

BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM
GÉPÉSZMÉRNÖKI KAR
ÉPÜLETGÉPÉSZETI ÉS GÉPÉSZETI ELJÁRÁSTECHNIKA TANSZÉK

FEHÉR MÁRTON
TDK DOLGOZAT
HMV tároló méretezési módszertan fejlesztése

Konzulens:

Dr. Szánthó Zoltán
egyetemi docens

Budapest, 2023

NYILATKOZATOK

Nyilatkozat az önálló munkáról

Alulírott, *Fehér Márton* (FLOYMY), a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem hallgatója, büntetőjogi és fegyelmi felelősségem tudatában kijelentem és sajátkezű aláírással igazolom, hogy ezt a tdk dolgozatot meg nem engedett segítség nélkül, saját magam készítettem, és dolgozatomban csak a megadott forrásokat használtam fel. Minden olyan részt, melyet szó szerint vagy azonos értelemben, de átfogalmazva más forrásból átvettem, egyértelműen, a hatályos előírásoknak megfelelően, a forrás megadásával megjelöltem.

Budapest, 2023. 11. 05.



Fehér Márton

TARTALOMJEGYZÉK

Előszó	iv
Jelölések jegyzéke	v
1. Bevezetés.....	1
2. Elméleti összefoglaló.....	3
2.1. Hőcserélő-tárolótérfogat méretezés	3
2.2. Méretezés az MSZ EN 20831 szerint	6
2.3. FŐTÁV által alkalmazott egy szivattyús kapcsolás.....	7
2.4. Javasolt kétszivattyús kapcsolás.....	10
2.5. Vizsgálati célok.....	11
3. Adatok kiértékelése	13
4. Összegzés.....	23
5. Felhasznált források	25

ELŐSZÓ

Szeretnék köszönetet mondani a konzulensemnek, Dr. Szánthó Zoltánnak, amiért folyamatosan segítette és támogatta a munkámat és segített a kiértékelés elvégzésében és a dolgozat összeállításában. Továbbá szeretnék köszönetet mondani az Épületgépészeti És Gépészeti Eljárástechnika Tanszéknek, amiért biztosította a vizsgálatokhoz és az elméleti összefoglalóhoz szükséges tudásanyagokat.

Budapest, 2023.11.05.


Fehér Márton

JELÖLÉSEK JEGYZÉKE

Latin betűk

Jelölés	Megnevezés, megjegyzés, érték	Mértékegység
\dot{Q}	teljesítmény	kW
V	térfogat	l
\dot{V}	térfogatáram	l/h, l/perc

Görög betűk

Jelölés	Megnevezés, megjegyzés, érték	Mértékegység
τ	idő	h, min
$\tau_{csúcs}$	csúcsidő	min

1. BEVEZETÉS

Az energia árának drasztikus növekedése, illetve a gáz energiaforrástól való függetlenedés érdekében a budapesti távhőszolgáltató vállalat alternatív energiaforrások bevonását tervezi. Ennek egyik lehetőségeként jelenleg geotermikus energia bevonásának vizsgálata folyik a kistérségi távhőközpontban. Az alacsony hőfokszintű energia eredményes hasznosításának kulcsa a rendszer primer visszatérő hőmérsékletének csökkentése, hogy a geotermikus hőforrás a hőigények minél nagyobb hányadát legyen képes ellátni. A primer visszatérő csökkentésének legkézenfekvőbb eszköze a használati melegvíz termelés működésének átalakítása. Ehhez a hőközpontok kapcsolását és méretezését is újra kell gondolni. A jelenleg üzemelő hőközpontok használati melegvíz termelésének méretezését a 2003-2004-ben végzett mérésorozat feldolgozásából származó tartamdiagram szerint végezték el. A rendszerek üzemében tapasztalt, a tárolók valóságos, esetleg csak látszólagos túlméretezése a kapcsolat és a méretezés hibájára is visszavezethető lehet.

A dolgozatban a 2003-2004-es adatok kerültek új szempontú feldolgozásra. A hőközpontok kapcsolásának kisebb átalakítása lehetővé teszi, hogy a hőcserélő és a tároló méretezésében hasznosítani lehessen a tároló rövid időtartamú csúcsfogyasztások közötti regenerálódását. A mérési eredmények új feldolgozásának eredményeként a méretezéshez jól használható, a tároló szükséges méretét a hőcserélő teljesítménye függvényében új méretezési logika szerint megadó görbék dolgoztam ki. A kapcsolat javasolt, viszonylag egyszerű átalakítása a hőközpontot egyrészt képessé teszi az esetleges túlméretezés egyszerű kezelésére, másrészt új hőközpont tervezésekor a most kidolgozott méretezési összefüggés lehetővé teszi a tároló, vagy a hőcserélő méretének csökkentését.

A jelenleg üzemelő rendszerben a tároló és hőcserélő mérete viszont adottságnak tekintendő. Ezeket ismerve az új méretezési módszert a meglévő hőközpontokra alkalmazva a hőcserélők túlméretezetté válnak, amit a szekunder oldal újbóli szabályozását teszi szükségessé. A kisebb szekunder tömegáram kisebb primer tömegáram-

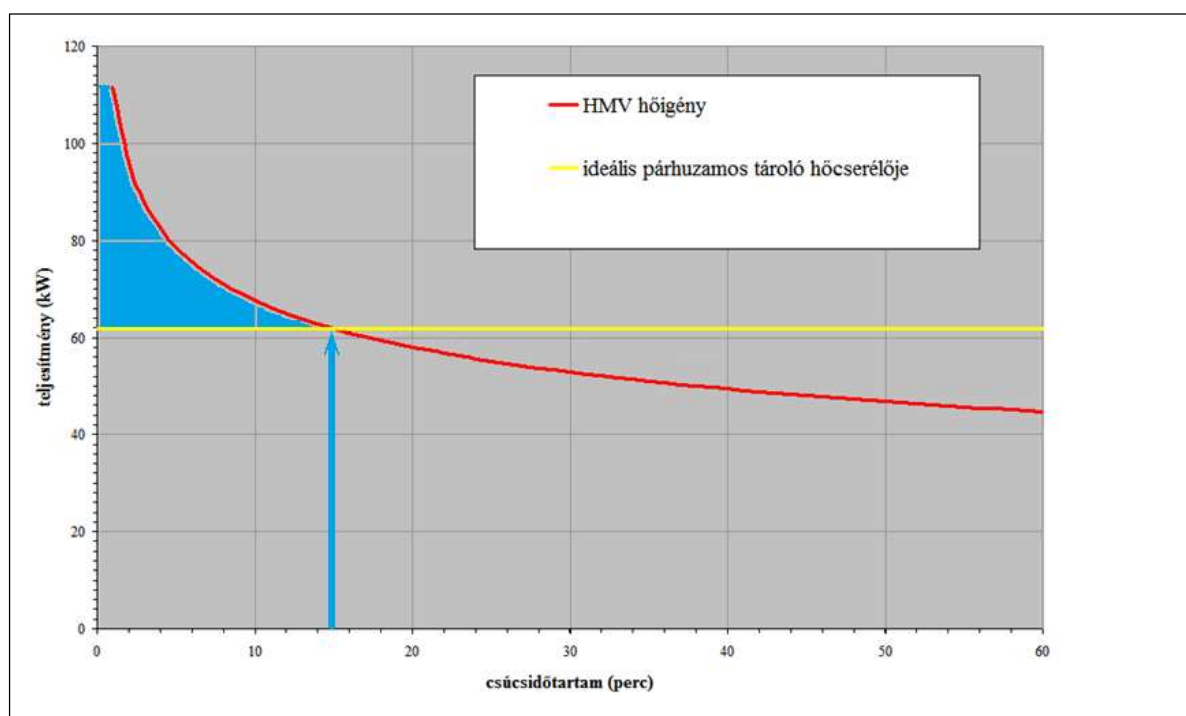
igényt fog jelenteni, ami a primer visszatérő hőmérsékletének a csökkentését eredményezi és ezáltal megnő a lehetőség a geotermikus energia bevonására a primer fűtővíz előállításához.

2. ELMÉLETI ÖSSZEFOGLALÓ

Ebben a fejezetben szeretném bemutatni, hogy milyen elméleti háttere van az elvégzett vizsgálatoknak. Az elméleti összefoglalóban a 2.1 és 2.2 fejezet méretezési bemutatások szövege és ábrái az [1] hivatkozásból lettek beemelve.

2.1. Hőcserélő-tárolótérfogat méretezés

A párhuzamos tárolós HMV termelő rendszer elemeit az elfogadott méretezési gyakorlat szerint a HMV-fogyasztás 24 óra időtartamú napi fogyasztási periódusának tartamgörbéjével méretezzük (**1. ábra**).



