

Dr. Szánthó Zoltán
egyetemi docens
BME Épületgépészeti és Gépészeti Eljárástechnika Tanszék
szantho.zoltan@gpk.bme.hu

Használati melegvíz rendszerek kialakítása és üzemeltetése

Budapesti és Pest Megyei Mérnöki Kamara
Energetikai szakmai továbbképzés
a START 2022 Konferencián
2022. március 18. Budapest

Az előadás témái

- 9:00-10:30 Használati melegvíz termelő rendszerek kialakítása és üzemeltetése
- 10:30-10:50 SZÜNET
- 10:50-12:00 Cirkulációs rendszerek kialakítása, méretezése és üzemeltetése
- 12:00-12:30 SZÜNET
- 12:30-13:30 A Legionella baktériumok elleni védekezés a használati melegvíz rendszerekben

Használati melegvíz termelő rendszerek kialakítása és üzemeltetése

9:00-10:30

Hőigények meghatározása - hőmérséklet

$$\dot{Q} = \dot{m}c(t_{HMOV} - t_h) = \dot{V}\rho c(t_{HMOV} - t_h)$$

$$t_h \cong \text{állandó} \cong 10 \div 15^\circ C \quad t_{HMOV} = 45 \div 60^\circ C$$

TSG-81:

45°C, de legalább 40°C 1 liter víz kifolyatása után

DVGW W551:

a kifolyóknál a névleges 60°C elérhető legyen; a rendszerben megengedett max. lehűlés 5°C

49/2015 EMMI rendelet – Módszertani útmutató:

minden ponton folyamatosan 50°C feletti hőmérséklet („a víz hőmérséklete egy perces kifolyatást követően valamennyi csapolón haladja meg az 50°C-ot, optimálisan az 55°C-ot”)

MSZ-EN 806:

30 mp-cel a vízvételi hely teljes nyitása után ... a melegvíz hőmérséklete ne legyen alacsonyabb, mint 60 °C

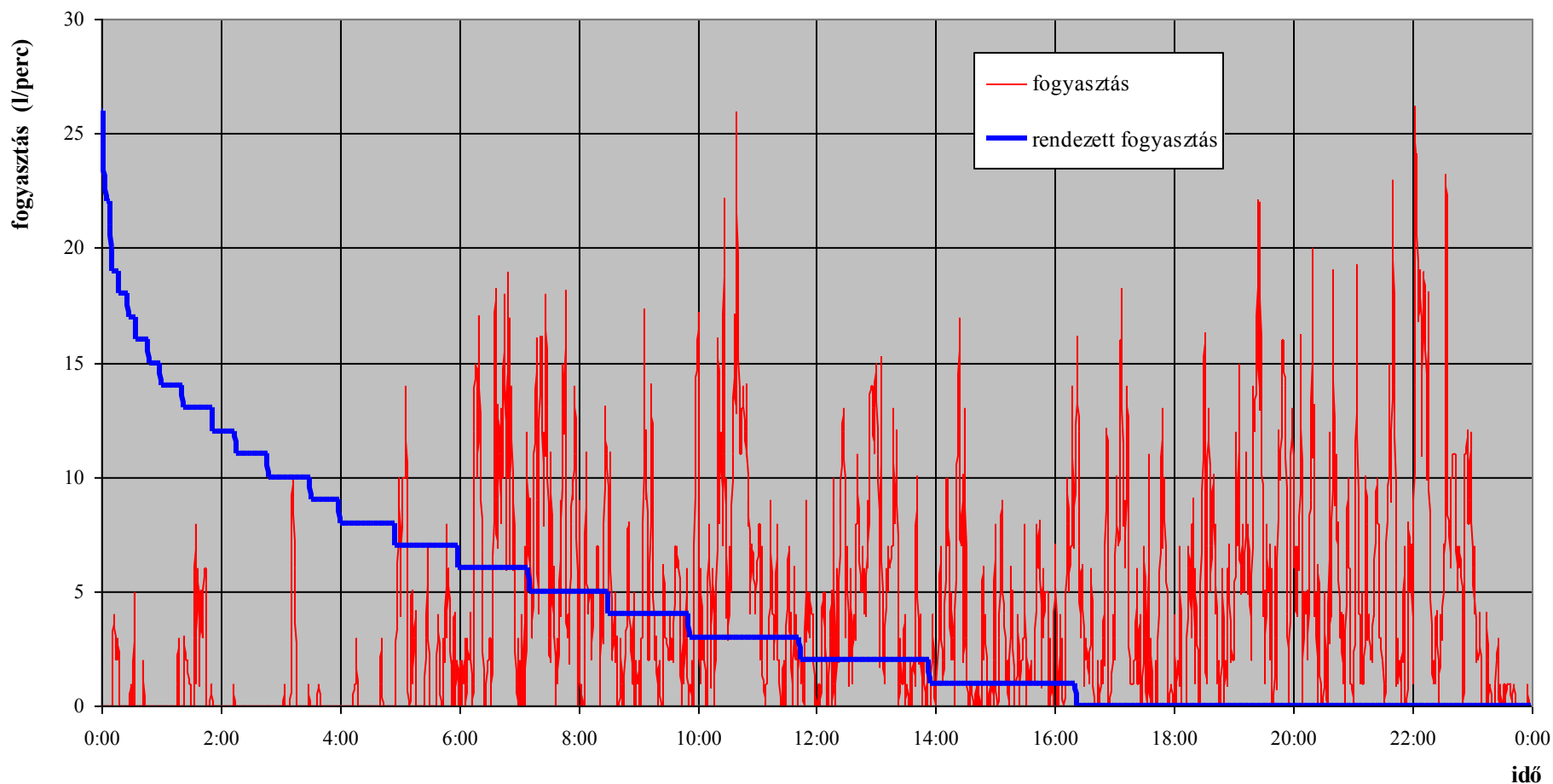
HMV térfogatáram: megbízhatósági méretezés

