,18}{76} = 0,055 \rightarrow 55 \text{ l/m}^3 \quad (5.1)$$

A gázkoncentráció tehát 55 l/m^3 értékre adódik, amely érték alapján a termálvíz gázkoncentrációs kategóriába sorolható. A vízföldtani naplóban leírt szakvéleményben [15.] is olvasható, hogy a víz gázosnak számít, azonban kémiaiilag elfogadható minőségű.

A 12/1997. KHVM rendelet „A termelt és szolgáltatott vizek gázmentesítéséről” különböző kategóriába sorolja a vizek gáztartalmát 1013 mbar nyomásra és 20°C hőmérsékletre számítva [16.]:

- „A” kategória $0,8 \text{ l/m}^3$ határérték alatt
- „B” kategória $0,8\text{-}10 \text{ l/m}^3$ határérték között
- „C” kategória 10 l/m^3 határérték fölött

A vizsgált termálvíz tehát a C kategóriába tartozik, így ennek megfelelően kell eljárni a gáztalanítás során, azaz gáztalanító berendezés betervezése kötelező. Távfűtési rendszerekben a vákuumos gáztalanítást sűrűn alkalmazzák, így erre a megoldásra kell a rendszerhez tartályt méretezni.

Az ideális belépő gázos közeg 40–90 °C hőmérsékletű a gáztalanító tartályba való belépés előtt, amelyet a felső részbe kell vezetni. A gázok eltávolításának optimalizálása érdekében a gáztalanító tartály a vizet finom részecskékre bontó töltettel rendelkezik. Eközben a vákuumszivattyú segítségével létrejön a szükséges nyomás a feltöltővíz felforralásához, amely jelenség bekövetkezte után, a gázok felszabadulnak és eltávolításra kerülnek a tartályból, míg a gázmentesített víz folytathatja útját a távhőrendszerben. [17.]

Ezzel a berendezéssel számos üzembiztonsági tényezőt lehet elősegíteni. Mivel a termálvízben lévő gázmolekulák nagyrésze mikrobuborék formájában van jelen, ezért az adott hőcsere során jelentős hatásfokromlást okozhat. Ugyanezen mikrobuborék káros hatása lehet az adott kör áramoltatásáért felelős keringtetőszivattyú járókereken okozandó kavitációs kár is, amely jelenség lerövidíti

az élettartamot, és megnöveli az előzetesen számolandó karbantartási költségeket. [18.]

Fontos gondolni arra, hogy ugyan a primer közeget szállító távvezetékparban a lerakódás veszélye eltűnik, így a rendkívül költséges utólagos vezetékcsere és földi munkálatok szükségessége is, azonban a beépítendő, a nyers közegből hőt átadó hőcserélőn továbbra is jelentkezhetnek karbantartási szükségletek. Ennek kiküszöbölésére tisztítható szerelt lemezes hőcserélő szükséges, amely időszakosan kivehető a rendszerből, szétszedhető és visszatevés előtt alaposan megtisztítható, hogy a megfelelő áramlás és hőcsere ismét elérhető lehessen. A karbantartási idő alatt pedig egy párhuzamosan kapcsolt, hidegen tartalékolt, ugyanazon műszaki paraméterekkel rendelkező mellékági hőcserélőn keresztül történhet zavartalanul az áramlás.

5.2.2.2. A távhő vezeték

A hőcserélés utána primer közeget szállító vezetékek fektetése és megfelelő vezetése kerül sorra.

A technológia lehetővé teszi, hogy előre és vastagon szigetelt, kifejezetten távhő szolgáltatások lefedésére fejlesztett műanyag csőrendszert lehessen elhelyezni, ami lényegesen leegyszerűsíti mind a gépi földmunkát, mind pedig a szerelési és fektetési munkát, amivel jelentős időtakarékoságot is érhetünk el.

Számos nagy cső- és szerelvényértékesítéssel foglalkozó cégnek vannak már megoldásai egy távhős koncepció igényeire, azonban a műszaki adatok, fajlagos hőveszteségek és ellenállási tényezők változhatnak, ezért célszerű összehasonlítani többféle terméket is.

Jelen tanulmány esetére a Rehau Insulplex Uno SDR 11 előszigetelt PE-Xa cső bizonyult a legjobb megoldásnak, vastag poliuretán szigetelése a legenergiahatékonyabb közegáramlást biztosítja.

Azonos csőtípuson belül, két féle csővastagságból választhatunk, amit az ún. SDR mutató jelez. Esetünkben nem kell törekedni a magas falvastagságra, ugyanis az közvetlenül csak a nyomásbírásra van hatással, hőtechnikailag elhanyagolható. Így került a választás az SDR 11-es verziójú termékre, amellyel növelhető a projekt költséghatékonysága is.

A helyes csőátmérő megválasztásához egyértelmű utasítást és segítséget ad a gyári műszaki adatlap, ennek lebonyolítását az 6.2. fejezet fogja részletesen ismertetni.

5.2.2.3. Hőközpont és szétosztás

A távhőrendszer legkomplexebb része a hőközpont, vagyis a hőfelhasználás helyszíne a vizsgált épületeknél.

Mivel az épületek elhelyezkedése szerencsés módon egymáshoz képest szomszédi közelségű, ezért elsőkézből adódhat az ötlet, hogy egy közös hőközponttal és fűtésrendszerrel oldódjon meg a termálvíz fűtési hőhasznosítása.

Azonban ez egy koncepciós zsákutca, ugyanis a közelség és az azonos tulajdonosi háttér ellenére a négy épület rendeltetése teljesen eltérő, azaz más időszakban más mennyiségű hőenergiára van szükség. Így egyértelműen adódik, hogy az épületeknek továbbra is egyedi és egymástól független fűtési rendszerrel kell rendelkezniük a jó szabályozhatóság érdekében. Ennek módja, hogy a primer közeget szállító gerincvezetékre négy darab, egymáshoz párhuzamosan kapcsolt hőcserélő integrálása történik meg.

Jelen esetben érdemes a forrasztott kivitelű lemezes hőcserélőket választani a nyers vizes hőcserélőkkel ellentétben, ugyanis jelentősen csökkenthető a beépítési méret, továbbá karbantartási szükséglet sincs, mivel lágy víz kering mind a primer, mind a szekunder körökben.

Mindezek mellett különös figyelmet kell fordítani a beszabályozásra, amelyet a hőcserélők elé integrálandó túszelepekkel tehetünk meg. Az igényeknek megfelelően kell beállítani, hogy a megfelelő hőmennyiség legyen átadható az adott épület fűtési körébe, amelyet jelen esetben mennyiségi szabályozással, azaz a térfogatáram változtatásával irányíthatunk. Erre az iparnak nagyon korszerű megoldásai találhatók meg a piacon. Napjainkban jellemzően komplex automatikus szabályozási rendszereket alkalmaznak az ilyen feladatok ellátására, amely egyszerre kommunikál több érzékelővel és berendezéssel. Esetünkben a szekunder közeg előremenő hőmérsékletének függvényében kell kommunikálnia a primer közeg motoros beszabályozó szelepével, mindezt a külső hőmérséklet vizsgálatával párhuzamosan végezve. Így optimalizálható és szabályozható az egyedi igényekre mind a négy kialakítandó fűtési kör.

5.2.3. A TÁVHŐRENDSZER EGÉSZE ÉS A LEMEZES HŐCSERÉLŐK

Az előző fejezetben leírtak alapján egy sematikus ábrával személtethető a legjobban a rendszer koncepciója, amelynek részletes műszaki rajz formátuma mellékletként csatolandó a dolgozat mellé.

A többszörös hőcserélési állomás pazarlónak tűnhet, azonban a következőkben számításokkal is alátámasztásra kerül, hogy a rendelkezésre álló energiatartalom megengedi, hogy ezzel az üzembiztonság irányába tervezzük túl a rendszert, továbbá a mai modern lemezes hőcserélők hatásfoka rendkívül magas értékeket tud elérni.

A rendszer mindkét hőcserélési helyszínénél ellenáramú lemezes hőcserélők beépítése és méretezése javasolt a magasabb hatásfok elérése érdekében. Ahogyan az

korábban említésre került, a nyersvíz és a primer közeg közti hőcserének a megoldása szerelhető lemezes hőcserélőkkel javasolt. A hőcserélő egymás kiváltóiként a karbantartási munkákat könnyítik meg, növelve az üzembiztonságot. Fontos, hogy az ilyen kivitelű készülékek esetén úgy legyen a karbantartás időzítve, hogy a gumitömítés teljes elévülése ne valósuljon meg, mivel a gumi idővel elveszíti rugalmasságát és tömítetlenségi problémák alakulhatnak ki. [12.] Ezért időszakosan, ismétlődő felülvizsgálatra lehet szükség, amely során a gumitömítések állapotát, továbbá a járatok vízkövesedését lehet ellenőrizni és szükség esetén komplett tisztítást elvégezni, vagy ha végképp elengedhetetlen, akkor az adott lemezeket cserélni is lehet.

A primer és a szekunder körök között alkalmazandó forrasztott kivitelű hőcserélőknél nem kell ilyen jellegű problémákat figyelembe venni, ugyanis a két steril közeg semmilyen veszélyt nem fenyeget a rész alkatrészeire. Mivel az ilyen kivitelű berendezések, egy zárt rendszert alkotnak, ezért a szervizelésükre nagyon minimális számú lehetőség van (pl. vegyszeres tisztítás), ez azonban nem jelent veszélyt, ha megfelelő közegek keringtetése történik üzemszerűen. Ez utóbbi meggyőződésére szolgálhat a hőcserélők előremenő és visszatérő csomópontjai elé nyomásmérők telepítése, így ellenőrizhetővé válik a nyomáskeresés változása.

A hőcserélő méretezését érdemes mindig olyan szakemberre bízni, aki jártas az adott gyártó teljes típusválasztékában és az azokra kifejlesztett szoftverrel képes a optimális kivitelű és méretű terméket kiválasztani. Fontos szempont a minél magasabb hatásfok elérése, azonban a túlméretezés is veszélyes szabályozási és költséghatékonysági szempontból. [12.] Továbbá a belső nyomáskeresés minimális értékének elérése is cél, ugyanis a lágyszűréses keringtetés miatt az öntisztulási jelenségre nem kell kapacitást csoportosítani, így a veszteségek minimalizálása a belső ellenállás csökkentésével is eszközölhető.

6. SZÜKSÉGES MENNYISÉGEK SZÁMÍTÁSA

6.1. Alapparaméterek mérése és feldolgozása

Ahogy az korábban ismertette lett, összesen négy épület fűtési hőigényét kell a geotermikus hőforrással fedezni. Ehhez első lépésként meg kell vizsgálnunk az épületek energiafelhasználását. Erre azért van szükség, hogy a komplex épületenergetikai számítás elvégzése nélkül meg tudjuk becsülni az épületek fűtési hőigényét így a nettó beépített teljesítmény igényt is.

Az adatszolgáltatáshoz a polgármesteri hivatal járult hozzá a 2021-es gázzsámlák összesítésével. Szerencsés eset, hogy mindegyik épület külön mérővel rendelkezik, ezért egyértelmű módon lehet elkülöníteni és összesíteni a részszámlákat. Ennek adatait a következő táblázat mutatja:

táblázat 6-1 - Az épületek földgázigénye

Épületek megnevezése	Éves Földgázfogyasztás		
	[m ³ /év]	[MJ/év]	[MWh/év]
Hivatal (50/40 °C)	3606	124407	34,56
Óvoda (50/40 °C)	7774	268203	74,50
GAMESZ (50/40 °C)	1416	48852	13,57
Bölcsőde (50/40 °C)	2580	89010	24,73
összesen:	15376	530472	147,35

Ahhoz, hogy meg tudjuk határozni a primer teljesítményigényeket, két dolgot kell meghatározni:

1. Éves működési órák száma
2. Kazánhatásfok

6.1.1. ÉVES MŰKÖDÉSI ÓRÁK SZÁMA

Ahogy az korábban ismertetésre került, mind a négy épület komplex energetikai felújításon esett át. Ez a tény arra a következtetésre ad okot, hogy a fűtési határhőmérséklet felfelé tolódásával, a fűtési idény hossza is jóval rövidebb, mint alap esetben.

A Tiszakeszi polgármester és a fűtési rendszer üzemeltető-karbantartója elmondásai alapján kerültek meghatározásra az éves működési napok száma, beleértve a

hétvégeket és munkaszüneti napokat, továbbá a napi működési órák számát, beleértve az adott rendszerek szabályozási módját és jellegét. Ezek tükrében adódik az épületekre a működési óraszám:

táblázat 6-2 - A működési óraszámok meghatározása

Épületek megnevezése	Működési időszak [h/nap]	Napok száma [nap/év]	Összes működési órák száma [h/év]
Polgármesteri Hivatal	12	150	1800
Hétszínvirág Óvoda	12	150	1800
GAMESZ	10	150	1500
Bölcsőde	10	150	1500

Kiegészítő információként megemlítendő, hogy egy átlagos családházra a nem részletes, 7/2006 TNM Rendelet által meghatározott számítási módszer szerint 180 napon keresztül napi 12 órát szokás számolni.

6.1.2. KAZÁN HATÁSFOK

Szükséges vizsgálni az épületek hőtermelői oldalán az energiaátalakítási hatásfokot, azaz, hogy egységnyi energiát tartalmazó vezetékes földgázból, milyen arányban alakul át termikus energiává.

Az említett energetikai korszerűsítés három épület esetében a hőtermelői oldalt is érintette. Ennek tükrében a Polgármesteri hivatal, a Hétszínvirág Óvoda és a Bölcsőde esetében korszerű kondenzációs kazánok hatásfokát kell vizsgálni. Azonban a Gamesz iroda helységeit, egy hagyományos nyílt égésterű gázkazán látja el fűtési melegvízzel.

táblázat 6-3 - Az épületek hőtermelőinek hatásfoka

Épületek megnevezése	Kazán típusa [-]	Kazánhatásfok [-]
Polgármesteri Hivatal	kondenzációs	95%
Hétszínvirág Óvoda	kondenzációs	95%
GAMESZ	nyílt égésterű	86%
Bölcsőde	kondenzációs	95%

6.1.3. PRIMER HŐTELJESÍTMÉNY KISZÁMÍTÁSA

A fentebb kiszámolt adatok rendelkezésre állása okán most már kiszámolható, hogy a vizsgált épületekre mekkora minimum beépített hőteljesítményt kell tervezni, a gyakorlati megközelítés szerint.