1. ábra

A tartamgörbe egy tetszőlegesen választott csúcsidőtartamhoz megadja a HMV-fogyasztást térfogatáram [l/perc] vagy hőigény [kW] formájában ($\dot{V}[l/perc] \sim \dot{Q}[kW]$). A tartamdiagram olyan rendezett fogyasztási diagram, aminek vízszintes tengelyén az idő, függőleges tengelyén a fogyasztás szerepel. A tartamgörbe adott $\tau_{csúcs}$ csúcsidőtartamhoz azt a $\dot{V}(\tau_{csúcs}) \sim \dot{Q}(\tau_{csúcs})$ csúcshőigényt

rendeli, aminél nagyobb fogyasztás a nap során csak $\tau \leq \tau_{csúcs}$ időtartamban fordul elő. A feltételezés szerint a HMV-termelő hőcserélő képes fedezni a $\dot{Q}(\tau_{csúcs})$ hőigényt, az ennél nagyobb igényeket pedig a hőcserélő teljesítménye és a tároló kisütése együttesen fedezi. A tárolót a csúcsidőtartamon kívül rendelkezésre álló, a fogyasztást akkor már meghaladó hőcserélő-teljesítménnyel lehet regenerálni. A párhuzamos kapcsolású tároló ideális alkalmazása esetén a csúcsidőtartamhoz tartozó $\dot{Q}(\tau_{csúcs})$ teljesítmény és a tartamgörbe közé eső terület a tárolóban tárolandó hőmennyiség:

$$Q_T = \int_0^{\tau_{csúcs}} (\dot{Q}(\tau) - \dot{Q}_{csúcs}) d\tau - \dot{Q}_{csúcs} \cdot \tau_{csúcs}. \quad (1)$$

A tartamgörbe leírására a τ csúcsidőtartam és az N lakásszám függvényében a következő („FŐTÁV I.”) összefüggés szolgál [2],[3]:

$$\dot{V}(\tau, N) = A \cdot \tau^B + C \cdot \tau \text{ [l/perc]} \quad (2)$$

ahol

$$A = 28,623 \cdot \dot{V}_{\text{átlag}}^{0,4893} \quad (3)$$

$$B = -0,27 \cdot \dot{V}_{\text{átlag}}^{-0,224} + 0,000813 \cdot \dot{V}_{\text{átlag}} \quad (4)$$

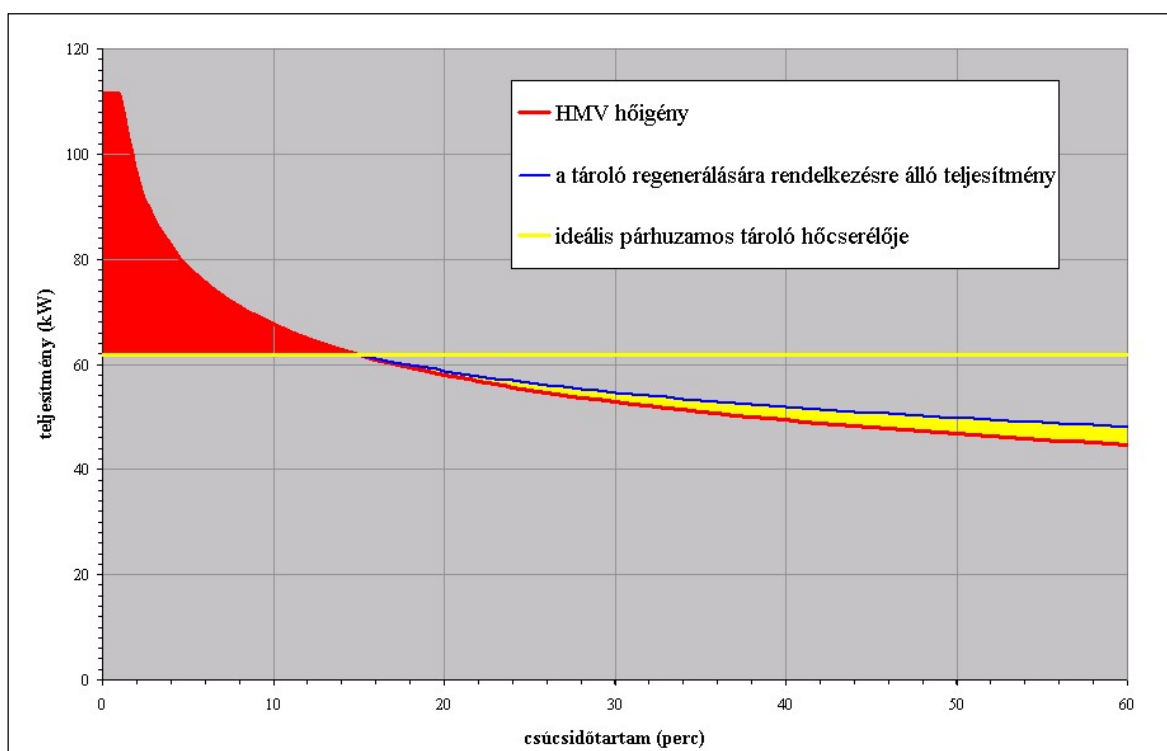
$$C = -0,00165 \cdot \dot{V}_{\text{átlag}} - 0,0135 \quad (5)$$

$$\dot{V}_{\text{átlag}} = 0,135 \cdot N + 0,3 \cdot \sqrt{N} - 0,6 \quad (6)$$

A „FŐTÁV I.” tartamgörbe leírásának érvényességi határai: $1 \leq \tau \leq 180$ perc, $N = 10 \div 350$. Az összefüggésben $\dot{V}_{\text{átlag}}$ a napi átlagfogyasztás [l/perc].

A **2. ábra** szemlélteti, hogy a jelenlegi egyszivattyús HMV-termelő kapcsolásnál hogyan alakul a tároló kisütése és töltése (lásd később **3. ábra**). A kapcsolatban közös szivattyú tölti a HMV tárolót és keringeti az épület cirkulációját, ezért a cirkulációt nem lehet leállítani. A rövid idejű, a méretezéstől függően 12÷25 perc időtartamú csúcsp fogyasztás fedezésére alkalmas tároló töltését a nap fennmaradó részében (kb. 23

óra és 35÷48 perc) a tároló töltése zajlik, nagyon kis (jellemzően < ~10 l/h) térfogatárammal. A tároló ágában lévő szelep befojtása után a tároló töltő térfogatáram a pillanatnyi fogyasztás függvénye. Ez a kis teljesítmény látható az 2. ábrán a csúcsidőn kívül a kék és piros vonalak közötti metszékben. A piros a pillanatnyi (csúcsidőn kívüli!) fogyasztás teljesítményigénye; erre rakódik rá a tároló regenerálásához szükséges többleteljesítmény.



2. ábra

A fenti gondolatmenet keveredés és hővesztés nélküli ideális párhuzamos tárolóra vonatkozik; valós méretezésnél ezek hatását is figyelembe kell venni. Ez a méretezési módszer jól illeszkedik a szakmában korábban általánosan elfogadott gyakorlathoz.

A tartamgörbe a 24 órás periódus fogyasztásainak rendezett fogyasztási diagramja. A H MV fogyasztás számtalan paraméter által befolyásolt valószínűségi változó; az egy nap alatt elfogyasztott H MV mennyisége és a fogyasztás lefutása minden napon,

azaz minden fogyasztási periódusban eltérő. Miközben a különböző napok fogyasztás-lefutása (fogyasztási profilja) jelentősen eltérő lehet, az ezen fogyasztási adatokból szerkesztett rendezett fogyasztási diagramok igen jó egyezést mutatnak. Míg a napi fogyasztási profilokat csak nagy, a rendezett fogyasztási diagramokat lényegesen kisebb szórásokkal lehet leírni. A méretezés alapjának a 99% megbízhatósági szintű tartamdiagramot tekintjük. Jellemzője, hogy tetszőleges nap rendezett fogyasztási diagramjának adott csúcsidőtartamhoz tartozó fogyasztása 99% valószínűséggel kisebb, mint a 99% megbízhatósági szintű diagramé. A 99% megbízhatósági szintű tartamdiagram szerint méretezve azt várjuk, hogy legfeljebb 1% a kockázata annak, hogy a kiválasztott hőcserélőből és tárolóból álló rendszer az igényeket nem tudja kielégíteni. Ez vállalható kockázat, hiszen az igények 1% valószínűséggel bekövetkező „ki nem elégítése” a valóságban azt jelenti, hogy a szolgáltatott HMV hőmérséklete a csúcspi-riódusban rövid időre valamelyest elmaradt az előírttól.

2.2. Méretezés az MSZ EN 20831 szerint

A nemzetközi szakirodalomban kevés utalást találunk a párhuzamos tárolós HMV-termelő rendszerek méretezéséhez szükséges, adott megbízhatósági szintű fogyasztási tartamdiagramok leírására. A nemzetközi szakirodalom az utóbbi években a HMV-fogyasztási profilok leírását tartja szem előtt elsősorban. Fogyasztási profilokat alkalmaz a [4] számon hivatkozott MSZ EN 12831-3 „Épületek energetikai teljesítőképessége. Hőszükséglet számítási módszer. 3. rész: Használati melegvízes rendszerek hőterhelése és a szükségletek jellemzése” című 2017-es szabvány is. A szabványban bemutatott számítás a „needs curve”, „supply curve” és a „summation curve” módszerét használja, azaz a fogyasztási periódusban integrálja a fogyasztást, illetve a rendelkezésre álló teljesítményt; a két integrált görbéből határoz meg egy (előjelesen) összegzett görbét – amit a szemléletesség kedvéért célszerűbb lenne talán „különbség görbének” nevezni – és abból állapítja meg a tároló méretét. A periódus során a tároló tölté-

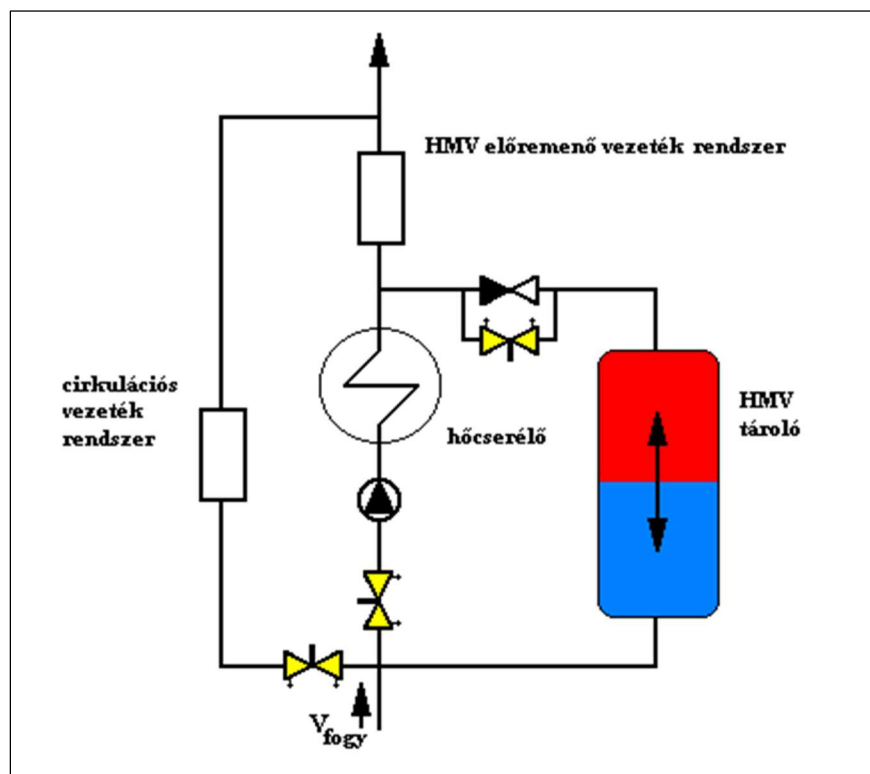
sére rendelkezésre álló eltérő teljesítmények (pl.: időben változó – ld. pl. napkollektoros termelés) eltérő tárolóméreteket fognak eredményezni. A méretezés teljesen analóg a jelenleg alkalmazott méretezési módszerrel, annyi különbséggel, hogy az a teljesítmények szemléltetése helyett – ahol a hőmennyiség a görbe alatti területet jelenti – a hőmennyiségeket ábrázolja, ahol a pillanatnyi teljesítmény a görbe meredeksége.