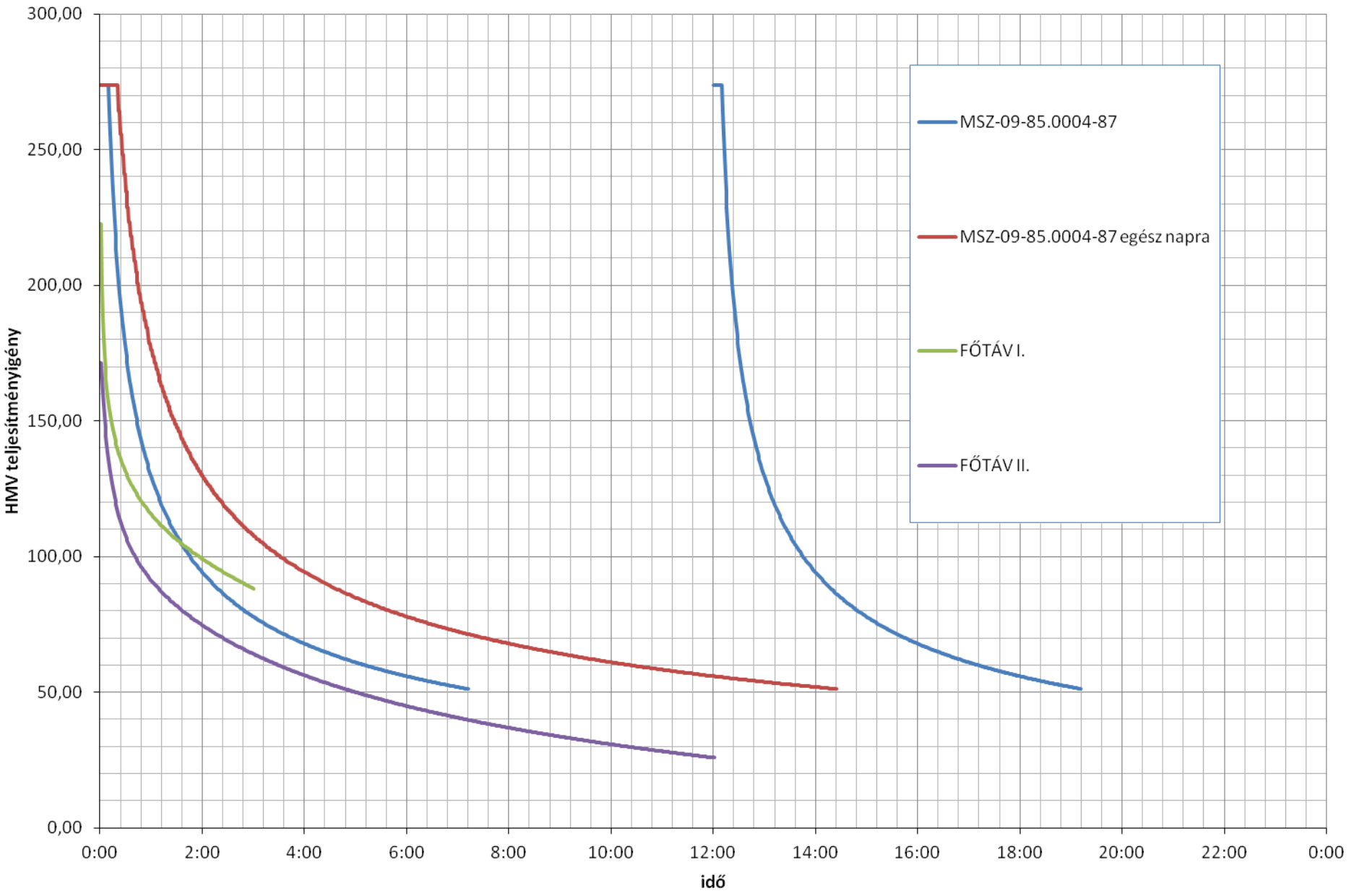
méretezés adott – általában 99% – megbízhatósági szintre

(ivóvíz, HMV, gázfogyasztás, szennyvízkibocsátás, csapadékvíz, villamosenergia igény, stb.)