Ahhoz, hogy kilowatt dimenziójú végeredményt kaphassunk, a következő képletet kell használni:

$$Q [kW] = \frac{\dot{Q}_{gáz} [GJ/év] \cdot \eta_{kazán} \cdot 1000 [KJ/GJ]}{\tau_{működési} [h/év] \cdot 3600 [sec/h]} \quad (6.1)$$

Ahol,

- $Q [kW]$, szükséges minimum beépített teljesítmény
- $\dot{Q}_{gáz} [GJ/év]$, éves gázfogyasztás
- $\eta_{kazán} [-]$, kazánhatásfok
- $\tau_{működési} [h/év]$, éves működési órák száma

A négy épületre elvégzendő 6.1-es képlet alkalmazásával kapott eredményeket az alábbi táblázat foglalja össze:

táblázat 6-4 - Az épületek teljesítmény- és energiaigénye

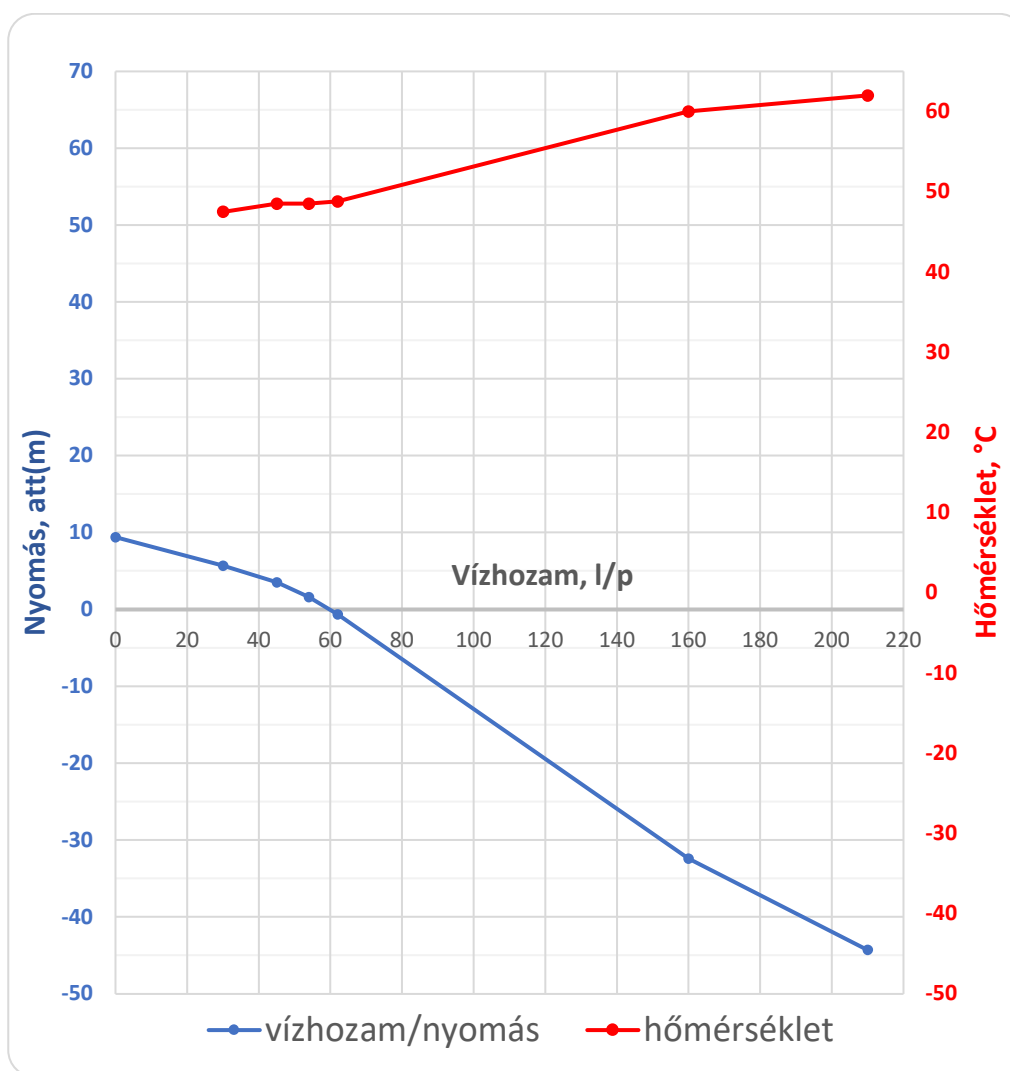
Épületek megnevezése	Minimum teljesítmény [kW]	fajlagosítás alapterületre [kWh/m ²]	Alapterület [m ²]
Polgármesteri Hivatal	18,24	76,79	450,00
Hétszínvirág Óvoda	39,32	82,78	900,00
GAMESZ	9,34	135,70	100,00
Bölcsőde	15,66	98,90	250,00
Összesen:	82,55		

A számítások tehát azt eredményezik, hogy nettó 83 kW összesített teljesítmény mellett a gázfogyasztási adatok alapján 530 GJ hőenergiára van szükség. Ez az a teljesítményérték, amelyet a távhőrendszer szekunder közegének átad a primer körben keringtetett lágy víz a hőcserélőkön keresztül. A továbbiakban vizsgálandó, hogy elérhető-e ez az érték az ismertetett hőforrással és kialakítandó rendszerrel, és ha igen, akkor milyen módon.

6.2. Kinyerhető és szükséges hőteljesítmény

Ahogy azt a táblázat 4-1. is prezentálja, a vizsgált geotermikus kút különböző felszínre juttatott nyersvíz-térfogatáramok mellett különböző hőmérsékleti értékeket tud produkálni. E tény tükrében, több eset megvizsgálása szükséges ahhoz, hogy kellően reprezentatív képet szolgáltasson a tanulmány, hogy az adott eset milyen igények kielégítésére tervezhető.

Az alábbi diagram közös felületen ábrázolja a nyomás alakulását, a kifolyó víz hőmérsékletét a felszínen mért térfogatáram függvényében:



ábra 6-1 - A kútteljesítmény-mérés eredménye

A 6-1. ábra jó kiindulási alapot nyújt ahhoz, hogy meg tudjuk határozni azt a szükséges három esetet, amelynek összehasonlítása szükséges az átfogó kép nyerése érdekében. Ezen esetek a következők:

1. Kompresszorozás nélkül elért legmagasabb vízhozamhoz eső hőmérséklet

2. Legmagasabb elérhető vízhozam és hőmérséklet
3. A mért hőmérsékleti skála közepes értéke és ahhoz tartozó vízhozam érték

Ugyan három különböző esetet vizsgálunk, azonban vannak olyan tényezők, amelyek állandó nagyságban állnak rendelkezésre vagy kerülnek felvételre. Az ilyen tényezők a következők:

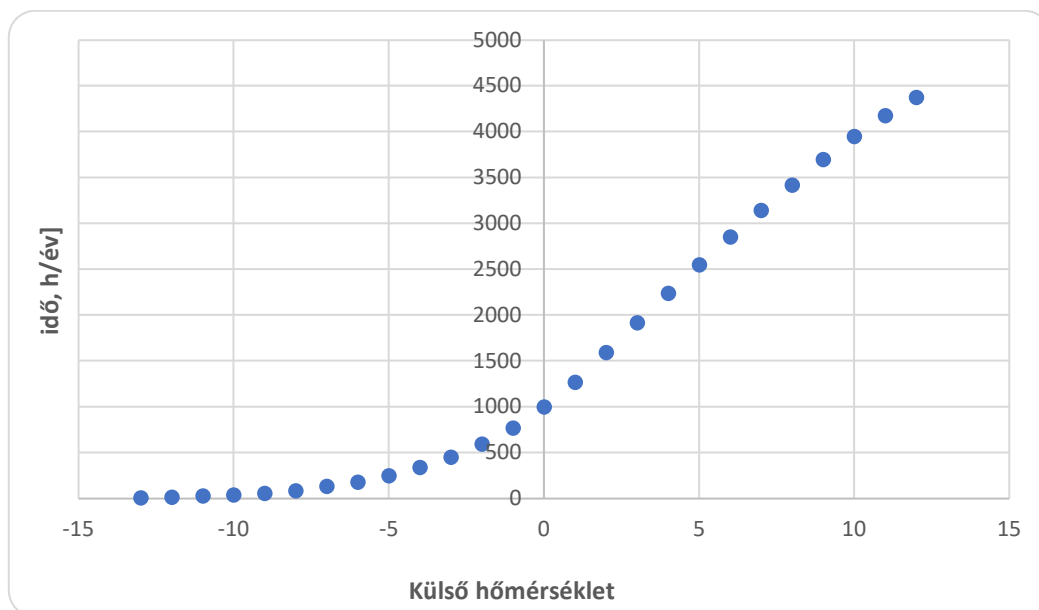
- Fűtési hőszükséglet: $Q_{fm} = 83 \text{ kW}$
- Méretezési külső levegő hőmérséklet: $t_{km} = -13 \text{ °C}$
- Méretezési belső levegő hőmérséklet: $t_{bm} = 22 \text{ °C}$
- Fűtési határhőmérséklet: 10 °C
- Külső hőmérséklet gyakorisága: t_k
- Fűtési hőmérséklet menetrend: $50/40 \text{ °C}$

Ezen bemenő adatok segítségével a Microsoft Excel szoftver segítségével kerültek a további számítások elvégzésre.

Az első lépés, hogy minden külső hőmérséklet értékre meghatározásra kerüljön a szükséges hőteljesítmény igény:

$$Q_f(t_k)[kW] = Q_{fm} \cdot \frac{(t_{bm} - t_k)}{(t_{bm} - t_{km})} \quad (6.1)$$

Ezen értékek ismeretével meghatározható, az adott hőmérsékletértékekhez szükséges bevezetendő hőmennyiség mértéke is, amelyhez szükséges adat a hőmérséklet-gyakorisági adatok óra/év dimenziójú változata. Ezen értékeket az alábbi diagram tartalmazza.



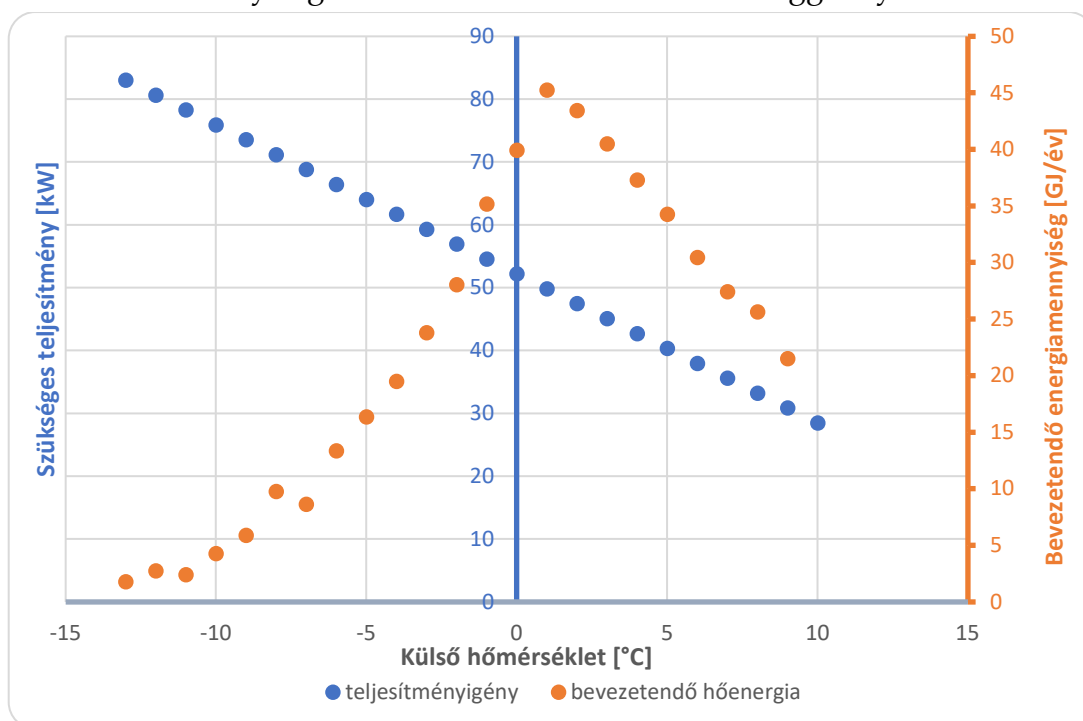
ábra 6-2 - Tartamdiagram

Az adott hőmérséklethez tartozó éves bevezetendő hőmennyiség számítási metodikája, az egymást követő külsőhőmérséklet értékekhez tartozó teljesítmény-átlag és a két hőmérséklethez tartozó gyakoriságkülönbség szorzatán alapszik.

$$\dot{Q}(tk)[Mj/év] = \frac{(Q_{tk,i} + Q_{tk,i-1})}{2} \cdot \Delta h \cdot 3,6 \quad (6.2)$$

A Δh , azaz a két egymást követő hőmérséklethez tartozó gyakoriságkülönbség eredeti értéke korrekcióra szorul, így figyelembe véve, hogy az épületek meglévő és tervezett fűtésrendszere is szabályozott működtetésű, tehát nem a nap 24 rájában operál.

Az alábbi ábra közös diagramterületen ábrázolja a szükséges teljesítményt és a bevezetendő hőmennyiség mértékét a külső hőmérséklet függvényében:



ábra 6-3 - A teljesítmény és a bevezetett energiamennyiség függése a külső hőmérséklettől

A bevezetendő hőmennyiség értékek összege adja meg, hogy az adott körülmények között, mennyi éves becsült fűtési hőmennyiség a fűtési idényben. Ez a korrekcióval ellátott érték 530 GJ-ra adódik, amely a gázzámlák alapján visszaszámolt fogyasztási értékhez illeszkedik.

Az említett 50/40-es fűtési menetrendet alkalmazva, a külső hőmérséklet függésű előremenő és visszatérő fűtési melegvíz hőmérséklet értékeket lehet vizsgálni. Ehhez első körben két viszonyított és két relatív mennyiséget szükséges bevezetni:

- előremenő víz és belső méretezési hőmérsékletkülönbség: $v_{em} = t_{em} - t_{bm} = 50 - 22 = 28\text{ °C}$

- visszatérő víz és belső méretezési hőmérsékletkülönbség: $v_{vm} = t_{vm} - t_{bm} = 40 - 22 = 18\text{ }^{\circ}\text{C}$
- radiátor állandó, hőszugárzásra vonatkozó katalógus érték: $n = 1,3$
- viszonyított teljesítmény szükséglet: $q = Q_{f(tk)}/Q_{fm}$

Ezek felhasználásával a következő képlet ad megoldást az adott külső hőmérséklethez tartozó előremenő víz hőmérsékletértékre:

$$t_{se(tk)} = t_{bm} + [(v_{em} - 0,525 \cdot (v_{em} - v_{vm})) \cdot q^{1/n} + 0,525 \cdot (v_{em} - v_{vm}) \cdot q] \quad (6.3)$$

Az előremenő víz hőmérsékletek ismeretében a visszatérő vize is számíthatóvá válik a következő módon:

$$t_{sv(tk)} = t_{se(tk)} - Q_{f(tk)} \cdot \frac{(t_{se,m} - t_{sv,m})}{Q_{fm}} \quad (6.4)$$

Az így kapott eredményekről általánosan mondható el, hogy a külső hőmérséklet növekedésével az előremenő hőmérséklet csökken, míg a visszatérő víz hőmérséklet nő, azaz közelítenek egymáshoz.

Az imént ismertetett lépést követő számítások az éppen vizsgált esetre specifikusak, ezért azokat külön fejezetekként kell taglalni. Mindegyik esetben szükség lesz egyedi értékek előzetes kiszámítására, amit az excel-es számítórendszer felhasználhat:

- primer közeg hidraulikai jellemzői
- az adott mért értékek melletti kinyerhető legnagyobb teljesítmény kiszámítására.
- A hőmérsékletesések összege

Szükséges ismertetni, hogy a függvényezés úgy történt meg, hogy az épületekben meglévő gázkazános rendszer megmarad, és ahhoz párhuzamos kötéssel csatlakozik a távhő rendszer, meghagyva ezzel az eshetőségét a kevés rendelkezésre álló geotermális forrású hőmennyiségnek. Ezzel úgynevezett hibrid hőforrású fűtési rendszer keletkezik, ami azonban nem teszi lehetővé azt, hogy a két különböző hőforrású mód, egyszerre működjön.

A hőtechnikai számítások három különböző esetre lettek elvégezve. Ezen három pont a kútteljesítmény-mérés teljes intervallumát lefedi, azaz egy maximális víztermelés, egy minimális víztermelés és egy köztes eset kerül megvizsgálásra. Mind három esetnek három bemenő adata van:

1. Víz hőmérséklet
2. Térfogatáram
3. Maximális kinyerhető teljesítmény

6.2.1. MAXIMÁLIS SZIVATTYÚZÁS NÉLKÜLI ESET

Ebben az esetben azt feltételezzük, hogy a rendelkezésre álló kút maximális természetes nyomását kihasználva, azaz természetes módon, gépi beavatkozás nélkül engedjük a termálvíz felszínre lépését, majd az első hőcserélőbe való jutását. Ez utóbbi folyamathoz feltételezzük, hogy a rendelkezésre álló természetes nyomás képest átkeringtetni a nyers vizet a hőcserélő ellenálláson.