Az MSZ EN 12831-3 szerinti eljárás rövid csúcsidőtartamokra való méretezés esetén nehézkesen, vagy egyáltalán nem alkalmazható. A fogyasztási profilok a szakirodalomban jellemzően órás időfelbontásban állnak rendelkezésre, ami az órás felosztás harmadát – negyedét kitevő időtartamú csúcsfogyasztásokra érzéketlen. Az órai felbontás a perces felbontás ingadozásait kiegyenlíti – perces felbontású adatokkal a fogyasztási profilok alkalmazása számos nehezen megoldható problémát vet fel. A méretezési feladathoz azonban a jelenleg a Főtávnál rendelkezésre álló 15 perces adatgyűjtés eredményei sem elég finom felbontásúak. A fogyasztási profilok ismerete elsősorban a napkollektoros rendszerek méretezéséhez és szabályozásához fontos, azonban kevésbé releváns a számunkra megoldandó feladat szempontjából. A rekonstrukcióra szoruló magyarországi épülettömeg esetében napkollektoros rendszerek csak elvétve fordulnak elő, és a napenergia hasznosítás jelenlegi trendjeit tekintve tömeges elterjedésük nem is várható. A napkollektoros napenergiahasznosítás nagyméretű tárolókat igényel, a budapesti távhőellátásban viszont a jellemzően előnykapcsolással üzemelő HMV-termelésben kifejezetten a rövid idejű csúcsfogyasztások levágása a cél, lehetőleg minél kisebb, a hőtermelővel párhuzamosan kapcsolt tárolóval.

2.3. FŐTÁV által alkalmazott egy szivattyús kapcsolás

A régi 2003-2004 közötti mérési sorozatok alapján felállított méretezési összefüggések alapján, sok kompromisszum mellett a **3. ábra** mutatja a jelenlegi szekunder oldali HMV-kapcsolást. Látható, hogy a tároló töltését és a cirkuláció keringtetését egy szivattyúval biztosították. Mivel a tároló a 15-25 perces csúcsfogyasztásra van méretezve,

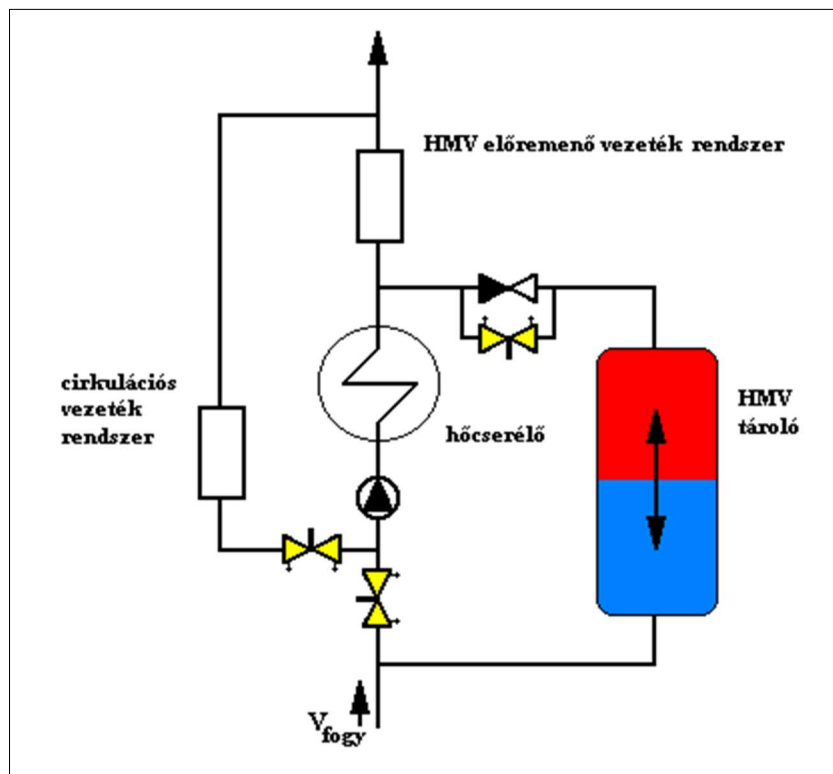
ezért a tároló töltésére több mint 23 és fél óra áll rendelkezésre. Mivel ennél a kapcsolásnál a periódusidő 24 óra, ezért mindegy, hogy a méretezés a tartamdiagram vagy a fogyasztási görbe szerint készül. Ilyenkor nem játszik szerepet, hogy a töltés vagy a kisütés rendre hogyan követik egymást. A kapcsoláson látható, hogy a cirkulációs ágba szükséges egy beszabályozó szelep, ami a cirkulációs hálózat beszabályozásáért felel. Amennyiben ez a szelep nincsen megfelelően beállítva, esetleg hiányzik, akkor a szivattyú feleslegesen nagy cirkulációs térfogatáramot fog keringtetni. Az egyszivattyús kapcsolás miatt a cirkuláció keringtetése érdekében a szivattyú folyamatosan üzemel. Mivel a cirkuláció nem áll le, ezért a tároló töltése is folyamatos lenne. Ezért javasolt egy szelepcsoport elhelyezése a tároló felső, töltő csonkján. Mivel a regenerálódásra hosszú idő áll rendelkezésre, ezért egy beszabályozó szeleppel kell beállítani a megfelelő töltési térfogatáramot. Az igen kis töltési térfogatáram beállítása a beszabályozó szelepen nagy nyomásvesztést igényel. Ez a nyomásvesztés zavarná a tároló csúcperiódusban történő kisütését, ezért a beszabályozó szelepet egy visszacsapó szeleppel kell megkerülni. Amennyiben ez a szelepcsoport nincsen beépítve, vagy nincsen megfelelően kiválasztva és beszabályozva, akkor ez a tároló túltöltéséhez vezethet: az alsó, hidegvíz oldali csonkon megjelenhet a HMV-hőmérsékletű melegvíz, és ennek a hőcserélő előtti visszakeveredése rontja a hőcserélő hatásosságát. Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy a hőcserélő logaritmikus közepes hőfokkülönbsége lecsökken, ezért megnő a tömegáram igény, és emelkedik a primer visszatérő hőmérséklet. Ez akár a teljes periódus alatt fennálló probléma lehet a nagy töltési térfogatáram mellett.



3. ábra

A **3. ábrán** látható kapcsolás alkalmazása során nagyszámú cirkulációs probléma jelentkezett az újonnan kialakított hőközpontokban. Ennek javítására alakították ki a **4. ábrán** látható kapcsolást, ahol az épületcirkulációt nem a tároló és hőcserélő ágak hidegoldali csatlakozási pontjához, hanem a tároló ágába, a tároló ág fojtószelepe és a szivattyú szívócsonkja közé kötik. Ez a változtatás némileg javít a cirkulációs gondokon, de csak a besabályozatlan tárolótöltés esetén. Amennyiben a tároló töltése besabályozásra kerül, akkor a **3. ábrán** látható kapcsolás előnyösebb, mint a **4. ábrán** lévő. [5]

Az ebben az alfejezetben taglalt kapcsolásokban kódolva van a túlméretezés, mivel a 99% megbízhatóság mellett történő méretezés azt jelenti, hogy az esetek 99%-ában le tudjuk fedni az igényeket, tehát a valós fogyasztás alapvetően a méretezési alatt lesz, és amikor az 1% teljesül, akkor is abban jelentkezik a nem kielégítő ellátás, hogy a szolgáltatott HMV néhány °C-kal hidegebb.