A fogyasztás egy napi változása; a nap rendezett fogyasztási diagramja

(53 lakásos társasház)





Méretezési összefüggések

$$\dot{V}_{\text{átl.}} = 0,135 \cdot N + 0,3 \cdot \sqrt{N} - 0,6$$

$$A = 28,623 \cdot \dot{V}_{\text{átl.}}^{0,4893}$$

$$B = -0,27 \cdot \dot{V}_{\text{átl.}}^{-0,224} + 0,000813 \cdot \dot{V}_{\text{átl.}}$$

$$C = -0,00165 \cdot \dot{V}_{\text{átl.}} - 0,0135$$

$$\dot{V}(\tau) = A \cdot \tau^B + C \cdot \tau$$

liter/perc

csúcsidőtartam: 1÷180 perc

lakásszám: $N = 10 \div 350$

„FŐTÁV II. méretezési összefüggések”

$$\dot{V}(\tau, n) = \overline{\dot{V}(n)} \left(\frac{80,8}{\sqrt{\tau + 18}} - \frac{442}{\tau + 38,8} - 1,58 \right) \left(1 + m \left(\frac{\tau}{1440} - 0,25 \right) \right)$$

$$\overline{\dot{V}(n)} = 0,0447(n - 13,09) + 1,41\sqrt{n - 13,09}$$

$$m = 0,851 * \ln(n - 9,316) - 3,25$$

a térfogatáram liter/percben, az idő percben helyettesítendő
érvényességi időtartam 1-720 perc (fél nap)

15-350 lakás

Biztosan nincs alulméretezés; kisebb a túlméretezés mértéke (2005-)

Nem lakossági fogyasztók leírása

- a cél a napi tartamdiagram leírása
- nincsenek mérési eredmények; csak 3 iskolában zajlott egy kísérleti méréssorozat 2014 tavaszán
- rengeteg havi mérési adat áll rendelkezésre, amiből napi átlag határozható meg
- a 3 épület mérési eredményei alapján a fogyasztás tartamdiagramját gamma, Weibull és exponenciális eloszlással is jól le lehet írni
- egyszerűsége miatt az exponenciális eloszlást célszerű választani, ami egyparaméteres eloszlás, és a paraméter éppen a várható érték (azaz a fogyasztási periódus átlagfogyasztása) (!)
- problémát jelent az üzemszünet, illetve a 99% megbízhatósági szintű méretezési érték becslése
- exponenciális eloszlással a lakossági fogyasztók is jól leírhatók

az exponenciális eloszlás sűrűségfüggvénye

$$f_e(x) = \begin{cases} \lambda \cdot e^{-\lambda \cdot x} \\ 0 \end{cases}$$

$$\text{ha } x \geq 0$$

$$\text{ha } x < 0$$

az exponenciális eloszlás eloszlásfüggvénye

$$F_e(x) = \begin{cases} 1 - e^{-\lambda \cdot x} \\ 0 \end{cases}$$

$$\text{ha } x \geq 0$$

$$\text{ha } x < 0$$

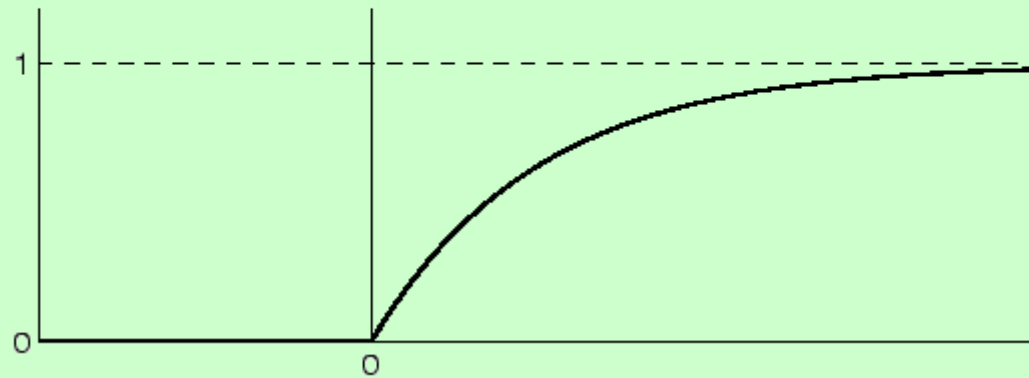
az eloszlásfüggvény inverze (a tartamdiagram)

$$F_e^{-1}(y) = \begin{cases} \ln(1 - y)^{-1/\lambda} \\ 0 \end{cases}$$

$$\text{ha } x \geq 0$$

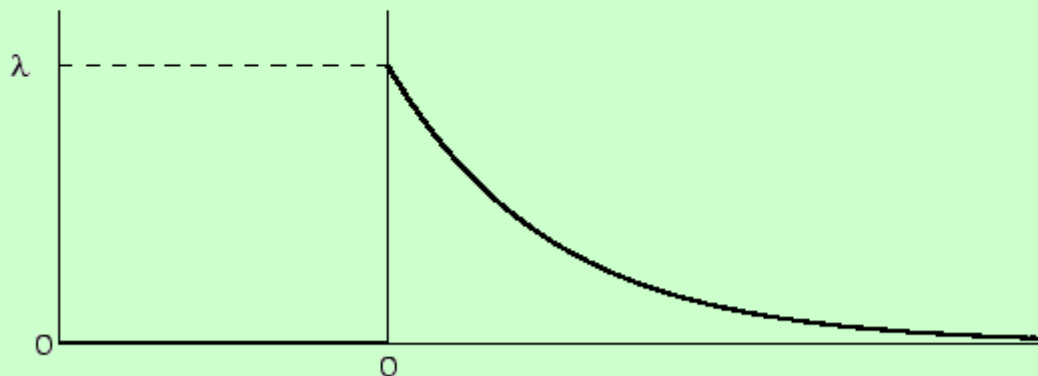
$$\text{ha } x < 0$$

$$F(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 0, \\ 1 - e^{-\lambda x}, & x > 0. \end{cases}$$