Ebben az esetben a rendelkezésre álló alap paraméterek a 6-1. ábra alapján:

- Vízhőmérséklet: 48 °C
- Térfogatáram: 54 l/p
- Maximális kinyerhető teljesítmény: 38 kW

A feltételezések szerint a gáztalanítás és a hőcsere során 1-1 Celsius-fokos hőmérsékletesés lesz tapasztalható, így a primer körben keringtetett víz hőmérséklete már csupán 46 °C értékű lesz. Ahhoz, hogy a szekunder kört tudjuk vizsgálni, szükséges a primer kör hidraulikai elemzése is.

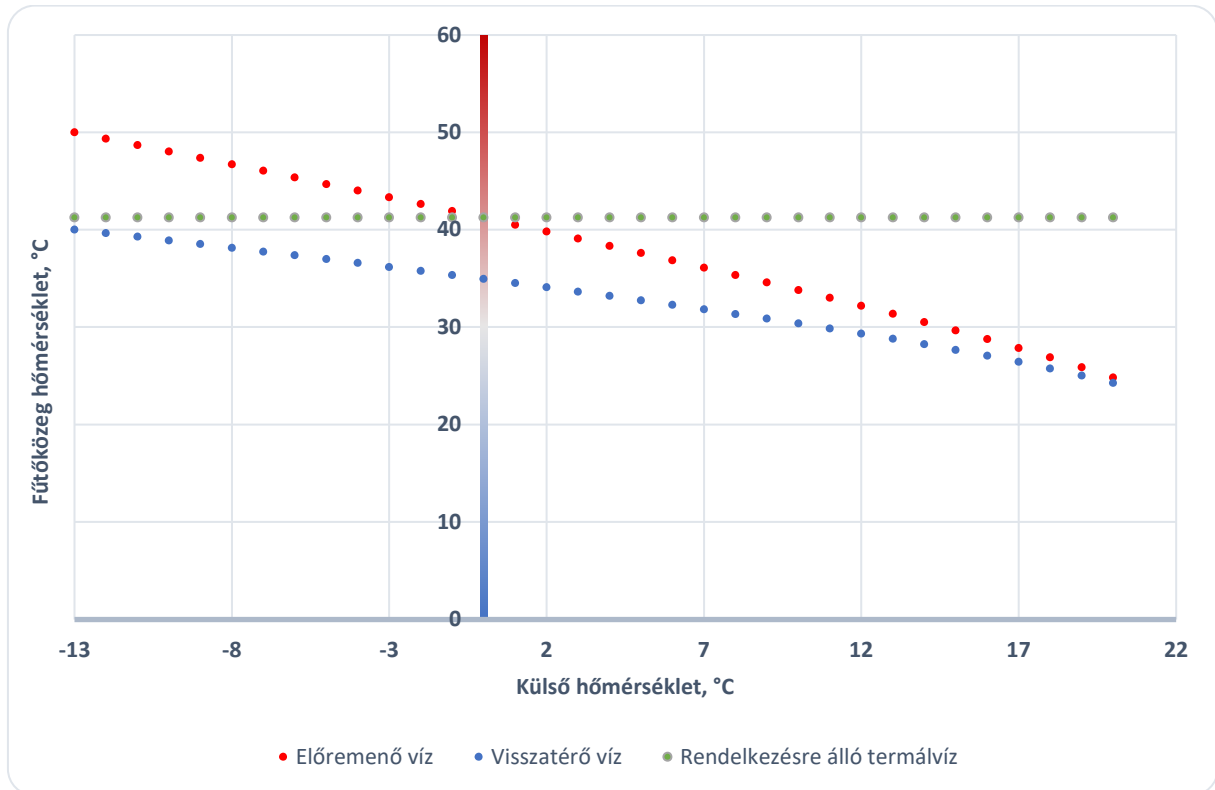
Kiinduló feltételezésként szükséges lefektetni a tényt, hogy a primer körben keringtetett közeg térfogatárama azonos értékű legyen, mint a kútból feltörő nyers vize. A kiválasztott Rehau Insulplex UNO SDR 11-es típusú előre szigetelt tekercselt távhő vezeték méretezése a gyártó által rendelkezésre bocsátott műszaki tájékoztató alapján történt. [19.] Az alább látható táblázat a hidraulikai és hőtechnikai számítások alapértékeit és eredményeit tartalmazza a primer kör előremenő szakaszára:

táblázat 6-5 - hidraulikai és hőtechnikai számítás összefoglalása

Távvezeték hossza	<i>m</i>	2150
hőmérséklet	°C	46
primer térfogatáram	<i>l/s</i>	0,91
méret, diagram alapján	<i>mm</i>	50
fajlagos hőveszteség	<i>W/m</i>	6,8
összes hőveszteség	<i>kW</i>	14,62
hőmérsékletesés	°C	3,85
fajlagos nyomásveszteség	<i>Pa</i>	200
összes nyomásveszteség	<i>kPa</i>	430
használható hőmérséklet	°C	42,15

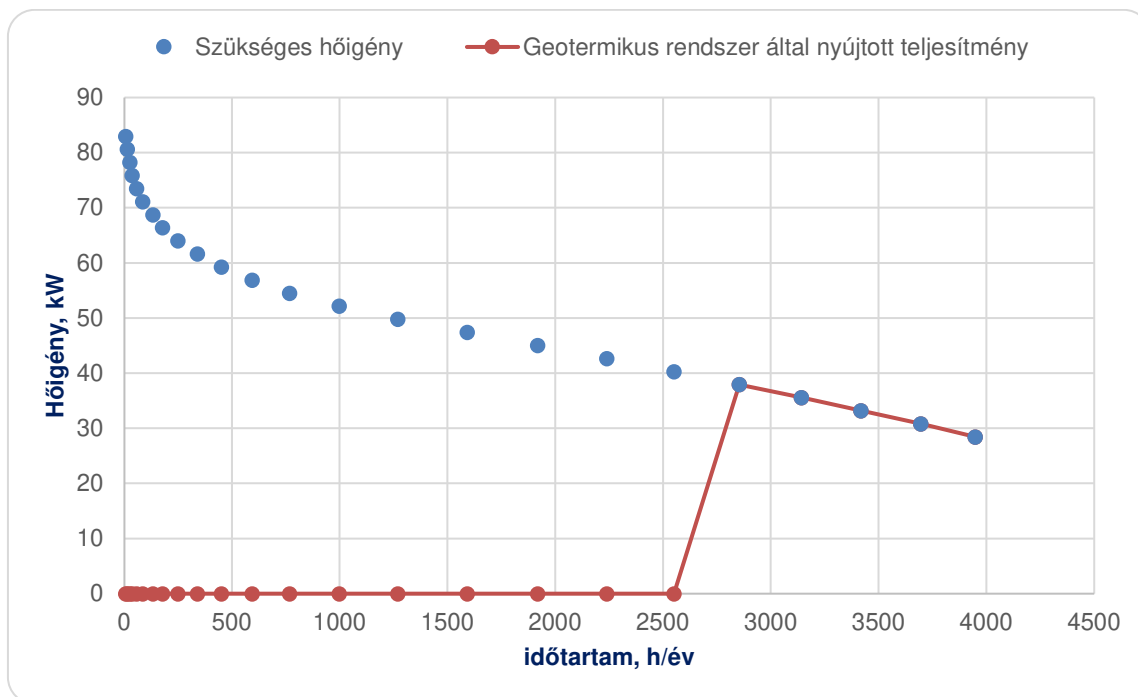
Az eredmény, miképpen a 2150 méter hosszú előremenő távvezetéken 3,85 °C-os hőmérséklet veszteség realizálható, tovább korrigálandó a primer és a szekunder kör közötti hőcserélő hatásfokával. Ennek tükrében további egy fokos hőmérsékletet

feltételezve, a szekunder köri előremenő maximális vízhőmérséklet $41,15\text{ }^{\circ}\text{C}$ értékűre adódik. Ezt az értéket betáplálva az excelben megfelelően függvényezett rendszerbe a következő rendszer jellemző diagramok válnak ismertté:



ábra 6-4 - a szekunder körben uralkodó hőmérsékletek alakulása a külső hőmérséklet függvényében

A 6-4. ábra kitűnően szemlélteti, hogy a rendelkezésre álló $41,15\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os hőforrás a meglévő fűtésrendszerben leghamarabb $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os külső hőmérsékletnél bizonyul elegendőnek. A maradék esetben ebben az esetben nem lehet kifűteni az igényeknek megfelelően a komforttereket. Tekintettel arra, hogy a párhuzamos üzem nem biztosított, így azon esetekben, amikor a rendelkezésre álló termál-hőteljesítmény nem elegendő, a meglévő kondenzációs gázkazán alapú módszert szükséges alkalmazni.



ábra 6-5 – A geotermikus hőforrás kihasználhatósága

A 6-5. ábra prezentálja, hogy a fűtési időnyben mekkora lefedettséggel alkalmazható a geotermikus távfűtés. Jól látható, hogy az időszak nagy részében a meglévő gázkazános rendszerre van szükség, miközben a kialakított geotermikus távhőrendszer kihasználatlanul „pihen”. Gazdasági szempontból ez egy pazarló eset és rendkívüli módon kitolja a megtérülési időpontot, míg a földgáztól való függetlenedés sem tapasztalható kielégítő mennyiségben.

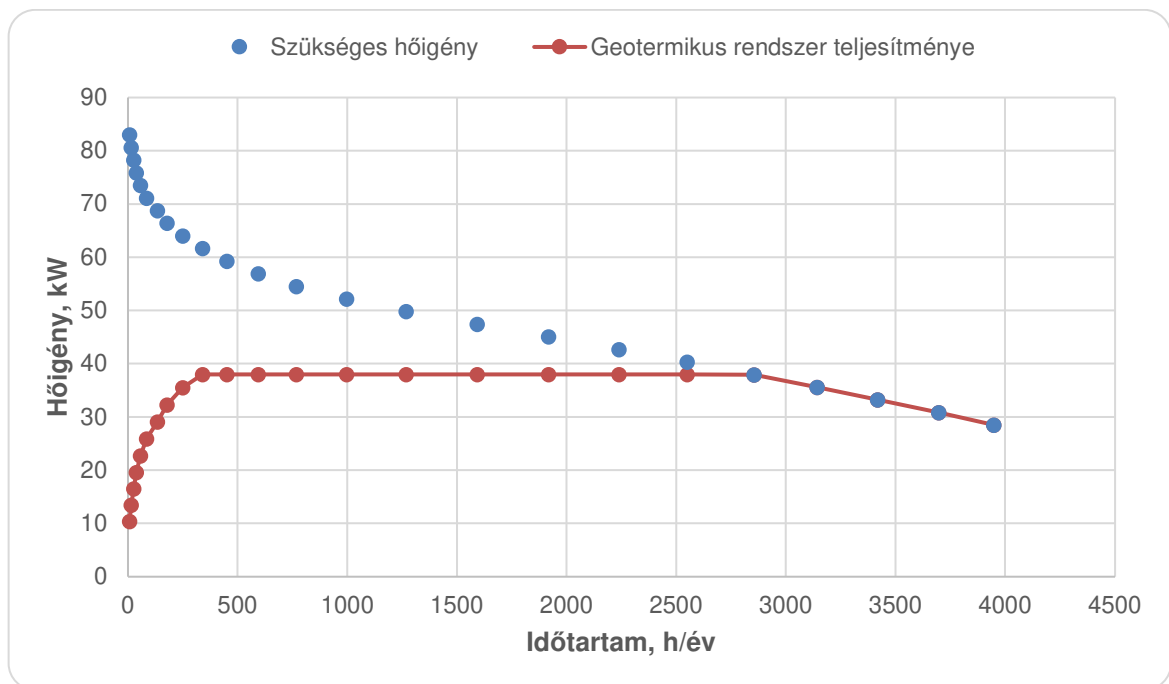
Ebben a nem túl kedvező esetben az 530 GJ éves fűtési energiaigény csupán 23%-a fedezhető a geotermikus hőforrással, a maradék, a teljes energiaigény $\frac{3}{4}$ -ét pedig a meglévő gázkazános rendszerrel kellene fedezni.

A jelenlegi számítások során a két rendszer egymáshoz képest párhuzamosan van kötve, ezzel azt lehetővé téve, hogy vagy az egyik, vagy a másik rendszer működjön. Jelen esetben érdemes lehet megvizsgálni azt az eshetőséget, amikor a két rendszer egymáshoz képest sorba van kötve, azaz a távhő primer köre után a szekunder körbe van bekötve a meglévő kondenzációs gázkazán.

Ennek jelentősége pontosan azokban az esetekben lakozik, amikor a geotermikus forrás nem képes kellő teljesítményt biztosítani, ugyanis így a gázkazán egy utófűtőként tud rádolgozni a szekunder közegre.

Az csőszereelési munkálatok ugyan bonyolódna, ugyanis ilyen esetekben célszerű egy megkerülő kört is integrálni, hogy feleslegesen nem menjen keresztül a közeg a gázkazán által prezentált ellenálláson.

Soros kapcsolási séma mintáján a 6-5-ös diagram mintájára a következőképp alakul a geotermikus hőforrás kihasználhatósága



ábra 6-6 - A geotermikus hőforrás kihasználhatósága soros kapcsolás esetén

A 6-6-os ábra kitűnően szemlélteti a geotermikus rendszer tehermentesítő funkcióját a meglévő fűtésrendszer irányába. Ebben az esetben már jóval előnyösebb kihasználási arányt lehet elérni az előző 23%-os értékhez képest, ugyanis a teljes 530 GJ energiaigény 79%-át képes biztosítani a geotermikus rendszer. Ez a mennyiségi különbség a geotermikus rendszer teljesítmény görbe alatti területén is látszódik.

Ugyan a hőközponti rendszer bonyolultabb, de a magasabb kihasználtság érdekében érdemes ennél az esetnél soros kapcsolást alkalmazni.

6.2.2. KÖZTES ESET

A teljes eseti vizsgálat érdekében szükséges egy köztes hőmérsékleti állapot vizsgálata is. A minimális és maximális eddigi vizsgált állapotok közé, az 55 fokos mértani közép értéke kerül megvizsgálásra. Ezen érték a kút természetes nyomásával nem fenntartható, azaz szivattyúzási munkára van szükség. Erre ennél az értéknél két lehetőség van, felszíni vagy ún. csőszivattyú beépítése a rendszerbe, amely már az első hőcserélőn keletkező nyomásesést is kezelni tudja.