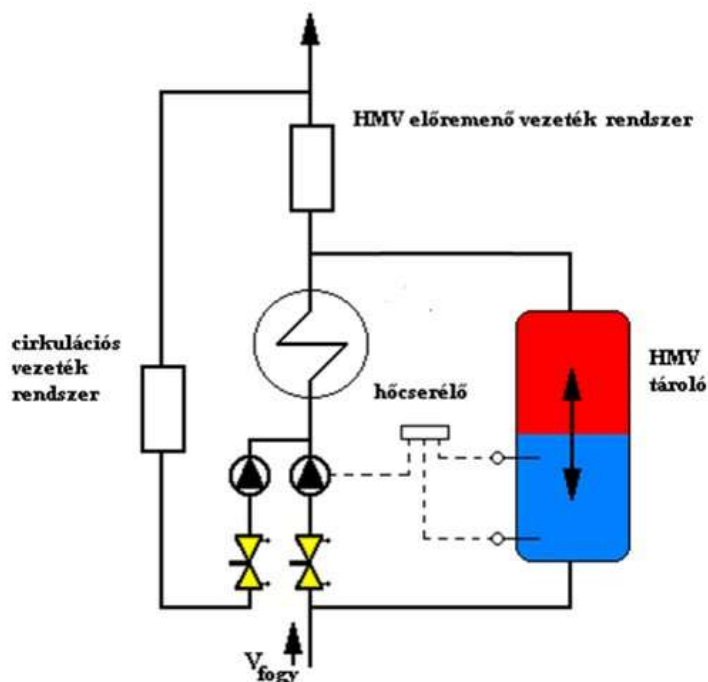


4. ábra

2.4. Javasolt kétszivattyús kapcsolás

Mivel a fentebb tárgyalt, jelenleg is alkalmazott egyszivattyús kapcsolások nem képesek kezelni a túlméretezést, ezért érdemes lenne olyan kapcsolást kialakítani, ahol a tároló töltését és a cirkuláció keringtetését külön szivattyú végzi el (5.ábra). Ilyenkor nincsen egymásra utaltság a tároló töltése és a cirkuláció keringtetése között. A töltőszivattyú megfelelő vezérlése esetén elkerülhető a tároló túltöltése is. Ezen kapcsolás esetén nem szükséges beépíteni a 3. ábrán látható szelepcsoportot, mivel a szivattyú ki- és bekapcsolásával elkerülhető a túltöltés. Ennél a kapcsolásnál csak az a mennyiségű tárolt térfogat vehető figyelembe méretezéskor, ami a felső, a tároló töltés beindítását vezérlő hőmérő felett található. Célszerű továbbá a HMV-termelést előnykapcsolásban megvalósítani, hiszen itt már fontos, hogy a csúcserőidusok rendre hogyan követik egymást. Ennek a kapcsolásnak az alkalmazásával a tartamdiagramban egybefüggően kezelt 15-25 perces csúcs nem összefüggő periódusban jelentkezik, helyette

több rövidebb csúcspériódussal kell számolni a nap folyamán. Ezzel együtt azt is figyelembe lehet venni, hogy a csúcspériódusok között a tároló töltő szivattyú regenerálni a tudja csúcspériódus során elfogyasztott tárolt térfogatot.



5. ábra

2.5. Vizsgálati célok

Az elvégzett vizsgálatoknak a budapesti távhő szolgáltatásban lenne kifejezetten nagy haszna, mivel a szolgáltató célja, hogy geotermikus energiát tudjon hasznosítani a primer víz felmelegítéséhez. Ezzel a szolgáltató olyan energiaforrást tudna hasznosítani, ami nem környezetkárosító; olcsón rendelkezésre áll, viszonylag állandó hőfokon; és kevésbé függene a szolgáltatás ára a mindenkor piaci gázártól. Ez azért fontos, mivel a távhő csak akkor tud piacképes maradni, ha be tud szerezni olcsó hulladékhőt. Amennyiben a primer melegvizet kogenerációs gázmotorokkal állítják elő kizárólag, akkor a piaci gázár és a nagyméretű rendszer veszteség-költségei miatt nem feltétlenül tud versenyképes lenni a helyi rendszerekkel.

Ahhoz, hogy a geotermikus hőt fel tudja használni a szolgáltató, minél jobban ki kell hűteni a primer visszatérő vizet, hogy az még hasznosítani tudja a (relatív) alacsony

hőfokszintű hőforrást. Ehhez a minél nagyobb fokú kihűtéshez a HMV termelés jelenti a legfontosabb potenciált. Ennek oka, hogy a primer víz a hőcserélőben a rendszerhez képest sokkal hidegebb hőmérsékletű vizet kell felfűtsön, és jóval nagyobb hőmérsékletkülönbséggel, mint a fűtési rendszer esetén.

A jelenlegi korlátos beruházási eszközök miatt csak a meglévő rendszerek adottságainak kihasználásával kell elérnünk a primer visszatérő hőmérsékletének a csökkenését. Ezért a jelenleg rendelkezésre álló tárolókkal és hőcserélőkkel kell megkeresnünk a megfelelő megoldást. Amennyiben sikerül a hőcserélő szekunder térfogatáramát csökkentenünk, akkor ahhoz kisebb primer térfogatáram fog tartozni, amennyiben a hőigény nem változik. Ezzel együtt, ha a primer előremenő hőmérséklet változatlan, akkor a primer visszatérő hőmérséklete csökkenni fog. A primer tömegáram csökkenését pedig a szekunder oldali térfogatáram szabályozásával automatikusan el tudjuk érni.

Mindezek azt indokolják, hogy a méretezést a tároló-töltő térfogatáram – tároló-méret összefüggés alapján végezzük, mert ez a csúcsok közötti regenerálódásokat figyelembe veszi, és így kisebb tárolóméretet adódhatnak ki adott térfogatáram mellett – vagy a meglévő tárolókat elegendő lehet kisebb térfogatárammal tölteni.

3. ADATOK KIÉRTÉKELÉSE

Az adatok pontos kiértékeléséhez olyan adatokra volt szükség, amelyek felbontása 1 liter/ 1 perc nagyságú. Ilyen adatok egy régebbi, 2003-2004- es FŐTÁV mérési sorozatból állnak rendelkezésre. Nagy számban állnak rendelkezésre 15 perc/ 100 liter felbontású friss adatok is, de ez a felbontás nem elég részletes a rövid csúcsfogyasztások, és a csúcsfogyasztások közötti tároló regenerálódás és töltés megfigyelésére. 38 épület adatait tudtam feldolgozni. Egy-egy épület esetében legalább 11, legfeljebb 29 nap fogyasztási adatai álltak rendelkezésre. A lakásszámok változatosak, legkisebb kiértékelt lakásszám 18 (1031 Ányos utca 5-7.), míg a legnagyobb a 119 lakás hőközpontja, a III. kerület Szőlő utca 35-37.

Cím	Lakás- szám	Mérési nap
1031 Ányos u 4-10.	36	27
1031 Ányos u. 5-7.	18	22
1032 Szőlő utca 35-37.	119	20
1032 Váradi u 26.	86	29
1032 Zápor u. 63.	60	16
1035 Váradi u 10-14.	45	19
1036 Pacsirtamező u 61-63.	56	25
1098 Friss u 3.	60	16
1103 Csombor u 7.	56	20
1104 Harmat u 74.	41	20
1104 Harmat u 82.	41	19
1104 Kéknyelű u. 10-14.	53	21
1104 Szőlőhegy u 9.	53	21
1105 Ihász köz 8.	65	23
1111 Budafoki út 10 A	46	22
1112 Neszmélyi út 38-40.	88	19
1114 Villányi út 8.	18	18
1119 Albert utca 10-16.	59	21
1119 Etele út 67.	101	23
1119 Etele út 71.	100	23
1132 Visegrádi u 50AB	31	18
1133 Gogol utca 34.	31	13

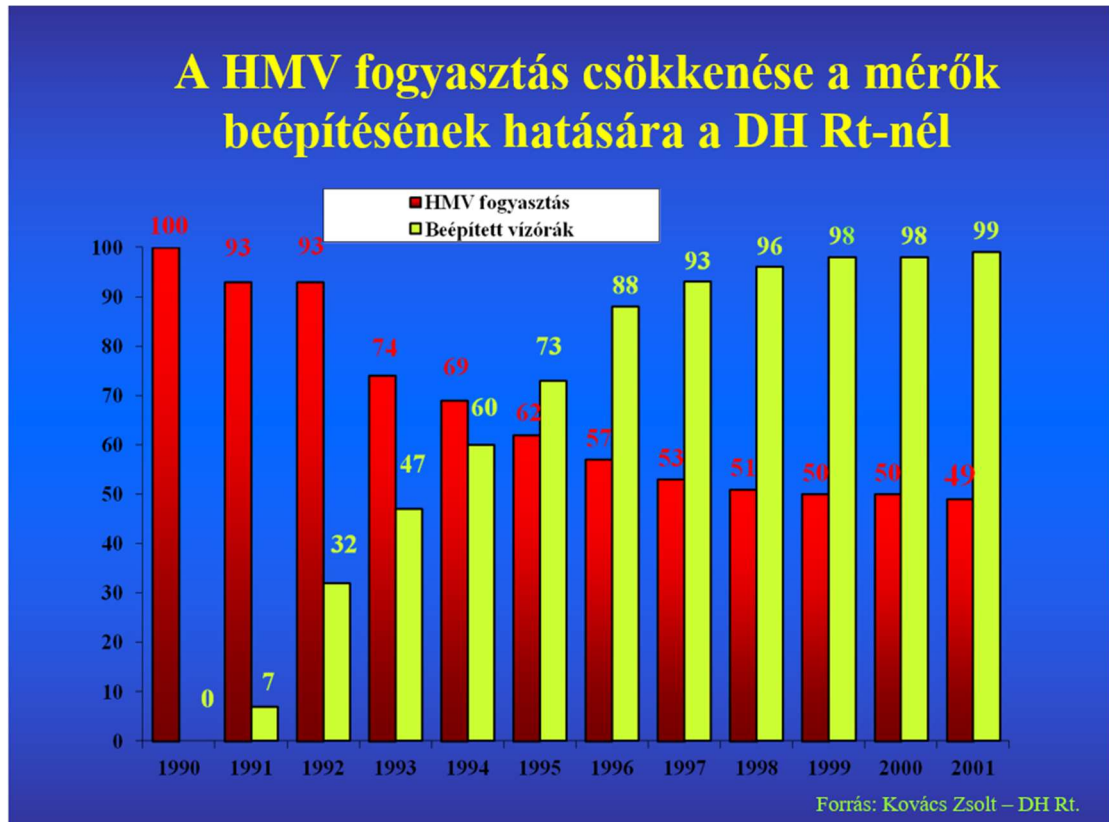
1133 Ronyva u 7.	30	17
1134 Kassák Lajos utca 78.	79	20
1136 Hollán Ernő u 19-21A	37	18
1137 Szent István park 35.	21	19
1137 Szt. István park 16.	22	11
1138 Tomori köz 2-4.	93	19
1138 Váci út 132A-B	96	23
1139 Tahi utca 28-32.	71	18
1139 Tahi utca 56-60.	71	19
1142 Horvát Boldizsár u. 2.	37	23
1142 Horvát Boldizsár utca 6.	37	10
1142 Nezsider park 5-8.	56	22
1142 Uzsoki utca 64A-B	39	19
1203 Ady Endre u 80.	65	19
1203 Baross u 46.	65	19
1214 Szabadság utca 18.	24	18