2.1. ábra: Az exponenciális eloszlásfüggvény

$$f(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 0, \\ \lambda e^{-\lambda x}, & x > 0. \end{cases}$$



2.2. ábra: Az exponenciális sűrűségfüggvény

Az eloszlásfüggvény szemléletes jelentése:

annak Φ valószínűsége, hogy a \dot{V} fogyasztás az adott értéknél kisebb

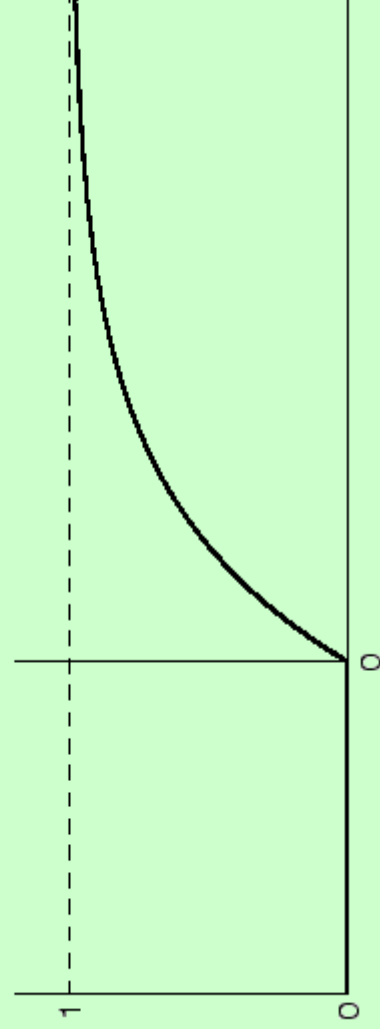
A tartamdiagram szemléletes jelentése:

adott t időtartamhoz tartozó \dot{V} csúcsfogyasztás; a \dot{V} csúcsfogyasztásnál nagyobb fogyasztás a T hosszúságú fogyasztási periódus (1 nap) során t ideig fordul elő

$$\Phi = \frac{T - t}{T}$$

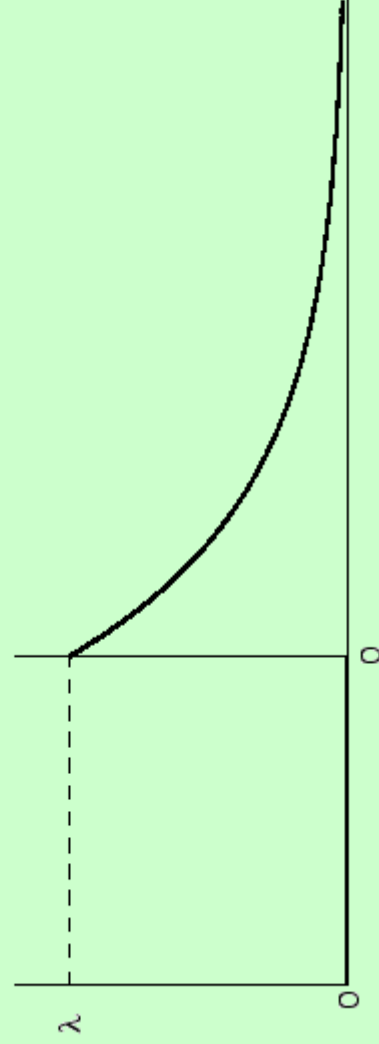
A tartamdiagram az eloszlásfüggvény 90° -kal való elforgatása!

$$F(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 0, \\ 1 - e^{-\lambda x}, & x > 0. \end{cases}$$



2.1. ábra: Az exponenciális eloszlásfüggvény

$$f(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 0, \\ \lambda e^{-\lambda x}, & x > 0. \end{cases}$$