Mivel a 4-1-es táblázat mért értékei között ilyen érték nem szerepel, így a 6-1-es ábra segítségével kerül meghatározásra az adott hőmérséklethez tartozó térfogatáram:

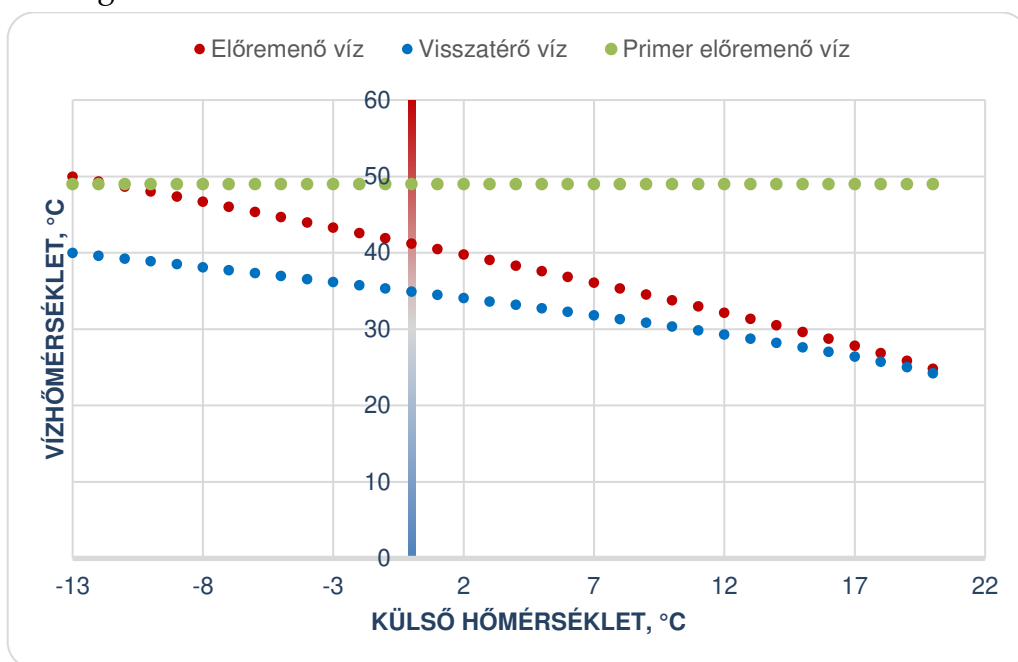
- Vízhőmérséklet: 55 °C
- Térfogatáram: 100 l/p
- Maximális kinyerhető hőteljesítmény: 70 kW

A potenciális hőmérsékletlépcsők ugyanazon helyen keletkeznek, mint az előző két esetben. Első tételként a nyersvíz gáztalanítása, amelyen 1 °C hőmérsékletesést feltételez a számítás, majd a kezelt víz hőcseréje, amelyen a pinch-point 2°C. Szükséges továbbá számolni a hőcsere után a primer kör 2150 méter hosszán realizálódó hőveszteséggel, ennek az értékét és az ehhez tartozó további műszaki paramétereket a következő táblázat tartalmazza:

táblázat 6-6- Hidraulikai és hőtechnikai számítás összefoglalása

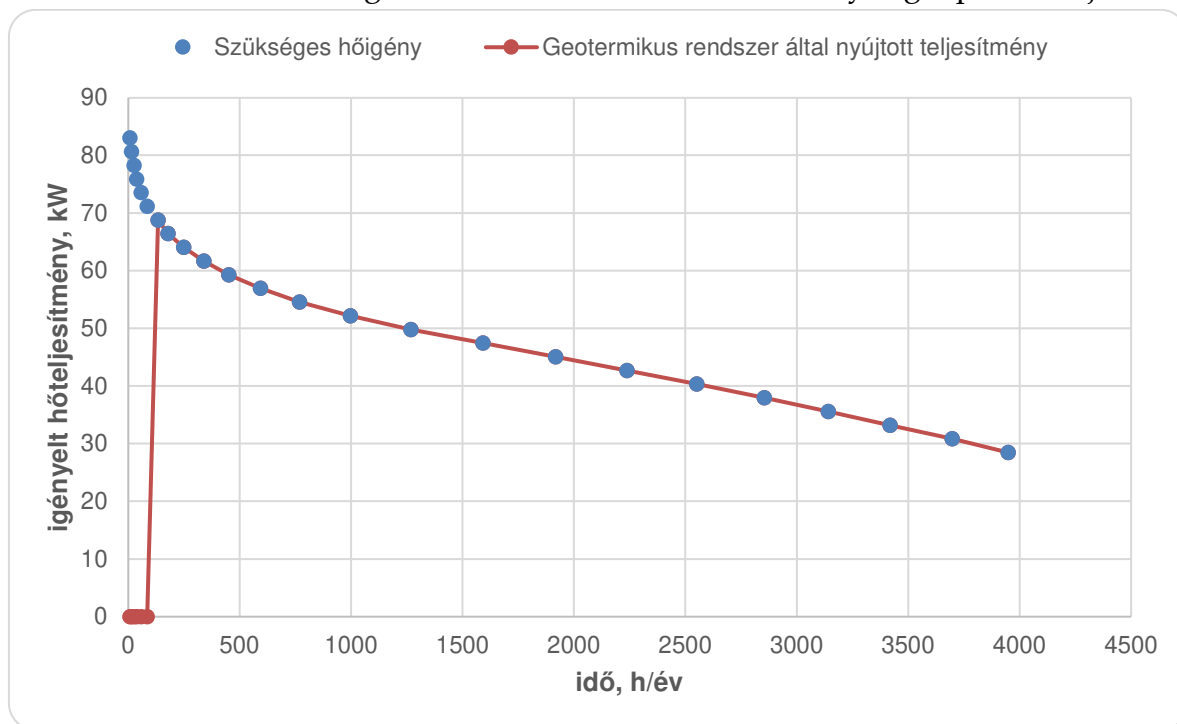
Távvezeték hossza	m	2150
hőmérséklet	°C	52
primer térfogatáram	l/s	1,863
méret, diagram alapján	mm	63
fajlagos hőveszteség	W/m	7,7
összes hőveszteség	kW	16,56
hőmérsékletesés	°C	2,125
fajlagos		
nyomásveszteség	Pa/m	160
összes nyomásveszteség	kPa	344
használatos hőmérséklet	°C	49,88

A primer oldal külső méretezési állapotában elérhető maximális előremenő vízhőmérséklet, a primer-szekunder hőcserét követően maximum 49°C értékre adódik. A következő diagram prezentálja, hogy a szekunder körben alakuló előremenő-visszatérő hőmérséklet-igény lefutásokhoz mérten, milyen módon illeszkedik a geotermikus hőforrásból elérhető előremenő vízhőmérséklet:



ábra 6-7 - A szekunder kör hőmérséklet alakulásai a külső hőmérséklet függvényében

Ahogy az a diagramon látszik, csupán a leghidegebb időszakokban nem áll rendelkezésre kellő hőmérséklet az előremenő ágban, azonban -10 fok külső hőmérséklet felett, végig biztosítva van a kellő mértékű hőforrás. Ennek tükrében értelmezhető a tartamdiagram, ami a lefedhető fűtési mennyiséget prezentálja:



ábra 6-8 – A geotermikus hőforrás kihasználhatósága

Ahogy a diagramról leolvasható, a 70 kW maximális teljesítményt átadó távhő rendszer nem fed le az egész fűtési időnyre jellemző igényeket, a leghidegebb napokban a meglévő gázkazános rendszernek kell teljesítenie azokat. Ez azonban elenyésző, csupán 5%-os hiányt képez a teljes energiaigényben.

Összességében kielégítő eset a közép tartományos hőforrás hasznosítás, azonban ez semmilyen további szekunder, vagy akár tercier „energiacsapolást” sem tesz lehetővé. Felmerülhet a gondolat ennél az esetnél is, hogy soros kapcsolás alkalmazására lehet igény, azonban a bonyolultabb kapcsolási rendszer feltételezhetően nem érné meg azon kevés időszakra, amikor a gázkazánnak egyedül, a geotermikus rendszert kikerülve kellene ellátnia a megfelelő előremenő vízhőmérséklet előállításának feladatát.

6.2.3. MAXIMÁLIS KÜTTTELJESÍTMÉNY ESETE

Ezen esetben a műszeres vizsgálatok összesítő dokumentumából vett [14.] legmagasabb vízhozam és hőmérsékletértékekkel elérhető mennyiségeket vizsgálja a dolgozat. Az 1974-es műszaki dokumentáció egyértelműen utal arra, hogy

kompresszorozással érték el ezt a maximális teljesítményét a hévízkútnak. Ez azt is jelenti, hogy a tartós működtetés esetén egy csőszivattyú beépítése is szükséges lenne, amely a gyakorlati szokások szerint 100-150 méter mélyre beépítve tud kellő nyomáskülönbséget létrehozni és biztosítani a fűtésre használni kívánt termálvizet, a következő értékekkel:

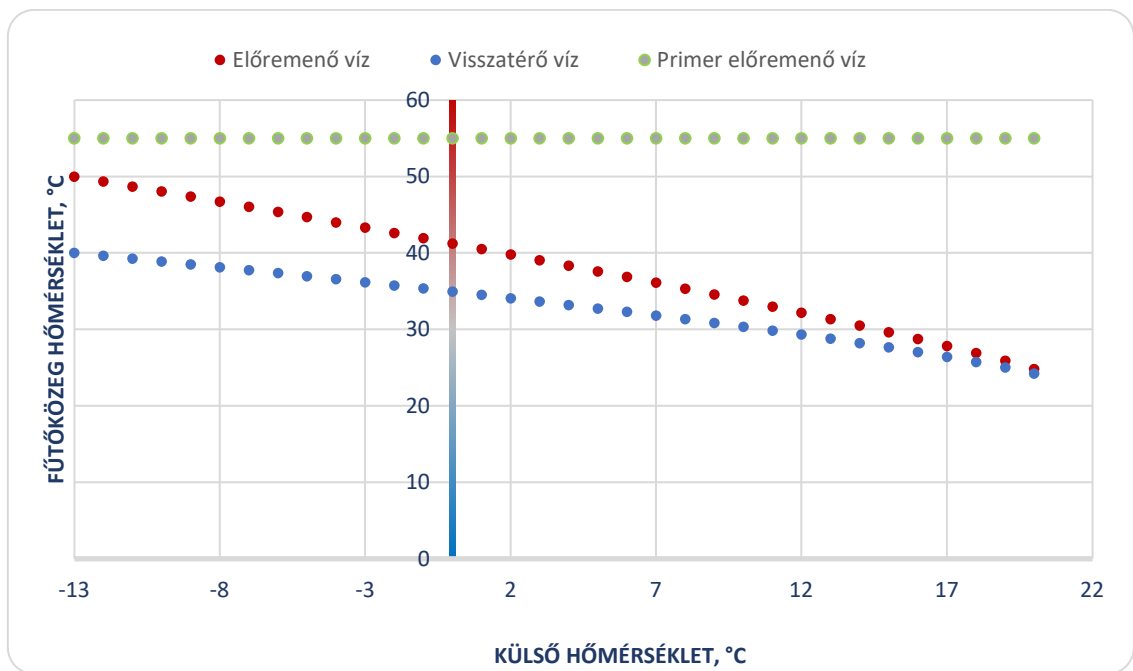
- Vízhőmérséklet: 62 °C
- Térfogatáram: 210 l/p
- Maximális kinyerhető teljesítmény: 147 kW

A nyers termálvíz felszínre törése után a rendszer koncepciója azonos, mint a többi esetben, azonban a kezdeti veszteségek máshogy alakulnak. A gáztalanító tartályban realizálható veszteség továbbra is 1 °C-ra, míg a hőcserélőn képződő 3 °C-ra került felvételre. Ezen feltevések alapján a primerkörben keringtetendő közeg maximálisan 58°C-os hőmérsékletű. A további primer körre értendő hidraulikai számítások összefoglalását a 6-6-os táblázat végzi el.

táblázat 6-7 – Hidraulikai és hőtechnikai számítás összefoglalása

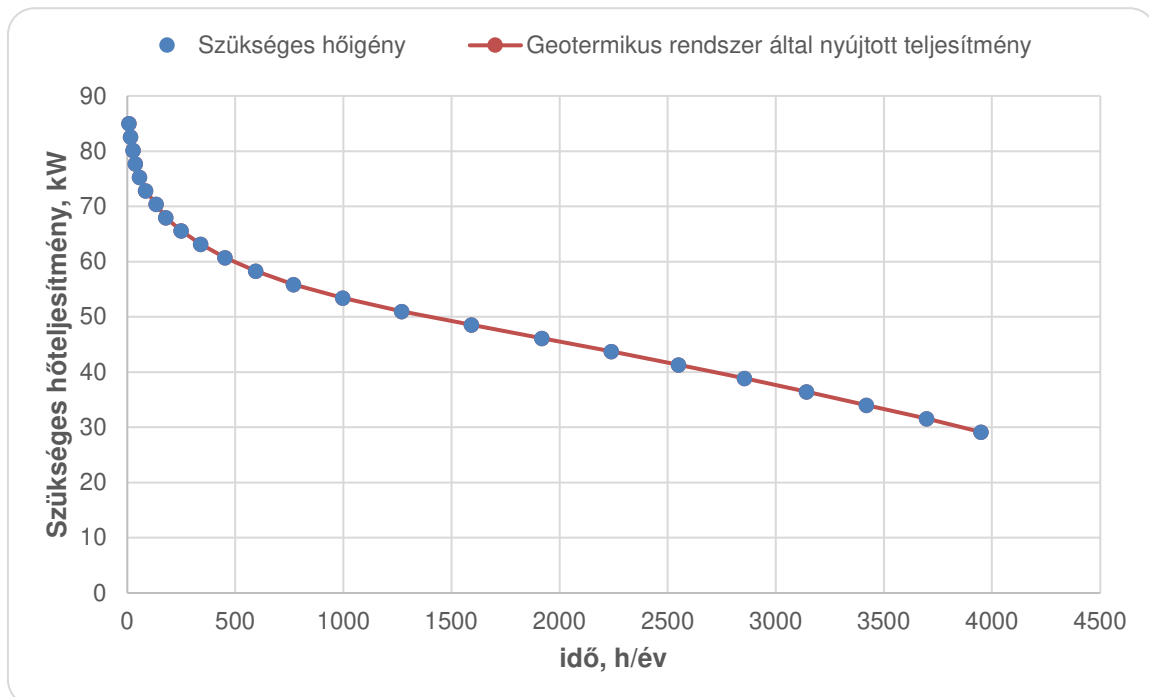
Távvezeték hossza	<i>m</i>	2150
hőmérséklet	°C	58
primer térfogatáram	<i>l/s</i>	3,51
méret, diagram alapján	<i>mm</i>	75
fajlagos hőveszteség	<i>W/m</i>	9,6
összes hőveszteség	<i>kW</i>	20,64
hőmérsékletesés	°C	1,41
fajlagos nyomásveszteség	<i>Pa/m</i>	100
összes nyomásveszteség	<i>kPa</i>	215
használható hőmérséklet	°C	56,59

A primer-szekunder hőcseréléssel korrigálva a kapott értéket, a vizsgált épületek fűtési rendszerében elérhető maximális előremenő vízhőmérséklet 55°C.



ábra 6-9 - A szekunder körben uralkodó hőmérsékletek alakulása a külső hőmérséklet függvényében

A fenti diagram kitűnően alátámasztja azt a megérzést, hogy a rendelkezésre álló előremenő víz hőmérséklet, a fűtési idény teljes egészében magasabb értékre adódik, mint az igényelt előremenő hőmérséklet. Ez egyben azt is jelenti, hogy a fűtési hőigény 100%-át le lehet fedni geotermikus hőforrással, ezt a következő diagram is szemlélteti:



ábra 6-10 – A geotermikus hőforrás kihasználhatósága

A szekunder köri hőmérsékletek adottak, méretezési külső hőmérséklet esetében 50/40°C hőlépcsővel működik. Mivel primer közeg rendelkezésre álló hőmérséklete 56,6 °C, így az 50 fokos szekunder előremenő hőmérséklet eléréséhez, valamivel alacsonyabb értékű térfogatáram szükséges, mint a primer oldalon. Gyakorlatilag hőcserélési szempontból ideálisak az uralkodó hőmérsékletértékek, ugyanis az elérendő maximális 50 °C-os szekunder köri előremenő vízhőmérséklet minden esetben megvalósítható lesz, még egy feltételezett 95%-os hőcserélési hatásfokot figyelembe véve is.

Az a tény, hogy jelen esetben teljes mértékben kiválthatóvá válik a meglévő gázkazános fűtés nem vonzza magával egyértelműen azt, hogy ne párhuzamos módon kapcsoljuk be a távfűtési rendszert. Erre azért nem célszerű törekedni, ugyanis egy mentő alternatív lehetőség mindig hasznos a váratlan üzemzavarok esetére. Így a komfortterek kellő hőmérséklete többszörösen is biztosítva van a két fűtési rendszer által.

6.3. Választandó hőforrás

A vizsgált és bemutatott esetek tükrében célszerű azt választani, amelyik a legnagyobb üzembiztonsággal képes ellátni a fűtési energiaigényeket.