1. táblázat Vizsgált hőközpontok lakásszámai

Fontos továbbá, hogy csak olyan mérési sorozatok lettek a kiértékelve, ahol a teljes napra megvoltak a mérési adatok, mind hőmérsékletek és térfogatáramok is. Az elfogyasztott használati melegvíz hőmérséklete nem pontosan 50°C általában, ezért a mérési eredményeket (fogyasztás térfogatárama) 50°C hőfokszinten szolgáltatott melegvízre számoltam át. Ehhez a mért hőmérsékletekből kivontam 15-öt (a hidegvíz átlagos hőmérséklete), és az így kapott értéket elosztottam 35-tel. Az eljárás 50°C-os HMV esetén 1-et ad eredményül. Ezzel az értékkel szoroztam a mért térfogatáramot, ami egész literenként állt rendelkezésre és így 50°C-nál alacsonyabb HMV esetén a kapott térfogatáram kevesebb lett a mértnél, magasabb hőmérséklet esetén pedig több lett.

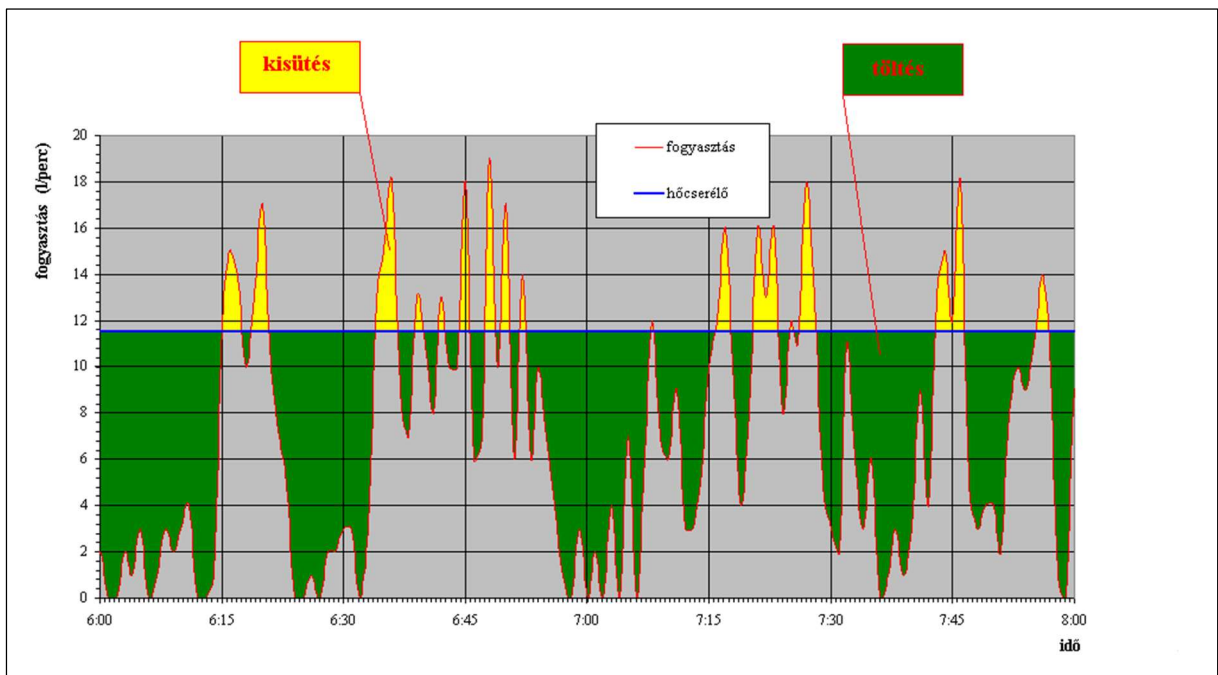
Ez a vizsgálat azt hivatott bemutatni, hogy ilyen felbontású adatokkal egy új mérési sorozat elvégzése után sikerülhet egy jobb rendszerméretezési módszer megalkotása. A mai mérési eredmények azért is lennének fontosak, mivel egyes feltételezések szerint csökkent a használati melegvíz fogyasztás az elmúlt évek során, elsősorban az

egyéni mérők általános elterjedése miatt (ld. 6. ábra: a HMV fogyasztásmérők elterjedésének hatása a HMV fogyasztásra a debreceni távhőszolgáltatásban). A kérdést eldöntő kiértékelés nem készült az elmúlt évek során. Erre alapozva a most kiértékelt már 20 éves adatsorozat biztonságot is adhat a jelen kor használati melegvíz tárolók méretezéséhez.



6. ábra

A csúcsok közötti regenerálódást a 7. ábra mutatja be.



7. ábra

Látható, hogy ha egy épület napi fogyasztását egy ilyen diagramon szemléltetjük, ahol a fogyasztások időrendben szerepelnek, akkor egy adott tároló-mérethez tartozó hőcserélő teljesítménnyel, illetve az ezzel arányos méretezési térfogatárammal megállapítható, hogy mikor tudjuk tölteni vagy kisütni a tárolót. Amikor a fogyasztás alacsonyabb, mint a tároló-mérethez tartozó hőcserélő méretezési térfogatáram, akkor tölthetjük a tárolót. Amikor a fogyasztás magasabb, mint a tároló-mérethez tartozó hőcserélő méretezési térfogatáram, akkor sűtjük ki a tárolót. Ezt a vizsgálatot érdemes több napra és minél több tároló méretre elkészíteni, hogy akár lakásszám és a napi átlagfogyasztás segítségével megállapítható legyen, mekkora HMV-tároló szükséges, vagy a jelenleg beépített tárolómérethez mekkora az az alacsonyabb méretezési térfogatáram, amivel 99% megbízhatóság mellett üzemelni tud a rendszer. Ezt a vizsgálatot érdemes minél több napra elvégezni egy adott épület esetén, és ehhez is szükségesek az 1 liter/ 1 perc nagyságú felbontású mérési adatok. Ebből is látszódik, ha a 15 perc/ 100 literes adatokat vizsgáljuk, akkor nem lesznek láthatóak a rövid kisütési és a töltési periódusok. Látható az is a 7. ábráról, hogy ilyenkor nem egy egybefüggő periódus-

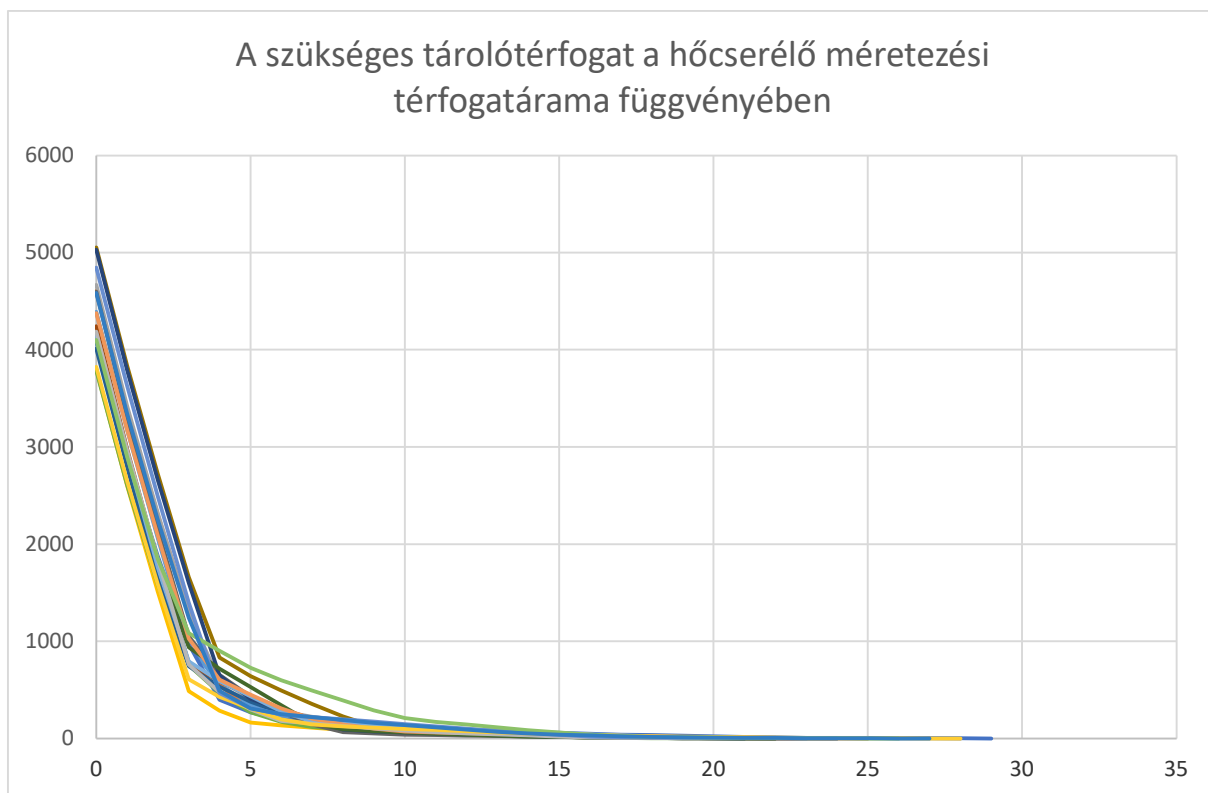
ként láthatjuk a csúcsgyaszításokat, ahol a széttagolt csúcsperiódusok között lehetőség van a tároló regenerálására. Így tehát csökkenthető lenne a tároló mérete. (Megjegyzendő, hogy az MSZ EN 12 831 szerinti „summation curve” elve ezt a regenerálást figyelembe veszi, csak órai felbontású adatokkal a fogyasztás 7. ábrán látható ingadozása pont eltűnik.)