2.2. ábra: Az exponenciális sűrűségfüggvény

az exponenciális eloszlás eloszlásfüggvénye

$$F_e(x) = \begin{cases} 1 - e^{-\lambda \cdot x} \\ 0 \end{cases}$$

$$\text{ha } x \geq 0$$

$$\text{ha } x < 0$$

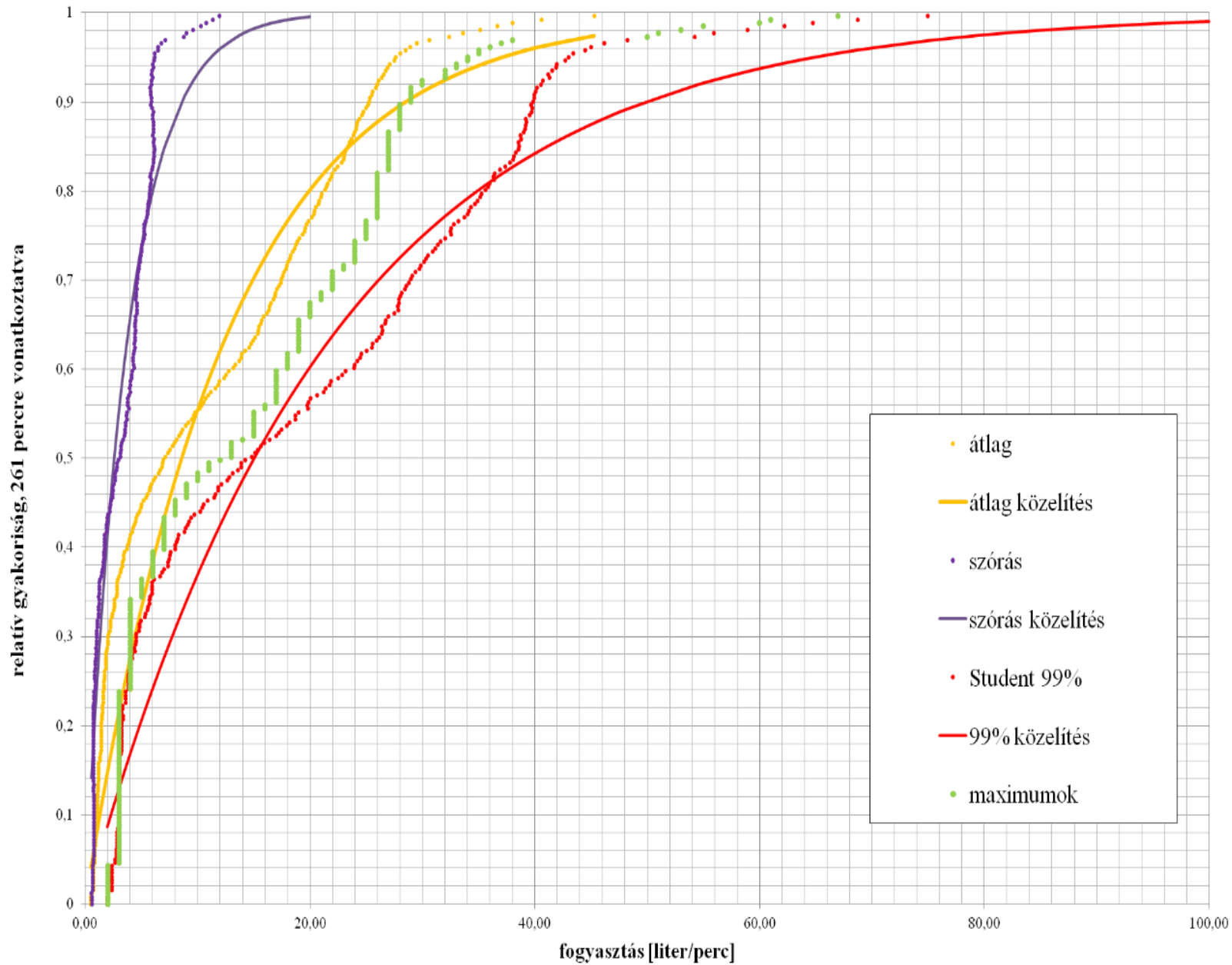
az eloszlásfüggvény inverze (a tartamdiagram)