Ennek tükrében a harmadik verzió, azaz a maximális kútteljesítményt kihasználó eset alkalmazandó, amely választást számos érv támaszt alá. Annak ellenére, hogy ez bizonyulhat a legdrágább konstrukciónak, mégis ez rendelkezik olyan mutatókkal, amely mind gazdasági, mind ökológiailag maximális kihasználást tesz lehetővé, ezt alátámasztja a több lépcsős energiafelhasználás, amely a következőket eredményezi:

- Maximalizált energiahatékonyság
- Többszörös energiatakarékosság
- A rendelkezésre álló hőforrás teljeskörű felhasználása
- Energiapazarlás nélküli működtetés
- Többszintű megelégedettség

6.3.1. TÖBBLÉPCSŐS ENERGIAFELHASZNÁLÁSI KONCEPCIÓK

Mivel a kiválasztott hőforrású geotermikus rendszer nyers vízének maximális teljesítménye 147 kW 10°C hőesés esetén, azonban a fűtési energiával ellátandó épületek össze teljesítmény igénye csupán 83 kW, így további felhasználási lehetőségre van elérhető kapacitás, amely kihasználásával törekedni lehet arra, hogy a rendszer ne működjön pazarló módon. Mivel a kezdőhőmérséklet és a térfogatáram állandó, érdemes megállapítani azt a tényt, hogy a kinyerhető összteljesítmény egy tényezőtől függ, mégpedig a hőmérséklet eséstől, tehát, hogy mennyire képes a rendszer visszahűteni a nyers vizet.

Fontos megemlíteni, hogy a teljes fűtési rendszer szekunder köre élvezzi az abszolút prioritást az ellátásbiztonság szempontjából, így a további fogyasztók illesztését és méretezését úgy kell tervezni, hogy ne menjen az épületek komfortszintjének terhére.

A méretezési hőmérséklet pontjában, a szekunder körben uralkodó hőfoklépcső 50/40 °C. Ez az az érték, amit minden esetben biztosítani kell, amelynek rendelkezésre kell állni méretezési külső hőmérséklet esetében.

A primer közeget a szekunder kör nem tudja visszahűteni a térfogatáram különbség okán, így szükséges kiszámolni a primer közeg hőcserélés utáni hőmérsékletét.

$$\frac{\dot{Q}}{c \cdot \dot{m}} = \Delta t = \frac{83 \text{ kW}}{4,183 \cdot 1 \cdot \frac{0,063^2 \cdot \pi}{4} \cdot 1000} = t'_2 - t''_2 \rightarrow t''_2 = 48,64 \text{ °C} \quad (6.5)$$

A hőcserélési hatásfokot figyelembevéve a primer közeg lehűlt értéke 50 °C-ként vizsgálendő.

6.3.1.1. Mezőgazdasági felhasználás

Széles körben elterjedtnek mondható hazánkban a geotermális hőforrások mezőgazdasági célú felhasználása, amely alapvetően kétféle módon használatos az gyakorlatban: nyílt területek földfelszíni és üvegházak fűtésére.

Nyílt területeken a termálvíz, öntözésre és a talaj fűtésére egyaránt felhasználható. A meleg vízzel való öntözés egyik hátránya, hogy a nagy mennyiségű, földekre kijuttatott víz, a növényi kultúrát elárasztja. Ennek kiküszöbölését szolgálja a felszín alatti kombinált öntöző- és fűtőcsőhálózat kialakítása. A fűtőcsőhálózat önmagában, öntözőcsövek nélkül nem alkalmazható. Ugyanis a száraz fűtőcsövek környezetében jelentősen lecsökken a páratartalom. Az így kiszáradt talajréteg hőszigetelőként kezd működni. Legjobb megoldás tehát valóban a fűtés és az öntözés kombinációja. Itt azonban a termálvíz kémiai összetételét is figyelembe kell venni, mert a nagy sótartalom károsíthatja a növényeket. A talajfűtés egyébként sok szempontból rendkívül előnyös, ugyanis megelőzi a váratlan lehűlésből. [21.]

A mezőgazdasági felhasználáson belül a másik nagy terület az üvegházak, fólia sátrak, szárítók, állattartó telepek geotermikus energiával való fűtése. A fűtés mellett a hőhasznosítás további lehetősége a levegőfűvások termény-, zöldség- és gyümölcszsárlás, amely toronyban vagy rostélyon történik. 2006-os adatok szerint Magyarországon 208 termelőket használják a mezőgazdaságban hőhasznosításra. [20.]

A tanulmány esetében második fogyasztócsoporthoz, a vizsgált épületek után, üvegházi fűtés megoldást célszerű integrálni a tervezett rendszerbe. Ez egy olyan alkalmazhatósági lehetőség, amely megfelelő energiatartalom esetén rendkívüli energiamegtakarítási potenciált képes kiaknázni akár meglévő, akár újonnan épülő üvegházakban, melyek közül az utóbbinak helyi gazdasági serkentő hatása lehet és további szemléletmódváltást is eredményezhet, mindezt alacsony anyagi vonzattal kísérve.

A primer kör távhővezetési, hőveszteséggel korrigált, előremenő vízhőmérséklete 55°C az év teljes időszakában. Mivel a szekunder körben keringtetett víz szükséges maximális értéke csupán 50°C, amely a méretezési pontban, azaz -13°C külső hőmérséklet esetén fordul elő, így a hőcserélési munka fizikai korlátjai korántsem szűkösek, könnyen elérhető a kívánt hőmérséklet. Továbbá adódik az is, hogy a visszatérő, 40 °C hőmérsékletű szekunder víz nem fogja teljesen „magához” hűteni a primer közeget. Így primer közeg hőcserélés utáni hőmérséklete akár 48-49°C is lehet. Ezen érték bőven elég ahhoz, hogy az adott körhöz sorban kapcsoljuk be az új, üvegházi fogyasztót.

Az üvegházakban elterjedt fűtési módszernek számít mind a légfűtéses, mind a vízfűtéses rendszer. Az utóbbi használható az üvegházban lévő levegő vagy éppen a megművel talaj fűtésére. Tiszakeszi esetében célszerűbb az üvegház levegőjének

fűtésére geotermikus hőforrású megoldást találni, tekintettel arra, hogy a térségben elterjedt zöldségtermesztési gazdálkodás forma ezt a módot tudja kellőképpen alkalmazni.

Szükség van tehát egy következő víz-víz közegű hőcserélőre, amely egyik oldala a primer közeg visszatérő ága, a hasznosított oldala pedig az üvegház fűtésrendszere.

Ezek ismeretében, szükséges számolni egy kinyerhető teljesítményt, amelyre a következőképp kerülhet sor:

$$\dot{Q}_{\text{üvegház}} = c_{\text{víz}}[kJ/kgK] \cdot \dot{m}_{\text{víz}} \cdot [l/s] \cdot \Delta T \quad (6.6)$$

Az üvegházi fűtési körben keringő víz térfogat áramát egyenlőnek tekintendő a méretezési állapotban keringő primer közegével, ennek értéke a 6-6. táblázat elemei között olvasható le. Továbbá a hőmérsékletesést 12 °C értékűnek érdemes felvenni. Ezen értékek tükrében a 6.5 egyenletbe való behelyettesítés után a következő eredmény adódik:

$$\dot{Q}_{\text{üvegház}} = c_{\text{víz}}[kJ/kgK] \cdot \dot{m}_{\text{víz}} \cdot [l/s] \cdot \Delta T = 4,183 \cdot 3,51 \cdot 12 = 176 \text{ kW} \quad (6.7)$$

Ezen érték jóval nagyobbra adódik az előzetesen számított maximális kinyerhető teljesítmény értékkel. Ez a jelenség azért adódik, mivel az a számítás egyszeres hőfelhasználást feltételez, azonban így, másodlagos hőfelhasználás bekapcsolásával azt az értéket korrigálni szükséges.

Mivel egy újonnan megépülő üvegházi rendszer kerül koncepcionálásra, úgy az elérhető fűtési teljesítményre kell méretezni a kivitelezendő üvegház nagyságát.

Ehhez alapul szolgál egy működő példa, mégpedig Fülöpjakab térségében működő geotermikus fűtésű kertészet. Ez a kertészet összesen 25 000 m² üvegház fűtését látja el összesen 1,5 MW geotermikus teljesítménnyel [20.]. Ebből az értékből megengedett az arányosítás, ugyanis a mintakertészet esetében is zöldségtermesztés céljára használják az üvegházakat, amelyeket melegvizet rendszerű fűtéssel melegítenek kellő hőmérsékletre. Ennek tükrében Tiszakesziben a következő nagyságú üvegház kifűtésére elegendő a vizsgált geotermikus hőforrás másodlagos „megcsapolása”:

$$\frac{A_{FJ}}{Q_{FJ}} \cdot Q_{TK} = A_{TK} = \frac{25000}{1500} \cdot 176 = 2900 \text{ m}^2 \quad (6.8)$$

A számítások alapján tehát egy maximum 2900 m²-es zöldségtermelésre berendezkedett üvegház fűtési igényeinek ellátására lehet még felhasználható a Tiszakeszi K-24-es hévíz kút hőforrása.

6.3.1.2. Balneológiai felhasználás

Magyarországon a fúrt kutak nagy részét balneológiai célból hasznosítják, országunkban a legelső fúrás felhasználása is hasonlóképp végeredménnyel zárult. [20.] Nem volt ez másképp a vidéki városokban, falvakban sem, ugyanis a geológiai vizsgálati, vagy kőolaj kutatási háttérű fúrások során, ahol meleg víz tört fel, vagy semmilyen módon nem hasznosították, azaz elzáró szerelvénnel nullára fokozták a kútteljesítményt, vagy gyógyfürdőket alapítottak a forrás köré. A legritkább esetek közé tartozik, hogy a termálfürdő melegvíz forrása a strand területén kívül esik, összesen három helyen van így: Újpesti, Dandár utcai, Király gyógyfürdő. [20.] Ezen információk tükrében jöhetett létre az alábbi ábrán látható Magyarország balneológiai térképe:

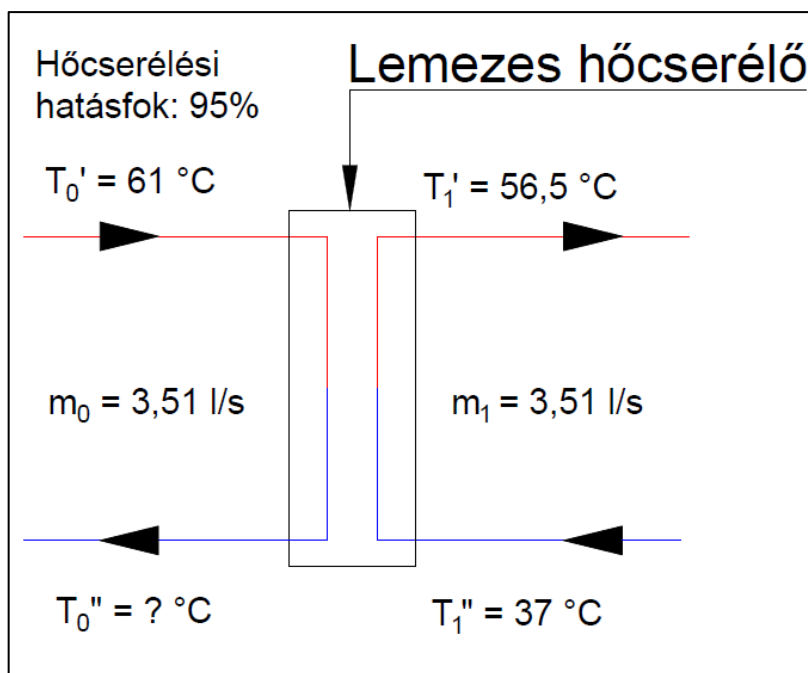


ábra 6-11 - Magyarország gyógyfürdői [23.]

E tanulmány esetében is felmerülhet a gondolat, hogy az amúgy is népszerű fürdőhely (Kocsortos) forrását miért ne lehetne ellenőrzött és szabályozott módon egy egyszerű kis fürdőként is hasznosítani?!

A balneológiai szabványok szerint, maximum 36-38 °C-os vízhőmérsékletű medencéket lehet emberi felhasználásra bocsátani. Ez az érték alapvetően illeszkedik is a komfortos termálfürdői élményhez, a felhasználónak ebbe a hőmérsékletű víz még pont kellemes belemártózni. Azt kell megvizsgálni, hogy miután megtörtént az épületek általi, majd pedig a felépítendő üvegház általi hőhasznosítás, rendelkezik-e kellő energiamennyiséggel a közeg. Ahogyan az az előző fejezetben is részletezve lett, az üvegházi hőcsere után, a primer közeg maximum 34-35 °C hőmérsékletű lehet, ez így már nem alkalmas egy kis medence vízének 36-38 fokra tartására.

Ugyan a primer közeggel nem lehet elérni sikereket balneológiai szempontból, viszont érdemes megvizsgálni a nyers víz szekunderkörének hőtartalmát. Mire a primer közeg visszaér a hévízkúthoz, újból 2150 métert kell megtennie. Ezalatt újabb 1,41 °C-ot hűl, mint ahogyan azt a 6-6. táblázat ismerteti. Ennek tükrében a hévíz forrásnál lévő hőcserélő két oldalán (nyers-primer) a következő hőmérsékletek uralkodnak:



ábra 6-12 - A nyersvíz és a primer közeg közötti hőcserének sémája

A 6-13-as ábráról leolvasható értékeket a következő egyenletbe kell behelyettesíteni, hogy a nyersvíz visszatérő hőmérséklete meghatározásra kerüljön:

$$\dot{Q}_0 = \dot{Q}_1 = c_0 \cdot \dot{m}_0 \cdot (T'_0 - T''_0) = \eta \cdot c_1 \cdot \dot{m}_1 \cdot (T'_1 - T''_1) \quad (6.9)$$

Az egyenlet egyszerűsítése és behelyettesítése után a következő eredmény adódik:

$$T''_0 = -T_0^1 + \eta \cdot (T'_1 - T''_1) = 61 - 0,95 \cdot (56,5 - 37) = 42,5 \text{ °C} \quad (6.10)$$

42,5 °C hőmérsékletű tehát a nyers víz a hőcsere után. Ez bőven elegendő ahhoz, hogy a forrás mellett, egy kis medence kerüljön kialakítása, amelyben a tiszakeszi lakosság, vagy az odalátogató turisták átélhetik, a magas oldott ásványi anyag tartalmú víz által nyújtott élvezeteket.

Mivel 36-38°C-os lehet a maximális hőmérséklet, így a téli párolgási hőveszteségek mellett is fenn lehet tartani a kívánt értéket a 42,5°C hőmérsékletű tápvízzel.

7. A TERVEZETT / KIVÁLASZTOTT RENDSZER INTEGRÁLÁSA

7.1. Szükséges rendszerelemek és kivitelezési feladatok

Mindenféle munkálatok előtt a legszükségesebb feladat, amelynek a legnagyobb ráhatása van a koncepció megvalósíthatóságának, a tulajdonosi háttér részletes megvizsgálása.

A rendszerváltozás után bekövetkező privatizálva lett az a földterület, amely magába foglalja a kocsortost is. Jelenleg egy szlovák cég nevére van bejegyezve ez a csaknem egy hektárnyi terület.

Feltételezhetően a megvalósítás csak akkor kezdődhetne el, ha az önkormányzatnak sikerülne megvásárolni a földterületet.

Szükséges továbbá az ismertetett többszörös felhasználás alapján kiszámolni a végleges teljes hasznosított teljesítményt, amelyet természetesen a nyers víz értékeire kell számolni:

$$\dot{Q}_{teljes} = c_{v\acute{z}} \cdot \dot{m}_{v\acute{z}} \cdot (T'_0 - T''_0) = 4,187 \cdot 3,51 \cdot (61 - 42,5) = 272 \text{ kW} \quad (7.1)$$

7.1.1. FORRÁS

Ahhoz, hogy a maximális kútteljesítmény létrejöhessen, nyomásfokozó csőszivattyú integrálása szükséges. Ennek kiválasztása szakember munkáját igényli, annak ellenére, hogy különböző gyártók széles választéka áll rendelkezésre. Egy olyan búvárszivattyúra van szükség, amely képes folyamatosan szállítani a 62 °C-os közeget 4,43 bar nyomáskülönbséget (4-1. táblázat alapján) létrehozva.