Ennek a gondoltunk a továbbvitelével a meglévő 2003-2004-es mérési adatsorozattól az egyes napok 1 liter/ 1 perces felbontású adatait egy Excel makró segítségével értékeltük ki. Ezeket az adatokat korrigáltuk a HMM mért hőmérsékletével, hogy az elfogyasztott hőmennyiséggel legyen arányos a fogyasztás. A makró lefutása során 0 liter/perc térfogatáramtól kezdve literenként növelve a hőcserélő feltételezett tömegáramát, a makró rendre meghatározta, hogy mekkora maximális tároló-méret tartozik az adott napon az adott térfogatáramokhoz. A makró a futás során egy munkaváltozóban mindig eltárolta, ha a pillanatnyi fogyasztás megnövekedett, és ezt összegezte egészen addig, amíg a fogyasztás lecsökkent a kiválasztott térfogatáram alá, és közben a tárolót teljesen fel is töltötte.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	4391.263	4608.912	4668.41	3800.183	4082.412	3786.468	4011.53	4244.053	4600.408	5054.952	5031.277	4163.501	4153.211	4378.877	4188.081	3824.001	4845.047	4100.934	4586.342	4325.018
0	3.049488	3.200633	3.241952	2.639016	2.835008	2.629492	2.785785	2.947259	3.194728	3.510383	3.493943	2.89132	2.884174	3.040887	2.90839	2.655556	3.364616	2.847871	3.18496	3.003484
1	3176.939	3392.016	3426.366	2605.245	2884.499	2610.969	2799.448	2983.021	3307.481	3841.099	3794.169	2926.621	2919.246	3177.97	2971.015	2652.017	3631.16	2900.083	3347.387	3138.05
2	2061.236	2301.238	2322.282	1512.599	1875.378	1582.605	1648.365	1829.188	2148.784	2722.6	2661.57	1810.678	1762.856	2088.091	1847.085	1586.832	2492.781	1848.429	2251.209	2052.714
3	963.9295	1296.93	1282.357	486.3788	970.6736	753.7499	743.9305	776.7466	1051.287	1658.304	1599.654	936.7743	793.1808	1028.254	759.6092	608.7359	1397.296	1082.084	1241.278	1030.917
4	556.9372	551.8307	602.2212	287.0229	396.2525	471.6037	533.9937	586.2872	653.4785	831.0977	647.9795	717.9265	587.3277	603.6512	476.7337	427.6214	467.5811	900.6098	490.3861	702.9246
5	346.0454	279.3246	407.4212	162.3634	268.8761	269.3215	377.5989	438.8015	429.905	640.0066	406.2436	528.4122	432.4488	450.8701	298.1428	307.6408	310.3337	727.9647	309.7346	542.5229
6	215.9141	183.9708	279.6644	135.3525	197.549	171.4453	261.8581	302.2038	281.4458	491.525	295.3607	342.3119	279.4408	307.4595	181.64	195.5011	245.4849	597.0494	249.1711	399.3778
7	146.3411	155.9708	223.5521	112.3525	162.6972	116.231	160.2541	202.5708	143.6521	356.2404	187.3607	158.5319	172.297	203.8067	152.162	142.5011	220.4849	494.0494	218.1711	280.1482
8	130.3411	128.3639	182.4936	89.35253	148.6972	98.27755	101.286	161.216	65.34822	226.2619	91.27846	93.35581	155.107	143.101	127.7974	122.8728	195.9969	391.0494	188.5152	247.9149
9	114.3411	101.3639	144.4936	75.67839	134.6972	81.56555	85.25123	138.8692	51.48707	122.6941	72.34391	76.35581	139.107	101.101	103.7974	110.8728	171.9969	288.8877	161.2403	217.9149
10	99.04764	74.3639	106.4936	65.92639	120.6972	65.56555	72.08923	117.3343	40.02457	98.38301	61.10333	62.8627	123.107	72.05559	80.688	98.87279	147.9969	209.5368	136.9861	188.5986
11	84.04764	47.3639	89.54016	58.02499	106.6972	54.36705	59.08923	97.33431	34.02457	76.38301	51.10333	49.8627	107.107	63.05559	65.01829	86.87279	124.0158	171.7491	112.9861	159.5986
12	69.04764	38.53337	75.8953	51.02499	92.69716	45.36705	46.95323	77.40403	28.27829	54.38301	41.10333	37.47102	91.53699	54.05559	52.53714	74.87279	101.3078	142.7491	89.56959	130.5986
13	54.04764	31.50537	62.8953	44.02499	80.05659	36.36705	35.94865	58.40403	24.21429	37.04539	31.99304	27.44931	78.10871	46.81563	41.53714	62.87279	79.30778	113.7491	68.38038	101.5986
14	39.04764	24.50537	53.59536	37.02499	68.88659	27.36705	25.53008	41.08631	20.21429	27.60714	23.99304	20.25617	66.10871	39.81563	30.53714	51.34164	59.12378	86.11822	51.57587	73.11065
15	24.04764	17.50537	46.59536	30.02499	57.88659	18.36705	17.91766	28.54752	16.21429	20.06849	15.99304	14.58393	54.10871	34.67391	19.53714	43.93364	39.12378	61.58141	38.58765	61.30183
16	16.01764	10.50537	39.59536	23.02499	46.88659	9.649337	13.38243	21.89729	12.30743	16.06849	11.05837	9.583926	42.28442	29.67391	9.963371	36.93364	20.05754	39.33741	30.58765	54.30183
17	10.01764	7.382774	32.59536	16.02499	40.09241	5.389429	10.38243	17.46072	9.307429	12.06849	7.058366	6.762777	31.28442	25.03963	7.100571	29.93364	13.32365	26.38609	22.58765	47.30183
18	4.641351	5.382774	25.86536	9.024994	34.09241	2.964214	7.399574	13.46072	6.307429	8.439917	5.036234	4.762777	20.92363	21.03963	5.100571	22.93364	7.642506	16.49829	15.71908	40.30183
19	3.641351	3.868489	19.86536	4.654211	28.09241	1.964214	5.399574	9.460717	3.997143	5.439917	3.036234	2.762777	16.92363	17.03963	3.709714	17.15143	4.638857	13.16286	12.27057	33.30183
20	2.641351	2.868489	13.86536	2.654211	22.09241	0.964214	3.399574	5.460717	2.394571	3.243143	1.036234	1.392857	13.12392	13.03963	2.709714	14.15143	3.152571	10.16286	9.270571	26.30183
21	1.641351	1.868489	8.553074	0.654211	16.09241	0	1.399574	2.715354	1.394571	2.243143	0	0.392857	10.12392	9.603629	1.709714	11.15143	2.152571	7.162857	6.270571	19.30183
22	0.641351	0.868489	5.771429	0	11.01763	0	0	1.711926	0.394571	1.243143	0	0	7.12392	6.603629	0.709714	8.426286	1.152571	4.254286	4.527143	12.30183
23	0	0	4.771429	0	7.157143	0	0	0.711926	0	0.243143	0	0	4.12392	3.603629	0	6.426286	0.152571	2.385143	3.527143	5.301834
24			3.771429	0	4.957714	0	0	0	0	0	0	0	1.12392	0.603629	0	4.426286	0	1.385143	2.527143	4.05
25			2.771429	0	3.957714	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.426286	0	0.385143	1.527143	3.05
26			1.771429	0	2.957714	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.295714	0	0	0.527143	2.05
27			0.771429	0	1.957714	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.295714	0	0	0	1.05
28			0	0	0.957714	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.05
29			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