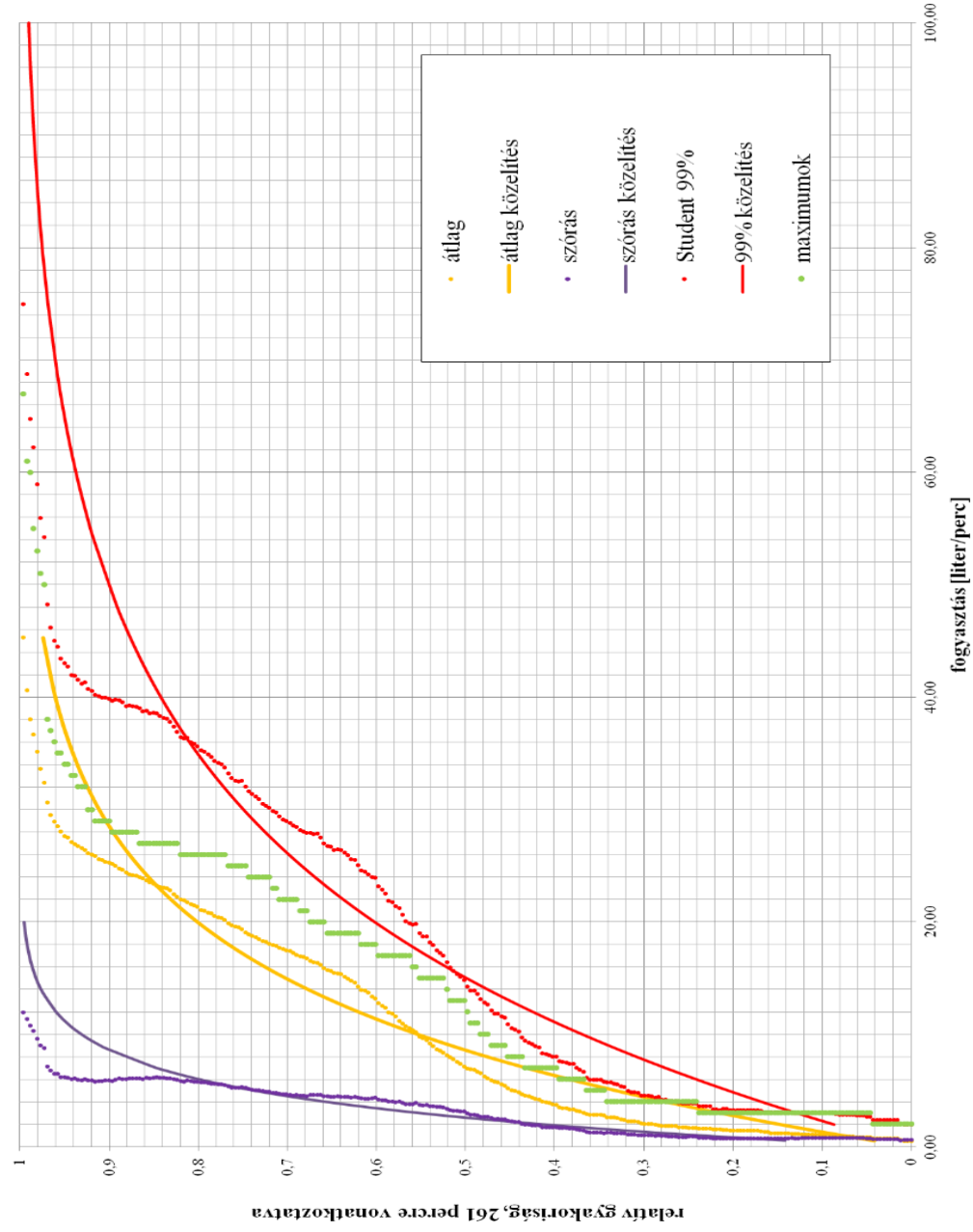
$$F_e^{-1}(y) = \begin{cases} \ln(1 - y)^{-1/\lambda} \\ 0 \end{cases}$$

$$\text{ha } x \geq 0$$

$$\text{ha } x < 0$$

- egy paraméterünk van, és az pont az átlagfogyasztás – azt pedig jól ismerjük a rengeteg elszámolási adatból
- de ez az átlag a fogyasztási periódusra vonatkozik, ami rövidebb 24 óránál – a fogyasztási szünet hosszát viszont nem ismerjük





A tartamdiagram exponenciális eloszlással való közelítése nem kiforrott módszer, egyelőre csak ígéretes elképzelés.

A méretezés nagyon sok bizonytalanságot tartalmaz.

Egy projekt során egy kórház HMV rendszerének méretezéséhez már sikeresen alkalmaztuk.

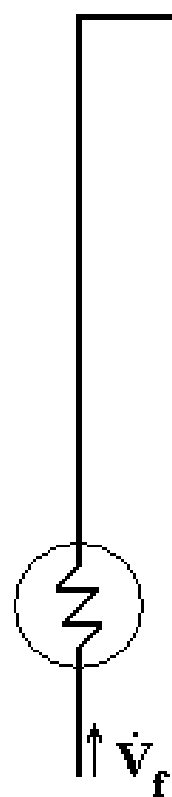
A kérdést a BME Épületgépészeti és Gépészeti Eljárástechnika Tanszéke a FŐTÁV megbízásából 2022-23 folyamán mérésekkel is vizsgálni tervezi.

A HMV termelő rendszer megfelelő kialakításával a HMV igények meghatározásában jelentkező bizonytalanságokat minimális beruházási költség többlettel egyszerűen lehet kompenzálni.