A szükséges berendezések listájában a következő elem a homok/iszapszűrő továbbá a gáztalanító tartály. Ezek elengedhetetlen elemei az elérhető legmagasabb szintű üzembiztonság elérése érdekében, hogy a hőcserélőre a lehető legtisztább víz érkezzon.

Talán a legfontosabb eleme a geotermikus rendszernek a nyers-primer közeg közötti hőcserélő kiválasztása. Ahogyan korábban említésre került, kettő beszerelése szükséges, amelyek egymás teljes értékű alternatívái. Mindkettőnek szerelhető kivitelűnek kell lennie, a karbantartási munkák lehetőségét ezzel biztosítva. Azon túl, hogy a hőcserélők méretezését a kinyerhető teljesítményre kell méretezni az ismert hőmérsékleti adatok függvényében, optimalizálni kell a rajta/benne keletkező nyomásesést is. Jellemzően 10-50 kPa [24.], amelyet egy keringtető szivattyú segítségével kell tudni legyőzni.

Így történhet meg tehát a hőcsere, ami után a nyers víz szekunder köre kezelésre szorul, ezen feladat a 7.2-es fejezetben kerül ismertetésre.

7.1.2. PRIMER KÖR

A hőcserélés után következik a hőszállító közeg rendszerének kiépítése, azaz a távhővezeték fektetése. A kiválasztott előre szigetelt távhővezeték gyártója egyértelmű utasítást ad a fektetési módszerekre, továbbá a gyártói katalógus alapján méretezésre tud kerülni a mind hőtechnikailag, mind áramlástanilag, amelyet a táblázat 6-6- Hidraulikai és hőtechnikai számítás összefoglalása foglal össze.

A hőcsere után a rendszeren a következő ellenállások keletkeznek:

- Előremenő szakaszon keletkező áramlási veszteség
- A négy épület hőcserélőjének ellenállása
- Az üvegház hőcserélőjének ellenállása
- A visszatérő szakasz ellenállása
- Nyers-primer hőcserélő ellenállása

Ezen nyomáskereső helyeknek az összegéből adódik a rendszer teljes nyomáskereső, amelyekre pontos eredmény csak akkor lehet elérni, ha a hőcserélőknek megtörténik a pontos méretezése.

Ezen munkapontra kell tehát azt a változtatható tömegáramú keringtető szivattyút kiválasztani, amely integrálása a visszatérő ág azon szakaszába szüksége, hogy a szekunder oldallal összeköttetésben lévő hőcserélők mindegyik szívott áramlású vízzel legyenek ellátva. Ennek üzembiztonsági és szabályozhatósági szempontból van jelentősége.

7.1.3. SZEKUNDER KÖR

A szekunder körök, azaz a vizsgált épületek saját fűtésrendszereinek szabályozhatósága is jelentős fontosságú. A pillanatnyi hőigény, azaz a külső hőmérséklet és az épületben tartózkodók tükrében szabályozandó mind a primer oldali, mind pedig szekunder oldali térfogatáramok. Az ehhez szükséges berendezések, úgy, mint tolózárak, motoros beszabályozó szelepek, hőmérők minden egyes épület fűtési rendszer elengedhetetlen tartozékai.

Erre a piac abszolút fel an készülő és többféle komplex megoldásokat tart nyilván a felhasználók számára. Így ez is egy kiválasztási feladat, majd pedig egy szakember által elvégzendő beüzemelési és monitorozási feladat.

Mivel az új rendszer párhuzamos kötéses összekapcsolással lett tervezve, ezért a meglévő kondenzációs gázkazánban található keringtető szivattyú két okból sem elegendő:

- Geotermikus üzemben kimarad a körből
- Ha nem maradna ki, akkor feltehetően nem tudna elég nyomás különbséget létrehozni ahhoz, hogy legyőzze a hőcserélőn keletkező ellenállást

Így minden épület szekunder köre igényel egy saját, az automatika rendszerrel kommunikáló keringtető szivattyút, amely bekötése a szekunderköri visszatérő ágba kell megtörténjen.

7.1.4. ÜVEGHÁZ

Az üvegház fűtési rendszere egy jóval egyszerűbb koncepció, amit a hőleadói oldalt jelenti, viszont mivel ez nem egy meglévő rendszerre való „rácsatlakozás”, ezért jelentős tételt képvisel majd a teljes költségvetésben.

Az ellenáramú forrasztott lemezes hőcserélőn keresztülmenő üvegházi szekunderkörnek is elengedhetetlen elemei a tágulási tartály, továbbá az elzáró és szabályozó szerelvények. Mivel itt nem komfort tér fűtése a feladat, így a rendszer-automatika nem elengedhetetlen. Azonban az egész projekt mondanivalója mögött az energiahatékonyság és fogyasztás-optimalizáltság támaszt alapot, ezért az üvegházban való termelés optimalizáció a követendő cél, amihez kellő az automatikusan szabályozó rendszer.

Fontos megjegyezni, hogy a keringtető szivattyú elhelyezése ebben az esetben is a hőleadás utáni szekunder ágba értendő.

7.1.5. STRAND MEDENCE

A 6.3.1.2-es fejezetben taglalt kiépítendő medence hangsúlya nem csak a rendelkezésre álló hőmérsékleten és térfogatáramon van, hanem a víz minőségére is. A magas oldott ásványi anyag tartalom feltételezhetően a szűrés, gáztalanítás és hőcsere során csökkenő tendenciát mutatna.

Ahhoz, hogy emberi felhasználásra lehessen bocsátani, a technológiailag felhasznált vizet, egy szigorú mérési vizsgálat-sorozatnak kell megtörténnie az engedélyeztetéshez.

Amennyiben megfeleltethető az erre vonatkozó szabványnak, úgy egy túlfolyós rendszerrel, állandó térfogatárammal áramoltatható az erre a célra kialakított medencébe a 42,5 °C-os víz a fűtési idényben. Az idényen kívüli időszakra is kell módot találni, ugyanis az év melegebb részében is van igény a termálfürdőzésre.

Ezen esetben, mivel sem a belterületi épületekben, sem pedig az üvegházban nincs szüksége fűtésre, ezért a hőcserélőt kikerülve, egyenesen a medencébe vezethető a víz, azonban a 62 °C-os víz túl meleg a direkt hozzáadáshoz, így erre a célra a hőcserélőt kikerülő szakaszba egy hűtő tárolót kell tervezni, mielőtt a medencébe lépne.

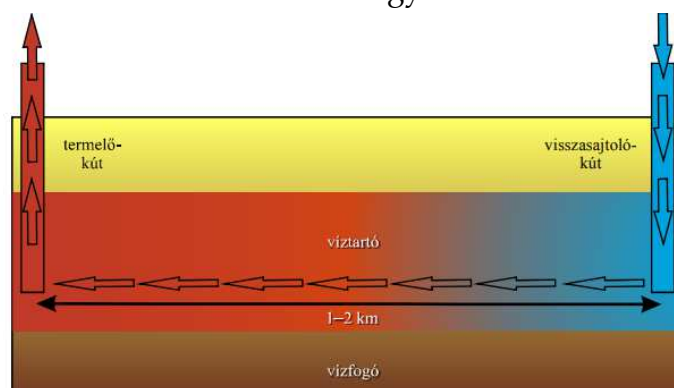
A koncepció szerint, a helyi lakosság ingyenesen vehetné igénybe a teljesen automatizált fürdőegységet, míg a látogató turisták belépő ellenében. Az automatizálás történhet névre szóló mágneskártyás beléptetőrendszerrel, az viszont a teljeskörű körbekerítést igényelne, amely csökkenti a természetességét a helyszínek, azonban az állandó személyzet fenntartása rendkívüli terheket és kivitelezésből eredő gondokat hozna maga után.

Ugyan szerény körülmények között, de minden igény biztosítva lenne a meghitt élmény átélésére. Cél egyben a kényelem és az eszközök biztosítása, úgy, mint az öltözők, padok, esetleg zuhanyozók, másrészt pedig a természetközelség is. Ennek tükrében egy olyan ideiglenesen fedés szükséges a medence fölé tervezni, amely a jó idő közeledtével elbontható ezzel biztosítva a közvetlen kapcsolatot a természettel.

7.2. A használt víz kezelése

A geotermikus rendszerek kialakításának fontos feladatkörébe tartozik a technológiailag felhasznált termálvíz kezelése. Két módszer áll rendelkezésre, a földbe való visszasajtolással, valamint a felszíni befogadóba történő elhelyezéssel. [25.]

A geotermikus rendszerekbe történő természetes vízutánpótlás kiegészíthető mesterséges visszatáplálással. A rezervoárból kivett folyadék zárt rendszerben történő felhasználása után speciális visszasajtoló-kutakon keresztül visszajuttatható a tározóba [20.], amennyiben az lehetséges, ugyanis a visszasajtoló kutat csak olyan geológiai környezetben lehet gazdaságosan létesíteni, mely képes arra, hogy elnyelje a kitermelt vizet, erre a töredezett karszt tökéletes. [25.] A kétkutas rendszerek elterjedése a technológiai fejlődést is eredményezte a témában, a sematikus visszasajtoló ábra az alábbiak szerint alakul a gyakorlatban.



ábra 7-1 - kétkutas alapmodell [20.]

Az ilyen rendszerek által jelentős mértékben lehet csökkenteni a felhasznált geotermikus energia kitermelésével járó kedvezőtlen környezeti hatásokat. Ugyanezen az elven alapul a kimerült, vagy kimerülő félben lévő geotermikus mezők „újraélesztése” is.

A visszasajtolás a jelen jogszabályok szerint nem kötelező, azonban a hasznosításból kikerülő termálvizek ártalommentes elvezetéséről, elhelyezéséről gondoskodni kell. Abban az esetben, ha nem ezt a módszert választjuk, úgy maradt a befogadóba való elvezetés. Ilyen esetekben az energetikailag felhasznált víz általában felszíni vízfolyásba, belvízelvezető csatornába, esetleg tavakba-tározókba kerül bevezetésre. Közvetlenül a felszíni vizekbe való vezetés abban az esetben valósulhat meg, ha az elfolyó termálvíz mennyisége elenyésző a befogadó vízmennyiségéhez képest, úgy a befogadó víz összetételében, hőmérsékletében nem következik be nagymértékű változás. [26.] Egy tanulmány szerint, Magyarország területén a termálvízzel terhelt befogadók mintegy 30 %-a esetében nem biztosított megfelelően a hígulás a jelenlegi termálvíz bevezetések mellett. Általában a nagy kitermeléssel jellemezhető dél-alföldi területeken korlátozott a hígulás mértéke, de számos dombvidéki termálkút vizének kis vízhozamú befogadója miatt sincs meg a kellő mértékű hígulás. [27.] Ennek elősegítése megtörténhet egy tározó vagy hűtő tó létrehozásával, amely költséges és helyigényes megoldásoknak bizonyulnak a gyakorlatban, ezért ritkán alkalmazzák [26.]

Jelen tanulmány esetében a felszínre szivattyúzott termálvíz főfelhasználási módja egyértelműen technológiai, azonban a felhasználási kör legvégére illesztett fürdőzésre szánt medence ezt a képet jelentősen átalakítja. Amennyiben a szükséges vízelőkészítések, szűrések és tanúsítványok kiállítása megtörténik, úgy a medencében elhasznált víz szennyvíznek számít, azaz arra nem vonatkoznak a visszasajtolási jogszabályok [26.]. Így egy lehetséges és legális módszer lehet az 1162 méter mélyről felszínre juttatott, három fő állomás során megcsapolt termálvíz elvezetése a csatornázási közműrendszerbe.

A nyers víz kezelésének kérdése egy morális és gazdasági kérdés egyben, ugyanis a költségoptimalizált verzió, az ez energiahatékonyság elveit abszolút nem követi, míg ökológiai és fenntarthatósági szempont szerint javasolt visszasajtolási mód rendkívüli beruházási költség növekedést okozna. Ezen döntés megvizsgálására a 8. fejezet fog kitérni.

8. GAZDASÁGI VIZSGÁLAT

Egy projekt megvalósíthatóságának egyértelmű feltétele és mutatója egy teljeskörű gazdasági vizsgálat. Az alapvető feladata az ilyen típusú elemzéseknek, hogy minél pontosabban megbecsülhesse a kivitelezéshez szükséges befektetendő összeget, tehát a teljes megvalósulási költséget, továbbá azt is, hogy a fajlagosan, legtöbbször évente mekkora költségmegtakarítást eredményez a projekt. Ezen két érték az alapja a megtérülési idő értékének ismeretének.

Jelen tanulmány esetében a Besenyszögben megvalósult geotermikus energiát hasznosító projekt értékei használatosak. A település polgármestere az adatok nyilvánossá tette és szabad felhasználásra bocsátotta. Természetesen nem feleltethető meg egymással teljes mértékben a két projekt, azonban a főbb berendezések megegyeznek, amelyek esetében arányosítási módszerrel számítandóak ki a pontos összegek. Fontos megjegyezni, hogy a rendelkezésre álló 2018-as árak módosításra szorulnak, tekintettel az elmúlt években bekövetkezett drasztikus ár növekedésre az elemek mindegyike kétszeres árral lettek felhasználva.

8.1. A beruházási költség meghatározás

A teljes költségű tervnek három fő összetevője van:

- Anyagköltség
- Munkadíj
- Üzemeltetési költség

Ezen összetevők részösszegeit kell tehát összegezni a teljes érték ismeréséhez.

8.1.1. ALAP ÉS ANYAGKÖLTSÉG

Ezen tételek összessége a magába foglalja az összes rendszerelemet, amely szükség a tervezett egység működéséhez, Továbbá azon alapvető elemeket, amelyek elengedhetetlen a projekt megkezdéséhez. A részletes listát a következő táblázat ismerteti.

táblázat 8-1 - Anyag és alapköltségek

Tétel megnevezés	Méret	Mennyiség (db/m/kl)	Egységár	Költség
Alap tételek				
Földvásárlás		1	10 000 000,00 Ft	10 000 000,00 Ft
Engedélyeztetés		1	2 000 000,00 Ft	2 000 000,00 Ft
Vízföldtani vizsgálatok		1	5 000 000,00 Ft	5 000 000,00 Ft
A kút állapotának felmérése		1	3 000 000,00 Ft	3 000 000,00 Ft
Csővezetékek és idomok				
REHAU Insulplex Uno SDR 11 PE-Xa	75x6,8	4500	22 738,30 Ft	102 322 350,00 Ft
REHAU Insulplex Uno SDR 11 PE-Xa	50x4,6	150	16 436,00 Ft	2 465 400,00 Ft
T idom préscsatlakozókkal	75/75/50	10	187 632,00 Ft	1 876 320,00 Ft
T idom préscsatlakozókkal	50/50/40	10	132 400,00 Ft	1 324 000,00 Ft
Hőcserélők				
Nyers-Primer hőcserélő	300 kW	2	642 188,00 Ft	1 284 376,00 Ft
HIVATAL Primer-szekunder hőcserélő	25 kW	1	78 875,00 Ft	78 875,00 Ft
BÖLCSŐDE Primer-szekunder hőcserélő	45 kW	1	134 156,00 Ft	134 156,00 Ft
ÓVODA Primer-szekunder hőcserélő	20 kW	1	48 800,00 Ft	48 800,00 Ft
GAMESZ Primer-szekunder hőcserélő	15 kW	1	39 550,00 Ft	39 550,00 Ft
ÜVEGHÁZ Primer-szekunder hőcserélő	200 kW	1	428 690,00 Ft	428 690,00 Ft
Szivattyúk				
Csőszivattyú	10	1	1 500 000,00 Ft	1 500 000,00 Ft
Nyers víz keringtető szivattyú	5	1	250 000,00 Ft	250 000,00 Ft
Primer körü keringtető szivattyú	3	1	750 000,00 Ft	750 000,00 Ft
Szekunderkörü keringtető szivattyú	1	4	300 000,00 Ft	1 200 000,00 Ft
Üvegházi rendszer keringtető szivattyúja	2	1	750 000,00 Ft	750 000,00 Ft
Táglási tartályok				
Nyersköri tágtartály	250	1	207 299,50 Ft	207 299,50 Ft
Primerköri tágtartály	500	1	414 599,00 Ft	414 599,00 Ft
Szekunderköri tágtartály	50	4	41 459,90 Ft	165 839,60 Ft
Üvegházi rendszer tágtartálya	150	1	124 379,70 Ft	124 379,70 Ft
Automatika				
vezérlő egység		5	42 000,00 Ft	210 000,00 Ft
3- járatú motoros szelepek		5	34 950,00 Ft	174 750,00 Ft
Hőmérséklet érzékelők		10	7 900,00 Ft	79 000,00 Ft
Elektromos vezeték		200	100,00 Ft	20 000,00 Ft
			ÖSSZESEN:	135 848 384,80 Ft

Jól látható, hogy a rendszer anyagköltségi összegzéséből jelentős hányadát képviseli az előre szigetelt távhőellátásra tervezett műanyag cső. Ezen a télen nem lehet spórolni, mivel a távolságok adottak.