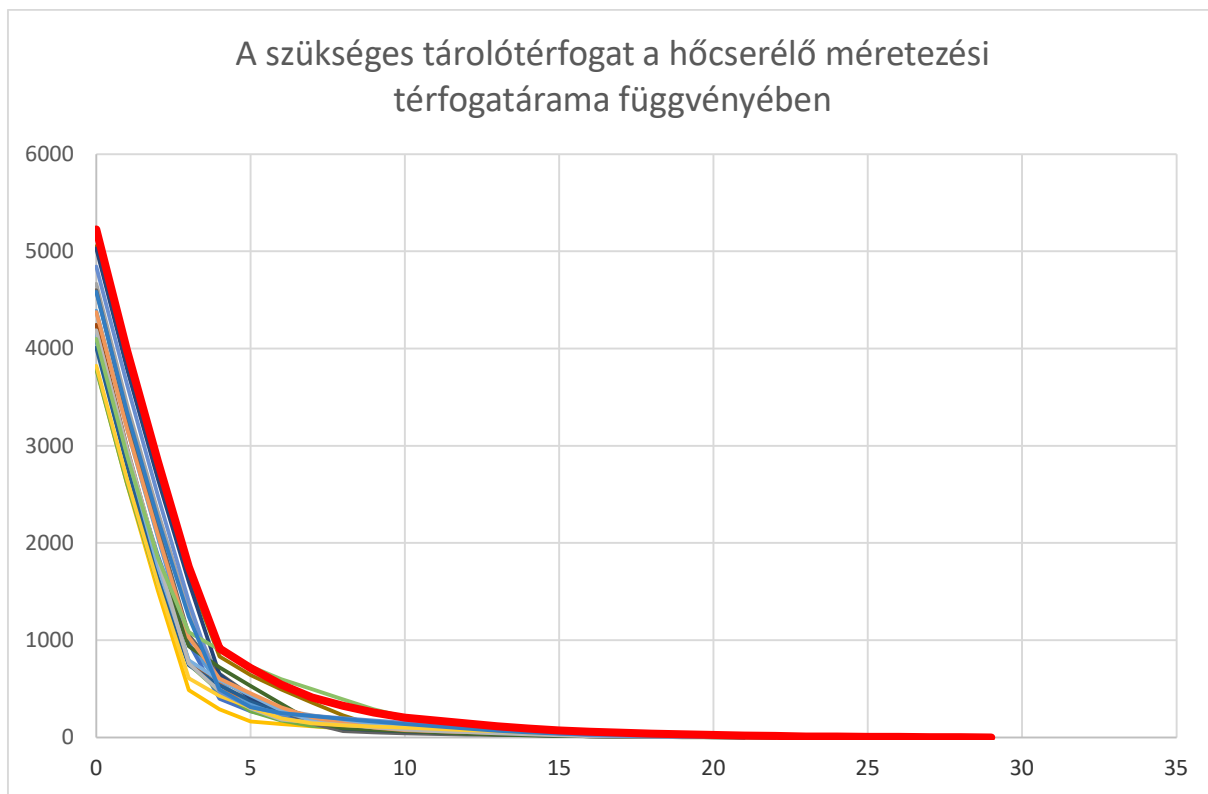
8. ábra

Ebből látható, hogy ha a 0 l/min a párhuzamos hőcserélőn áthaladó térfogatáram, akkor a betárolni szükséges térfogat a teljes napi fogyasztással lesz egyenlő. Amennyiben a hőcserélő akkora, hogy a napi csúcsfogyasztást is képes fedezni, akkor a tároló térfogata 0 liter, és nem szükséges melegvizet tárolni. Első esetben a tároló lesz irreálisan nagy, a második esetben a hőcserélő lesz gazdaságtalanul nagy. Ezek a szélső esetek. Mi a köztes értékeket keressük, elsősorban a jelenleg is használt 200, 300 és 500 literes tároló térfogatokhoz tartozó térfogatáramokat. Az eredményeket a **9. ábra** szemlélteti. A színes vonalak jelzik, hogy mekkora a tároló térfogat tartozik a növekvő hőcserélő méretezési térfogatáramokhoz, a mérési napokra elvégzett kiértékelés során.



9. ábra Harmat utca 74

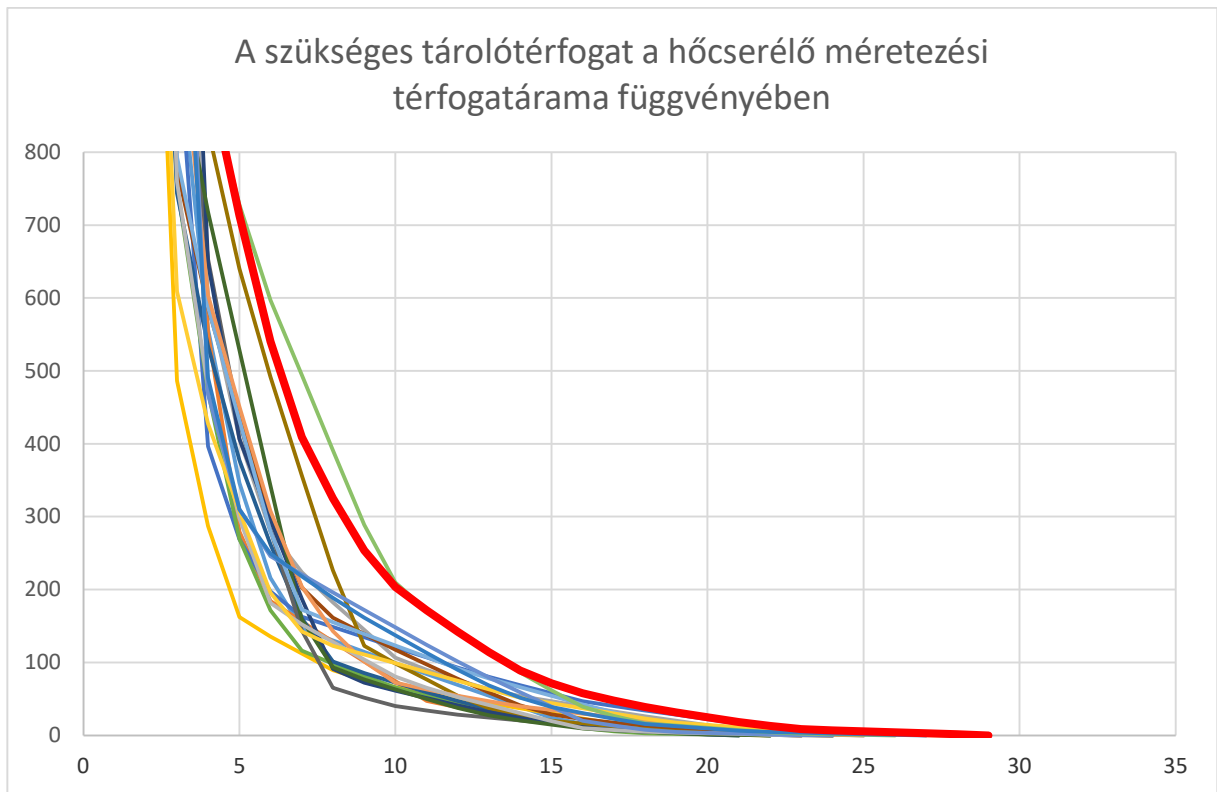
Az ezekre a görbékre illesztett 99% megbízhatóságú görbét az **10. ábra** szemlélteti. Megjegyzendő, hogy a 99% megbízhatóság akkor értelmezhető, ha a hőcserélő térfogatáramához választjuk a tároló méretét.



10. ábra Harmat utca 74. 99% megbízhatóság mellett

Ezeket a diagramokat el lehet készíteni az összes olyan hőközpontra, amelyre rendelkezésre állnak kellően nagy felbontású mérési adatsorok. Összesen 26 ilyen diagramot tudtunk elkészíteni az **1. táblázatban** látható lakásszámok mellett. Az azonos lakásszámú épületek közös diagramban szerepelnek.

A diagramon viszont csak az lesz a kifejezetten fontos rész, hol azt látjuk, hogy a meglévő 200 literes, 300 literes és 500 literes HMV-tárolókhöz esetén mekkora névleges térfogatáramok adódnának ki a hőcserélőre. A **10. ábrából** kiemelve a releváns részlet látható a **11. ábrán**:

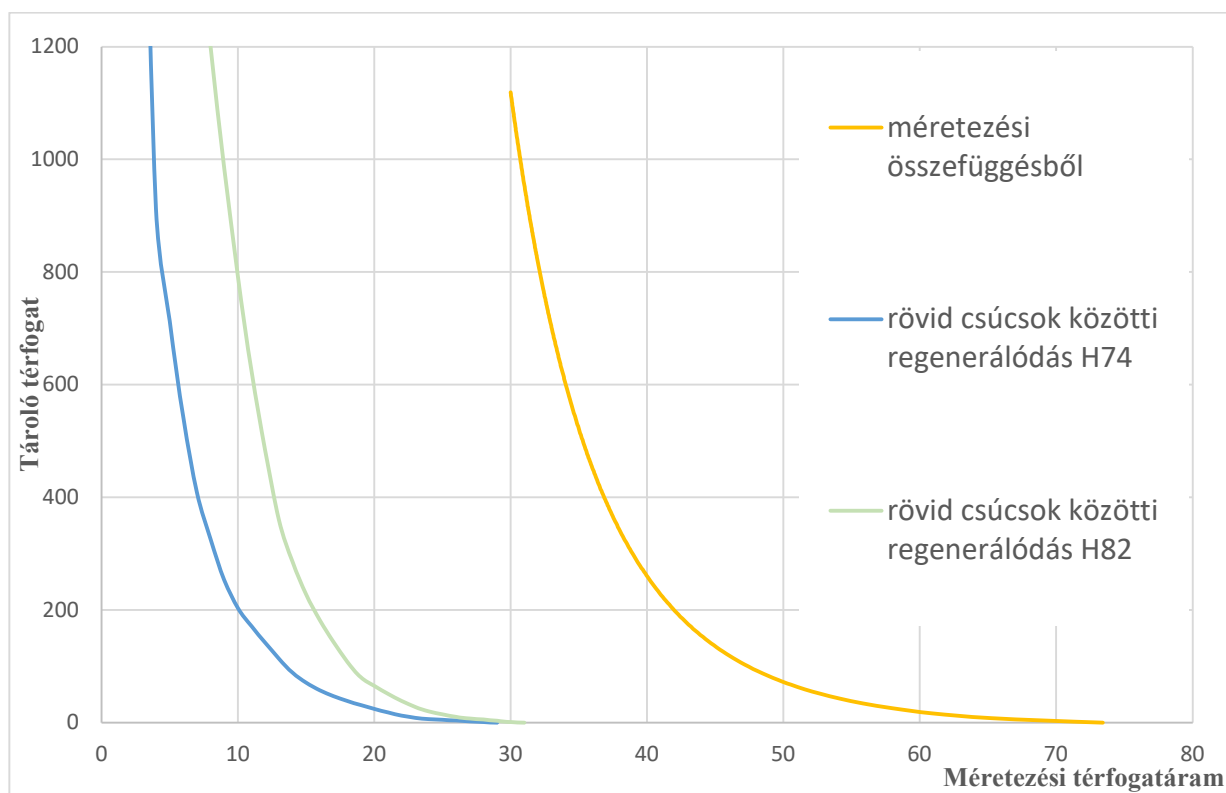


11. ábra

Látható a diagram alapján, hogy a 99% megbízhatóság esetén a kiválasztott tároló térfogatáramok mellett csak egy olyan mérési nap volt, ahol az adott tároló térfogathoz nagyobb méretezési térfogatáram adódott ki, a maradék 19 napon pedig kevesebb. Miután ezt a kiértékelést elvégeztük az összes számunkra releváns hőközpontra, további vizsgálat szükséges, hogy egy új, a valós fogyasztásokhoz igazítható méretezési összefüggést kaphassunk. A dolgozat nem tárgyalja az illeszkedésvizsgálatot és az új méretezési összefüggés meghatározását, de szemléltetni szeretnénk, mekkora eltérés adódhat, ha az eredeti összefüggés szerint méretezett tárolók és térfogatáramok szerint készült el az adott hőközpont.