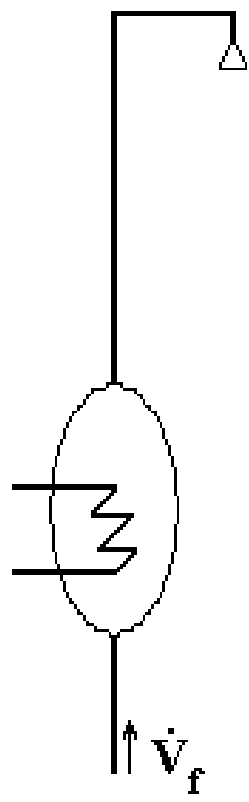
HMV termelés

A HMV termelés szekunderoldali kialakításai

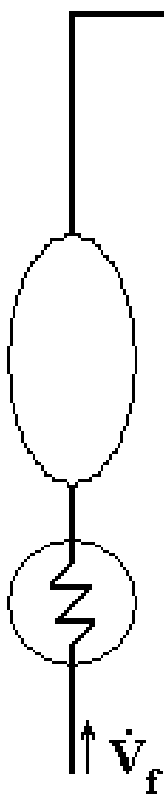
átfolyós



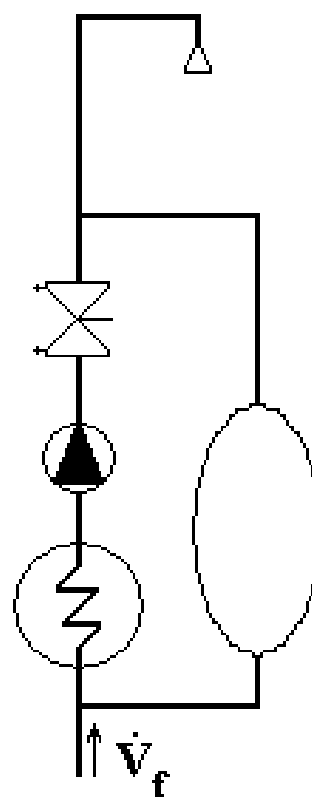
boiler



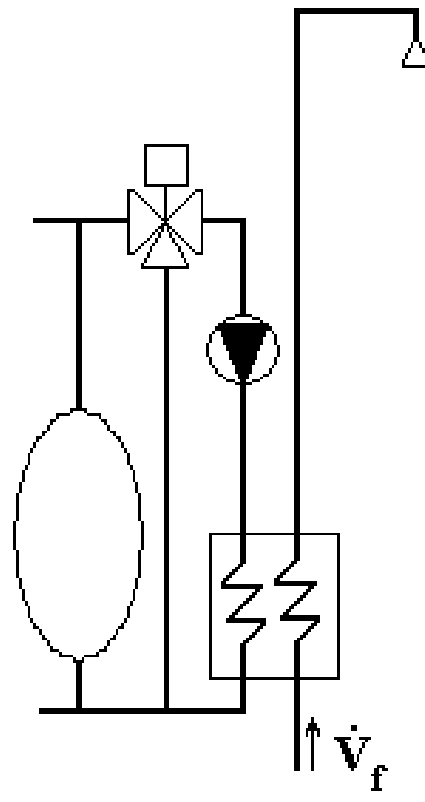
soros