8.1.2. KIVITELEZÉSI KÖLTSÉGEK

Amint rendelkezésre állnak a kivitelezéshez szükséges berendezések és anyagok, meg kell vizsgálni, hogy azoknak a beszerelése, elhelyezése, rendszeroptimalizációja milyen további költségeket emészt fel. Egy projekt költségvetésében a kivitelezési

munkák képviselik a második legnagyobb tételt, jelen esetben tovább növeli a jelentőségét az újonnan kivitelezendő két építmény: üvegház és termál medence. A kivitelezési munkák költségösszesítését az alábbi táblázat részletezi.

táblázat 8-2 - A kivitelezési munkák költségösszesítése

Tétel megnevezés	Mennyiség (db/m/kl)	Egységár	Költség
Új építmények			
Termálmedence (teljes kivitelezés)	1	5 000 000,00 Ft	5 000 000,00 Ft
Üvegház (Teljes kivitelezés)	1	30 000 000,00 Ft	30 000 000,00 Ft
Tervezési díjak			
Gépész tervezés	1	1 600 000,00 Ft	1 600 000,00 Ft
Elektromos tervezés	1	1 200 000,00 Ft	1 200 000,00 Ft
Kivitelezési munkadíjak			
Távó vezeték építés	4500	8 000,00 Ft	36 000 000,00 Ft
Nyersvíz hőközpont kialakítás	1	3 000 000,00 Ft	3 000 000,00 Ft
Hőfogadók	5	656 400,00 Ft	3 282 000,00 Ft
Elektromos munkák	5	365 790,00 Ft	1 828 950,00 Ft
Üzembe helyezés			
Programozási költség	1	275 000,00 Ft	275 000,00 Ft
Próbaüzem	1	300 000,00 Ft	300 000,00 Ft
		összesen:	82 485 950,00 Ft

A 8-2-es táblázatban jól látható, hogy a primer kör távhővezetékének a fektetése és az üvegház felépítése képezi a legnagyobb részköltségeket a kivitelezési munkák közül.

8.1.3. ÜZEMELTETÉSI KÖLTSÉGEK

Amennyiben a projekt megvalósul és hibátlanul üzemel természetesen foglalkozni kell azon költségelemekkel, amik a működés során folyamatosan vagy adandó alkalommal merülnek fel. Egy távhő rendszer üzemeltetési költségvetésén kívül a következő éves gyakoriságú költség elemek kerülnek felszínre:

- Szolgalmi jog
- Karbantartási költség
- Bányajáradék

A lista első két elemének meghatározásához feltételezéseket kell alkalmazni, ahogyan az 5.3.1-es fejezetben ismertetésre került évi egyszeri díjként a távhővezeték nyomvonalának mentén az érintett földtulajdonsokat a szolgalmi jog megilleti. Ennek az értéke 1 000 000,00 Ft/év-ben került megállapításra. A karbantartási költség évente kétszer merül fel üzemszerűen, a fűtési idény előtt és a végén, ennek értéke összesen 500 000,00 Ft/év-ben lett rögzítve.

A bányajáradék meghatározáshoz két kormányrendelet áll a rendelkezésre. Az 1993. évi XLVIII. Törvény a bányászatról, továbbá az 54/2008. (III. 20.) az ásványi nyersanyagok és a geotermikus energia fajlagos értékének, valamint az értékszámítás módjának meghatározásáról. Az előbbi törvényleirat 20. § 7. bekezdése ad útmutatást, hogy A bányajáradék mértéke geotermikus energia esetében a kitermelt geotermikus energia értékének 2%-a. [34.] A kitermelt értéknek a meghatározásáról pedig az 54/2008. (III.20) kormányrendelet ad tájékoztatást, miszerint a kitermelt legalább +30°C hőmérsékletű geotermikus hőhordozó fajlagos értéke 2000 Ft/GJ. [35.] Mivel a kitermelt termálvízből hasznosított összteljesítmény értéke ismert, továbbá a fűtési idény, azaz a felhasználási idő is adott, így kiszámítható a bevallandó bányajáradék éves összege:

$$K_B = Q \cdot \tau \cdot P_{geo} \cdot 0,0036 \cdot 0,02 = 272 \cdot 1800 \cdot 2000 \cdot 0,0036 \cdot 0,02 = 70502,40 \text{ Ft/év} \quad (8.1)$$

A projekt üzemeltetési költségei a keringtető szivattyúkban realizálódnak, amelyeknek a villamos teljesítményfelvételéből lehet az éves fogyasztott energiát és abból az energiaköltséget kiszámolni. Fontos megjegyezni, hogy a feltűntetett maximális (méretezési) felvett teljesítmény korrekcióra szorul, ugyanis ezen változtatható fordulatszámú szivattyúk a rendszerigényhez alkalmazkodva modulálhatóak.

$$K_{üzem} = P_{vill,össz} \cdot \tau \cdot P_{áram} \cdot 0,52 = 24 \cdot 1800 \cdot 90 \cdot 0,52 = 2\,021\,760 \text{ Ft/év} \quad (8.2)$$

Az összes működtetéshez szükséges költségek kiszámítása után a következő táblázat összesíti a kapott értékeket.

táblázat 8-3 - A működési költségek

Bányajáradék	70 502,40 Ft/év
Üzemeltetési költség	2 021 760,00 Ft/év
Szolgalmi jog	1 000 000,00 Ft/év
Éves karbantartás	500 000,00 Ft/év
Összesen:	3 592 262,40 Ft/év

8.2. Megtakarítási lehetőség

Jelen piaci árak mellett Tiszakeszi önkormányzata 1013 Ft/m³ áron jut hozzá a földgázhoz. A gázszámlák alapján feldolgozott adatok szerint, és ahogyan azt a 6-1-es táblázat is mutatja, összesen 15 376 m³ földgáz szükséges a vizsgált épületeknek a

fűtése. Ezen értékek alapján az ideai fűtési idényben várható költség terhet a következő számítással lehet megbecsülni:

$$K_{fűtés} = P_{gáz} \cdot E_{gáz} = 1013 \cdot 15376 = 15\,575\,888 \text{ Ft/idény} \quad (8.3)$$

Mivel a geotermikus rendszer teljes egészében tudja helyettesíteni a meglévő gázkazános fűtésrendszert, ezért a gázköltség egész megtakarítható, azonban a valós éves megtakarítás értékhez módosítani szükséges a működési díjak levonásával:

$$\begin{aligned} P_{megtakarítás} &= K_{fűtés} - K_{működési} = 15\,575\,888 - 3\,992\,262,40 \\ &= 11\,623\,625,60 \text{ Ft/idény} \end{aligned} \quad (8.4)$$

Az éves szintű 11,6 millió forintos megtakarítás óriási eredmény lenne. Egy kis település, mint Tiszakeszi esetében hatalmas jelentősége van egy ekkora összegnek, összehasonlításképp az település legnagyobb esemény a Tiszakeszi Bográcsfesztivál költségvetése hozzávetőleg 5 millió forint.

Mindemellett, valós profit is realizálható az üvegházi termelésekből, amelyek egy része a közétkeztetés alapanyagellátását szolgálná, a maradék része pedig az árusító piacon kerülne értékesítésre. Az ebből befolyó profit összege 10 000 000 Ft/év értékkel vizsgálandó.

Ugyanilyen szempontból elemezhető a termálmedence, amely belépési jogát a nem helyi lakosok pénzért tudnák megvásárolni. A medence esetében éves szinten 1 000 000 Ft-os profittal lehet számolni.

Jelen projekt haszna nem csak az anyagi megtakarításban merül ki, hanem a teljes gázmentességgel rengeteg CO₂ kibocsátástól szabadítja fel a geotermikus rendszer a légkört. Az éves szinten alaphelyzetben 15376 m³ gáz kerül elégetésre egy fűtési idényben a négy vizsgált épületre nézve. Az bevezetett földgáz 99% része metán, így annak az égési egyenlete alapján kell számolni:



Egységnyi metánból tehát egységnyi CO₂ keletkezik, azaz összesen 15376 m³-nyi gáz állapotban lévő tömegétől lehet megszabadulni. 0°C-on szén-dioxid sűrűsége 1,95 kg/m³, így az egy év alatt csaknem 30 tonna CO₂-vel kevesebb kerülne a légkörbe, a koncepcionált rendszer által, csökkentve ezzel Tiszakeszi és környezetének ökológiai lábnyomát.

8.3. Megtérülési idő kiszámítása

Az egyszerű megtérülési idő kiszámítás a befektetett összeg és az éves megtakarítás/profit hányadosa. Ennek tükrében a következő érték adódik jelen projekt esetére:

$$\tau_{\text{megtérülési}} = \frac{K_{\text{anyag}} + K_{\text{kivitelezés}}}{P_{\text{megtakarítás}} + P_{\text{üvegház}} + P_{\text{Termálmedence}}} \quad (8.6)$$

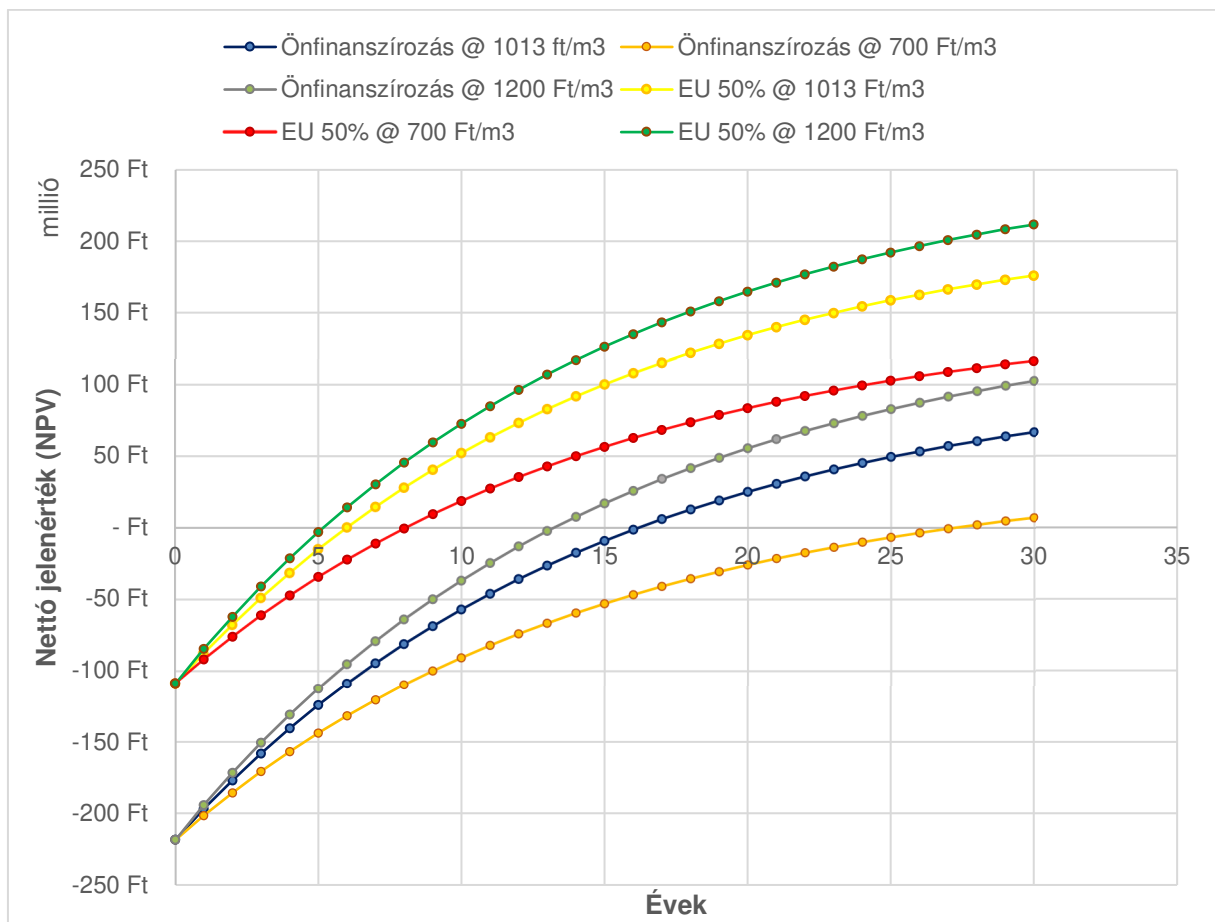
$$\frac{135\,848\,384,80 \text{ Ft} + 82\,485\,950 \text{ Ft}}{11\,623\,625,60 \text{ Ft/év} + 10\,000\,000 \text{ Ft/év} + 1\,000\,000 \text{ Ft/év}} = 9,5 \text{ év} \quad (8.7)$$

A teljes beruházási költség tehát 218,33 millió Ft. Ennyibe kerül az összes 272 kW teljesítmény felhasználás, ebből a fajlagos beruházási költség értéke képezhető, amely irányadó lehet más esetekre:

$$K_{\text{fajl}}[\text{Ft/kW}] = \frac{K_{\text{beruh}}}{Q} = \frac{218,34 \text{ mFt}}{272 \text{ kW}} = 802\,700 \text{ Ft/kW} \quad (8.8)$$

Több olyan tényező is van, amely a rendkívül impozánsnak tűnő 10 éves megtérülési időt befolyásolhatja. A gáz világpiaci ára az idei csúcshoz képest drasztikusan csökkent, amely nagy volatilitást és rendkívüli bizonytalanságot eredményez. A további bevételi források (üvegház/medence) értéke gyakorlatilag állandónak tekinthető, ugyanis a turisztikai érdeklődés folyamatos, az üvegházi környezetben pedig szabályozottan, ellenőrzötten és a külső tényezőktől független termelés folyhat.

A projekt beruházási forrásai kapcsán is érdemes körültekintőnek lenni, ugyanis az efféle energiahatékonyságra, zöldenergia felhasználásra specializálódott projektek rendkívül jó színben tűnnek fel mind nemzeti, mind nemzetközi körökben. Ennek tükrében valós lehetőségek lakoznak állami vagy Európai Unió támogatások megszerzésére. Ezen információk tükrében végzendő el az érzékenységi vizsgálat a megtérülési időre értve, megjelenítve a befektetés nettójelenértékét 7%-os diszkontráta értéket figyelembevéve.



ábra 8-1 - A befektetés nettó jelenértéke

Az ábrán jól látható a megtérülési időbeli különbség a hat vizsgált esetben. A legkedvezőbb eset, amely során 50%-os EU-s forrás áll rendelkezésre és 20%-os gázáremelkedés, ugyanis ilyenkor már a 6. évben megtérül a befektetés, míg a legrosszabb esetben, amikor önfinanszírozással kezdődik meg a kivitelezés és gázárscsökkenés történik, csupán a 27. évben térül meg.