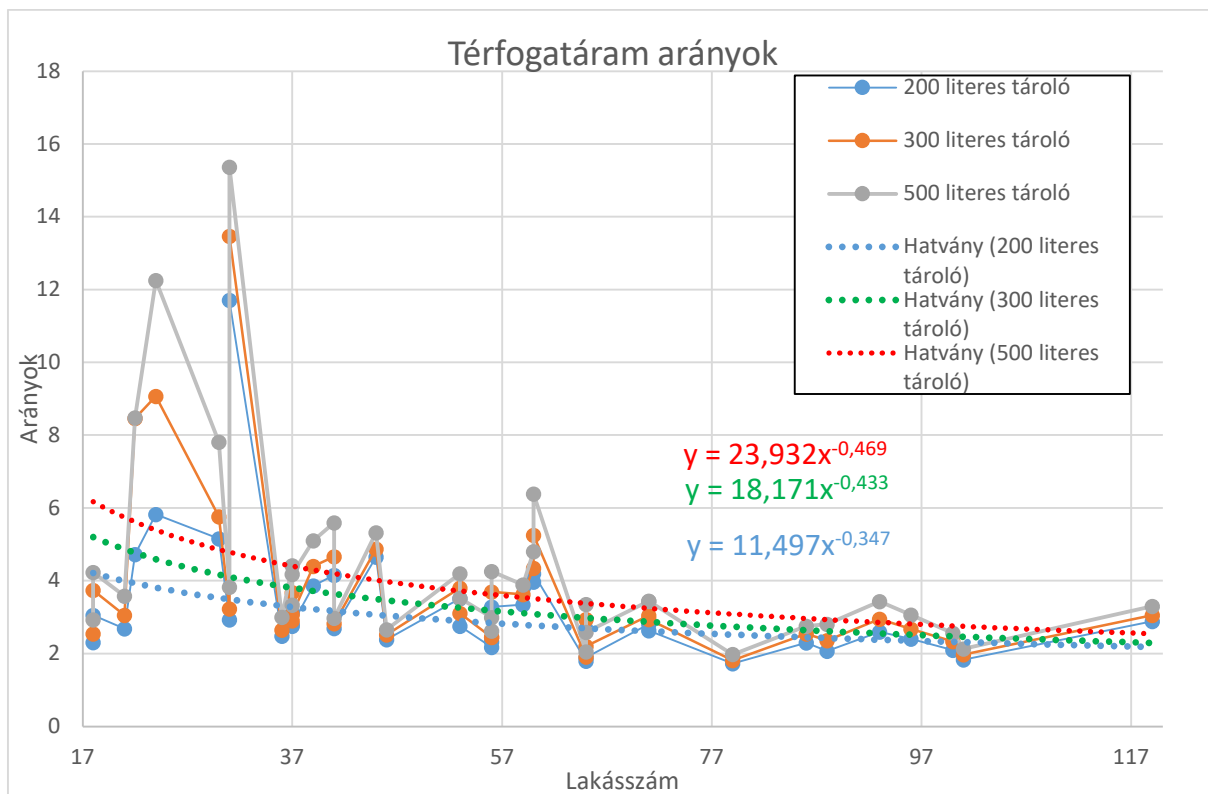
Ehhez olyan diagramokat készítettem, ahol a FŐTÁV által jelenleg használt (1);(6) méretezési összefüggésekből számított *tároló-méret = f(fűtési hőcserélő méretezési térfogatáram)* görbe, és a jelen vizsgálat szerinti görbe is szerepel. Ezeket a diagramokat a hőközpontokhoz tartozó lakásszám szerint csoportosítottam. A Harmat utca 74. egy 41

lakásos társasház, akár csak a Harmat utca 82., így a jelenleg használatos összefüggést is erre a lakásszámra állítottam melléjük (12.ábra):



12. ábra

Látható, hogy az elméleti összefüggés szerint az adott tároló méretekhez jóval nagyobb méretezési térfogatáram tartozik, mint a rövid csúcsperiódusok közötti regenerálódást is figyelembe vevő új kiértékelés szerint. Ezeket a diagramokat elkészítettem az összes épületre, amin kiértékelést végeztünk és megvizsgáltam, mekkora a túlméretezés mértéke az egyes esetekben. Ezeket arányszámokkal jellemeztem, amik segítségével elkészült a 13. ábra.



13. ábra

Ezzel együtt viszont láthatóak trendek az egyes tároló méretek esetén, és elmondható, hogy az elméleti összefüggéshez képest legalább felére csökkenthetőek a térfogatáramok a hőcserélőn. Ezek az értékek abban az esetben igazak, ha nem a jelenlegi egy szivattyús kapcsolást vesszük alapul, hanem egy másik kettő szivattyús kapcsolást, ahol külön szivattyú keringteti a cirkulációt és egy külön szivattyú tölti a tárolót. A jelenlegi kapcsolat esetén a visszatöltés be van fojtva, hogy a tároló regenerálását a „24 óra mínusz csúcsidőtartam” időre széthúzzuk: helyes méretezés (és a méretezés-kor figyelembe vett egyező fogyasztás) esetén a teljes kisütés-regenerálás periódus pontosan 24 óra.

4. ÖSSZEGZÉS

Ebben a dolgozatban sikerült elvégezni egy olyan kiértékelést, ami szemlélteti, hogy a jelenleg üzemelő egyszivattyús kapcsolások méretezési térfogatárama mennyivel magasabb, mintha külön szivattyúkat alkalmaznánk a tároló töltésére és a cirkuláció keringtetésére. A rövid csúcsperiódusok közötti tároló regenerálódás nagyban hozzájárul, hogy csökkenthessük a szekunder tömegáramot egy az **5.ábrán** látható kapcsolat esetén.

A továbbiakban el kell végezni egy vizsgálatot arra, hogy a hőcserélőn milyen változások következnek be a szekunder tömegáram csökkentésével. A cél az, hogy tudjuk csökkenteni a primer tömegáramot, és minél jobban ki tudjuk hűteni a primer visszatérőt. A kiértékelt mérési sorozatok görbéire illeszkedés vizsgálattal szeretnénk függvényt illeszteni, amivel egy új, a tényleges fogyasztáshoz jobban illeszkedő méretezési összefüggést szeretnénk elkészíteni.

Amennyiben sikerül egy új összefüggést készíteni a fogyasztási adatok alapján, akkor meg kell vizsgálni, hogy ez hogyan függhet lakásszámoktól, hogy új épület tervezése esetén is egy pontosabb méretezés alapján lehessen az új hőközpontokat kialakítani, amikről még nincsenek mért fogyasztási adatok. Az új rendszerkialakításoknál ezért fontos lesz, hogy a méréseket kellően nagy felbontásban tudjuk kinyerni a minél pontosabb kiértékeléshez.

Az új hőközpontok esetén is átalakításokat javasolnék. Elsőként a közös tároló töltő és cirkuláció keringtető szivattyú helyett kapjon mindegyik ág saját külön szivattyút. A cirkulációs hálózatba mindenképpen be kell építeni a beszabályozó szelepet és a beszabályozást is el kell végezni a rendszeren. A tároló töltő ágból elhagyható a fojtó- és visszacsapó szelep, mivel a szivattyú működtetésével a gyorsabb, csúcsok közötti regenerálódás a cél. A tárolón el kell helyezni hőmérőket, ami alapján a szivattyút lehet kapcsolni, hogy töltse a tárolót, vagy hagyja kisütni. Amennyiben új kialakítás történik, akkor valószínűleg egy kisebb tároló is és kisebb hőcserélő is elegendő lesz.

Érdemes a későbbiekben egy olyan vizsgálat elvégzése is, hogy mennyit változott a HMV fogyasztás a legutóbbi ilyen vizsgálat elvégzése óta, nagyjából 20 éve. Amennyiben változott, akkor milyen mértékben és milyen irányban.

Ha sikerül ezeket a vizsgálatokat elvégezni, képet kaphatunk a jelenlegi felhasználásról. Ez lehetővé teszi az alternatív, megújuló, olcsó energia bevonására a távhő ellátásban és kevésbé fog függeni a szolgáltatás a földgáztól árától és elérhetőségétől.

5. FELHASZNÁLT FORRÁSOK

- [1] Kutatási jelentés a BKM Nonprofit ZRt. és a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Épületgépészeti és Gépészeti Eljárastechnika Tanszéke között 2023. január 27-én kötött szakértői szerződés szerinti feladatok teljesítéséről; összeállította Dr. Szánthó Zoltán, 2023. június 30.
- [2] Lakóépületek mértékadó használatimelegvív-fogyasztásának meghatározása, Műszaki fejlesztési vizsgálati jelentés; összeállította Némethi Balázs, 2005. augusztus
- [3] B. Némethi, Z. Szánthó: Measurement Study on Demand of Domestic Hot Water in Residential Buildings; Proceedings of the 2nd IASME/WSEAS International Conference on Energy & Environment, p68-73.; Portorose, Slovenia, 15-17.05.2007.; ISSN:1790-5095
- [4] MSZ EN 12831-3 Épületek energetikai teljesítőképessége. Hőszükséglet számítási módszer. 3. rész: Használati melegvízes rendszerek hőterhelése és a szükségletek jellemzése, M8-2, M8-3 modul; 2017. november
- [5] Dr. Szánthó Zoltán: A használati melegvíz cirkulációs rendszerek besabályozásának kérdései; FŐTÁV tanulmány, 2006. március 31.