Amennyiben lehetőség van rá, külső forrású segítséget kell bevonni a projektbe, ugyanis egy ekkora volumenű befektetést saját forrásból való fedezésre egy Tiszakeszihez hasonló kistelepülésnek nincs módja.

8.4. SWOT analízis

Egy projekt megvalósulásának átgondolásához számos tényezőt kell megvizsgálni. Ehhez segítséget nyújt az úgynevezett SWOT analízis, a gazdasági világban bejáratott módszernek számító, vállalkozásra vagy projektre alkalmazható eszköz. A lényege, hogy feltűnteti a vizsgált tevékenységnek az erősségeit, gyengeségeit, lehetőségeit és veszélyeit, hogy annak tiszta átláthatósága által, könnyen lehessen alkalmazkodni a kivitelezés során. Jelen projekt analízisét az alábbi táblázat foglalja össze:

táblázat 8-4 - A projekt SWOT analízise

	Segítik	Gátolják
Belső Tényezők	<u>STRENGTHS – Erősségek:</u> • Megújuló energiaforrás felhasználás • Komplex célú geotermikus energiafelhasználás (energetikai & balneológiai) • Megoldási javaslat a jelenlegi pazarló működésre • Több finanszírozási forma áll rendelkezésre	<u>WEAKNESS – Gyengeségek</u> • Több évtizedes kialakult szisztéma megbolygatása • Megvalósításhoz külső anyagi forrás szükségessége
Külső Tényezők	<u>OPPORTUNITIES – Lehetőségek:</u> • Ökológiai lábnyom csökkentése (Zéró CO₂ kibocsátás) • Példamutatás más településeknek • Országos hírnév szerzése • Turizmus fejlesztés • Munkahely teremtés • Gázmentesség: szolgáltatótól való függetlenség	<u>THREATS – Veszélyek:</u> • Tulajdonosi háttér tisztázása és megegyezés • Helyi lakosok felháborodása • Rossz állapotban lévő kútszakaszok -> többletköltség

Jól láthatóak a veszélyek és gyengeségek, melyeknek nagyrésze az előkészületek során kiküszöbölhető megfelelő kommunikációval és lakossági fórumok tartásával, azonban fontos megjegyezni, hogy egy ilyen típusú projekt kapcsán mindig szükség lesz kompromisszumok bevezetésére.

9. ÖSSZEFOGLALÁS

A geotermikus energia felhasználása számos előnyt hordoz önmagában. Magyarország szerencsés helyzetben van, ugyanis nagy mennyiségben rendelkezésre a felszín alatt, különböző mélységekben.

A geotermikus energia lokális kitermelése és felhasználás csökkenti az importenergiától való függést, amelynek talán jelen gazdasági és politikai helyzetben van a legnagyobb jelentősége. Továbbá a kutatás, kiépítés, karbantartás, ipari és mezőgazdasági alkalmazások hazai munkahelyeket teremtenek és tartanak meg. Mindemellett, a földhő „fenntartható” módon használható, azaz a kitermeléssel kivett hő a termelés befejezése után szinte teljes mértékben pótlásra kerülhet hasonló idő alatt, mint a kitermelés, akár mesterséges, akár természetes módon, de az évtizedes tapasztalatok alapján a körforgás működik [20.]

Jelen projekt a lehetőségekhez mérten a legmagasabb geotermikus felhasználást koncepcionálja, ezért is került kiválasztásra a több lépcsős teljesítményszerkezet felhasználást lehetővé tevő koncepció. Az eredmények azt mutatják, hogy a vizsgált épületeknek a teljes gázmentessége érhető el, továbbá a kidolgozott rendszer lehetőséget nyújt további bevételek szerzésére, és munkahelyteremtésre. Tehát nem csak gazdaságilag, ha humán erőforrás szempontból is kedvező statisztikai értékek érhetők el. Mindezeket alapul véve, és feltételezve megfelelő anyagi támogatottságot, a gazdasági világban nagyon jónak számító 6 éves megtérülési idővel lehet számolni megvalósulás esetén, amely mellett évente csaknem 30 tonna CO₂ kerülhet kiváltásra. A számítások fajlagosításával a 8.8-as egyenlet megmutatja, hogy egy ehhez hasonlóan komplex rendszer kialakítási költségeinek megbecsléséhez 800.000 és 1.000.000 Ft közötti értékkel célszerű kalkulálni kilowattónként.

Amennyiben jelen projekt a jövőben megvalósulna, a fenntarthatóság és az energiahatékonyság címszók alatt mintatelepüléssé válhatna Tiszakeszi, élő példaként állva minden további kis és nagytelepülések előtt.

Egyes becslések szerint a Magyarországon felhasználható geotermikus energia összértéke 60 PJ/év, amelynek az energetikai célú kihasználtsága csupán 6% volt 2006-ban. [20.] Azóta egyértelmű törekvések történtek a geotermikus energia felhasználásának elterjesztése érdekében, számos mintaprojekt, mezőgazdasági és erőművi felhasználás operál folyamatosan, továbbá a kacsifántos és lefedetlen jogi háttér is tisztázásra került.

Jelen tanulmány egy mintaprojektként szolgálhat olyan települések számára, amelyek hasonlóan kedvező szituációban vannak, hogy földrajzi elhelyezkedésükből adódóan kedvező feltételek mellett lehet geotermikus energiát hasznosítani.

Az előttünk álló időszakban a világ energiaellátásában megfigyelhető átalakulási trend felgyorsulása várható. A szigorodó környezetvédelmi előírások, valamint a dekarbonizációs törekvések hatására a megújuló energia felhasználása egyre nagyobb arányúvá válik az Európai Unióban, valamint a fejlett gazdaságú országokban.

Bár a releváns ipari területek kutatás-fejlesztési területe egyre nagyobb hányada a megújuló energiafajták térnyerésére fókuszál, az világosan látszik, hogy a következő évtizedekben sem lehet teljes fosszilis energiahordozó mentességet elérni.

A geotermikus energia nagyon fontos, de globális léptékben egyelőre nem meghatározó tényező. [20.] A megújuló energiafajták közül a napenergia felhasználása sokkal dinamikusabban terjed, mint a geotermikus energiáé, ennek oka az egyszerűbb kivitelezés és üzembe helyezés, hiába generál szabályozási és tárolási problémákat is párhuzamosan.

Annak érdekében, hogy a geotermikus energia energetikai célú felhasználása tovább terjedhessen technológiai fejlődésre van szükség. Egy állam energiamixét nem lehet a geotermikus energiára alapozni, azonban a további erőművek létesítésével a menetrendtartó erőművek közül, számos fosszilis energiahordozó tüzelőanyagot használó erőmű kerülhet kiváltásra. Élő és követendő példaént működik a már említett teljesen automatizált Turán lévő erőmű, amely első fecskéként lehet motiváló tényező mind Magyarországon, mind Európában. Mindemellett fontos továbbá a lakosság edukálása az energiahatékonyság témájában. Sajnálatos módon jelen világpolitikai és gazdasági helyzet nehéz helyzetbe kényszeríti magyar háztartások ezreit, amelyek alacsony energetikai osztályzatú, gázfűtéses gépészettel rendelkeznek, ugyanis ezekben az esetekben a megszokott energiaköltségek megtöbbszöröződhetnek. A lakosság nagy része eddig nem törődött az energiahatékonyság témájával, a baj bekövetkeztével pedig rohamszerű kereslet keletkezett, ami piaci hiányt eredményezett. A károsanyagkibocsátás és alternatív energiafelhasználás mérlege a lakossági szektorban egyelőre az előbbi irányába billen el, azonban a jövőben technológiai lehetőség van arra, hogy a mérleg átbillenessen, ezt a folyamatot felgyorsíthatja a kormányzati kommunikáció és edukáció az elmúlt években megtörtént támogatási eszközökkel kiegészítve.

10. IRODALOM JEGYZÉK

1. D. ROMANOV, B. LEISS (2022): *Geothermal energy at different depths for district heating and cooling of existing and future building stock*, Göttingen, Németország
A.M. JODEIRI, M.J. GOLDSWORTHY, S. BUFFA, M. COZZINI (2022): *Role of sustainable heat sources in transition towards fourth generation district heating*
2. ANDERSON ET.AL. (2011): *Broad Overview of Energy Efficiency and Renewable Energy Opportunities for Department of Defense Installations*, e Strategic Environmental Research and Developmental Program for the U.S.
3. JOHN W. LUND (2015): *Geothermal Resources Worldwide*
4. EECA AND GNS SCIENCE (2013): *Geothermal Heat Pumps in New Zealand*
5. ÁRNI RAGNARSSON (2016): *Overview of direct geothermal applications and uses worldwide* – Reykjavik, Iceland
6. <https://szetav.hu/projektjeink/kehop-5-3-2-17-2017/>
megnyitva: 2022.05.10.
7. EGYHÁZI ZOLTÁN, DR. ODDGEIR GUDMUNDSSON (2017): *Az alacsony hőmérsékletű fűtési hálózatokelőnyei, 4. Generációs távhőhálózatok*, Danfoss Hungary
8. https://www.innoteka.hu/cikk/negyedik_generacios_tavfutes.1596.html
megnyitva: 2022.08.01.
9. THORSEN, JAN ERIC; LUND, HENRIK; MATHIESEN, BRIAN VAD (2018): *Progression of District Heating – 1st to 4th generation*, Aalborg Universitet
10. <http://drkalota.hu/szolgalmi-jog-vezetekjog>
megnyitva: 2022.08.12.
11. <https://www.vgfszaklap.hu/lapszamok/2000/szeptember/113-lemezes-hocserelok-az-epuletgepeszetben>
megnyitva: 2022.08.30.
12. <https://map.mbfisz.gov.hu/ogre/>
megnyitva: 2022.09.13.
13. Tiszakeszi K-24 – műszeres vizsgálatok
14. Tiszakeszi K-24 – vízföldtani napló
15. DR. BÁRTFAI ZOLTÁN (2011): *Fürdőgépészeti rendszerek üzemeltetése*, Szent István Egyetem
16. <https://www.eurowater.com/hu/vizkezelobereendezesek/legtelenites/vakuumos-gasztalanito>

- megnyitva: 2022.09.14.
17. <https://www.vgfszaklap.hu/lapszamok/2015/oktober/3845-futesi-rendszerek-gaztalanitasa>
megnyitva: 2022.09.18.
 18. REHAU INSULPLEX CSŐRENDSZEREK (2016): *Műszaki Tájékoztató*
 19. MÁDLNÉ DR. SZŐNYI JUDIT PHD (2008): *A geotermikus energiahasznosítás nemzetközi és hazai helyzete, jövőbeni lehetőségei Magyarországon*, Magyar Tudományos Akadémia
 20. BARBIER, E., FANELLI, M. (1977): *Non-electrical uses of geothermal energy*. – *Progr. Energy Combustion Sci.*, 3: 73–103.
 21. MÁDLNÉ DR. SZŐNYI JUDIT PHD (2006): *A geotermikus energia: készletek, kutatás, hasznosítás*
 22. BARCZA MÁRTON, SZANYI JÓZSEF: *Balenológia*, Szegedi Tudomány Egyetem, online oktatási csomag
 23. <https://www.alfalaval.hu/info/hungary/a-hoatadas-elmelete/>
megnyitva: 2022.06.14.
 24. <https://mezohir.hu/2020/10/15/ezt-kell-tudni-a-termalviz-hasznositas-szabalyairol/>
megnyitva: 2022.07.18.
 25. BARABÁS ENIKŐ, DR. BÍRÓ ILDIKÓ, DR. GALAMBOS ILDIKÓ (2016): *Elfolyó termálvíz elhelyezési kérdései*, Pannon Egyetem Soós Ernő Víztechnológiai Kutató-Fejlesztő Központ
 26. SZILÁGYI FERENC, ADRIENNE CLEMENT (2010): *Gondolatok a használt hévizek felszíni befogadóba történő elhelyezéséről*, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
 27. WORLD ENERGY ASSESSMENT (2004): *Overview 2004 Update*, Prepared by UNDP
 28. WORLD ENERGY COUNCIL (2007): *Survey of Energy Resources*, p. 427-437
 29. LIEBE, P. (2001): *Tájékoztató. Termálvízkészleteink, hasznosításuk és védelmük*, VITUKI Rt. Hidrológiai Intézet
 30. MEKH (2016), *Magyarország Geotermikus felmérése*
 31. IBRAHIM DINCER, MUHAMMAD F. EZZAT (2018): *Comprehensive Energy Systems*
 32. TAKÁCS ESZTER (2018): *Turai geotermikus erőmű*, BME Energetikai Szakkollégium
 33. 1993. évi XLVIII. Törvény a bányászatról
 34. 54/2008. (III. 20.) Korm. rendelet

11. ÁBRAJEGYZÉK

ábra 1-1 - átlag hőmérséklet 5 km mélységben Európa területén [1.]	5
ábra 1-2 - A pannon-medence hőáram sűrűsége	8
ábra 1-3 - BAZ megye regisztrált hévízkút helyei és 90°C-os geoizoterma mélységtérképe [31.]	9
ábra 2-1 - A geotermikus hőforrás felhasználása, Lindal-diagram adaptáció	10
ábra 2-2 - "Flash steam power plant" egyszerűsített ábrája [32.]	11
ábra 2-3 - Geotermikus hőszivattyúk sematikus ábrája [5.]	12
ábra 2-4 - "Open loop" direkt geotermikus fűtési rendszer sematikus ábrája [6.]	14
ábra 2-5 - "Closed loop" direkt geotermikus fűtési rendszer sematikus ábrája [6.]	14
ábra 2-6 - Távfűtési generációk és tulajdonságaik [10.]	Hiba! A könyvjelző nem létezik.
ábra 4-1 - OGRE Térképrészlet [13.]	17
ábra 4-2 - A K-24-es kút vizének elvezetése és elszikkasztása	19
ábra 4-3 - A Kocsortos jelenlegi állapota	19
ábra 5-1 - A vizsgált épületek műholdas felvétele	21
ábra 5-2 - Légvonalbeli távolság	Hiba! A könyvjelző nem létezik.
ábra 5-3 - egy lehetséges nyomvonalterv	23
ábra 5-4 - Vákuumos gázalanító működése [17.]	Hiba! A könyvjelző nem létezik.
ábra 5-5 - A távhőrendszer sematikus felépítése	Hiba! A könyvjelző nem létezik.
ábra 6-1 - A kútteljesítmény-mérés eredménye	32
ábra 6-2 - Tartamdiagram	33
ábra 6-3 - A teljesítmény és a bevezetett energiamennyiség függése a külső hőmérséklettől	34
ábra 6-4 - a szekunder körben uralkodó hőmérsékletek alakulása a külső hőmérséklet függvényében	37
ábra 6-5 - A geotermikus hőforrás kihasználhatósága	38
ábra 6-6 - A geotermikus hőforrás kihasználhatósága soros kapcsolás esetén	39
ábra 6-7 - A szekunder kör hőmérséklet alakulásai a külső hőmérséklet függvényében	40
ábra 6-8 - A geotermikus hőforrás kihasználhatósága	41
ábra 6-9 - A szekunder körben uralkodó hőmérsékletek alakulása a külső hőmérséklet függvényében	43
ábra 6-10 - A geotermikus hőforrás kihasználhatósága	43
ábra 6-11 - Példa egy üvegházi fűtésrendszer sematikus ábrája [22.]	Hiba! A könyvjelző nem létezik.
ábra 6-12 - Magyarország gyógyfürdői [23.]	48
ábra 6-13 - A nyersvíz és a primer közeg közötti hőcserének sémája	49
ábra 7-1 - kétkutas alapmodell [20.]	54
ábra 8-1 - A befektetés nettó jelenértéke	62