párhuzamos

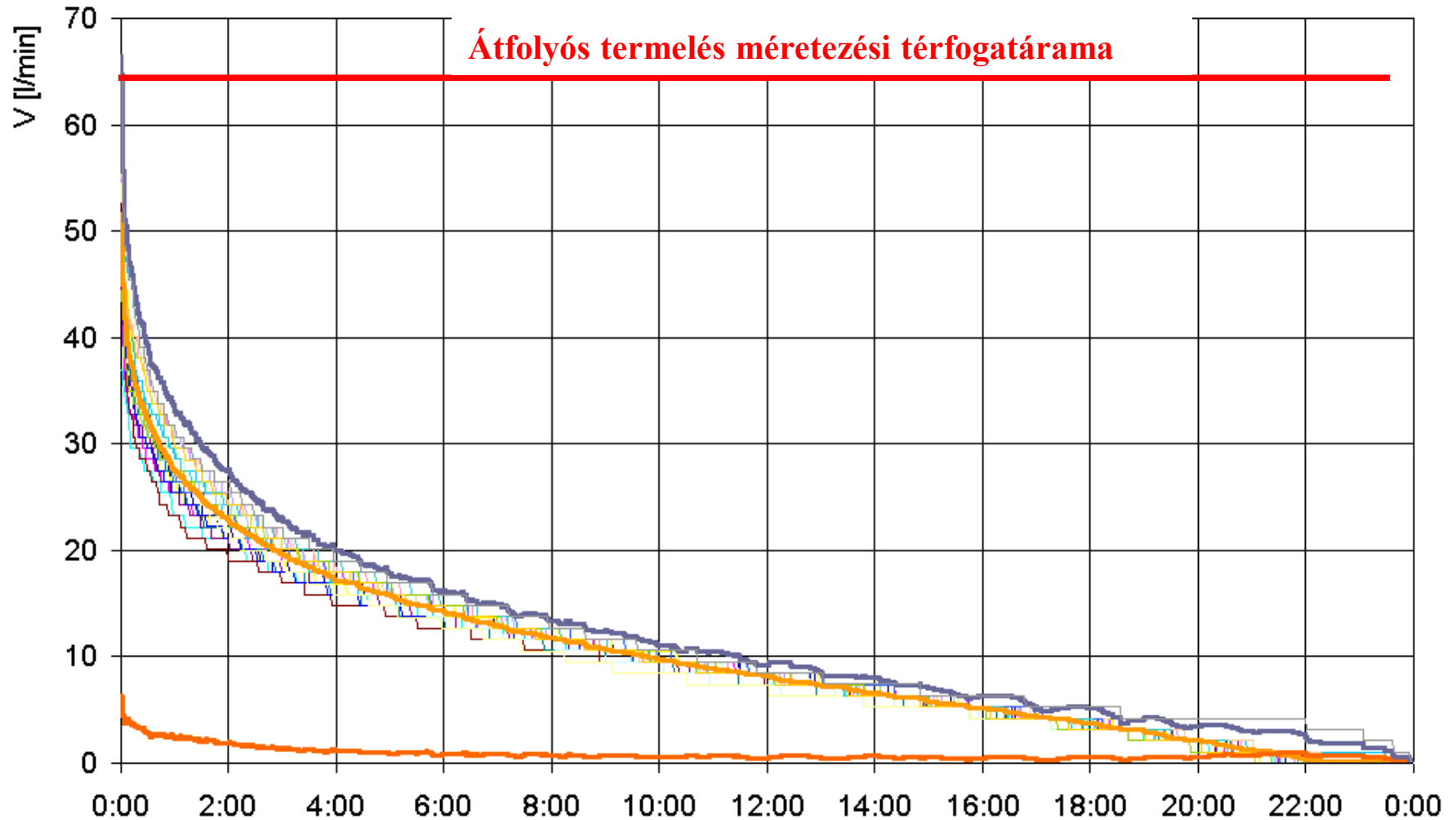


"frissvíz-állomás"



Átfolyós HMV termelés

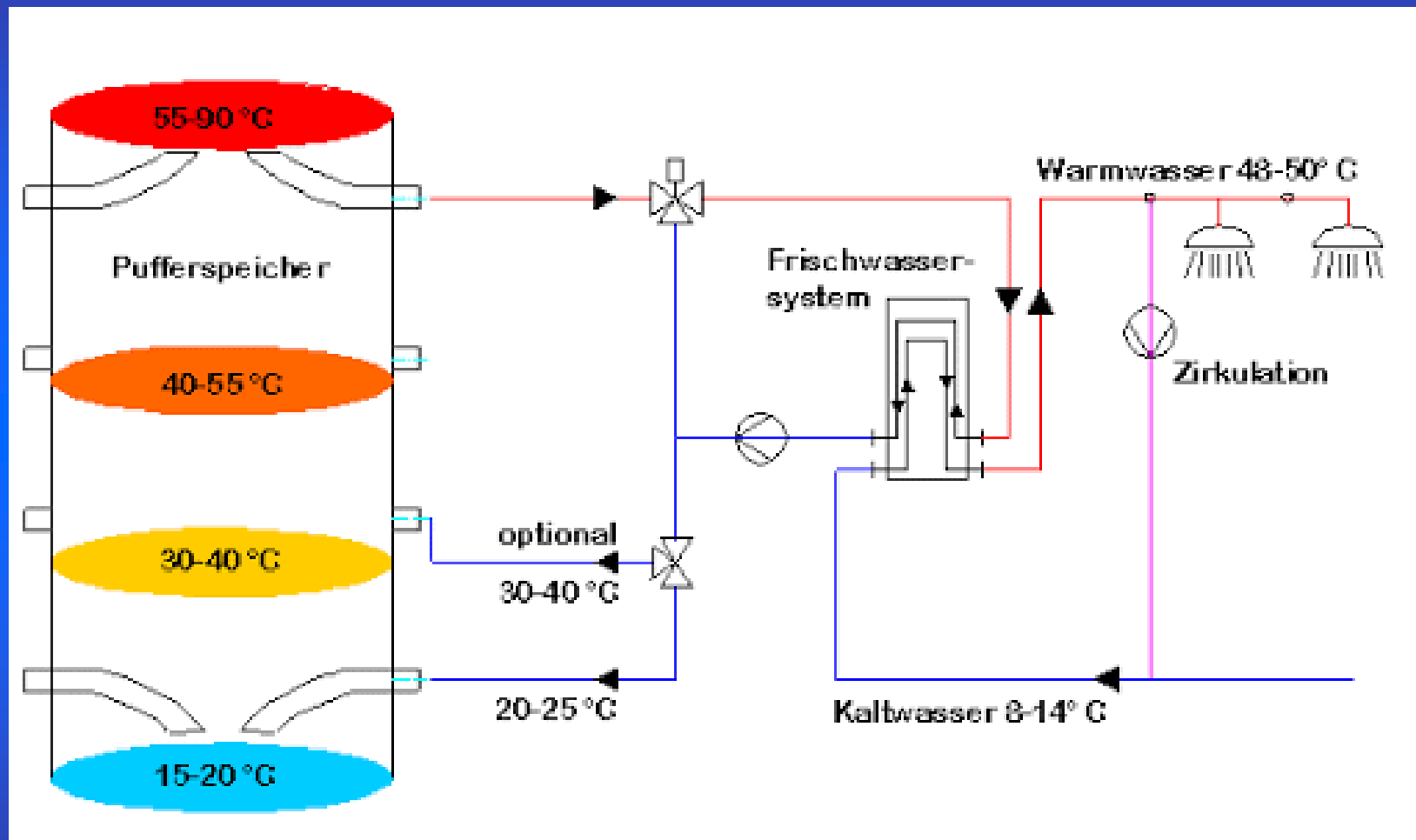
Rendezett fogyasztási diagramokból képzett átlag, szórás és 1% kockázatú érték



Átfolyós HMV termelés

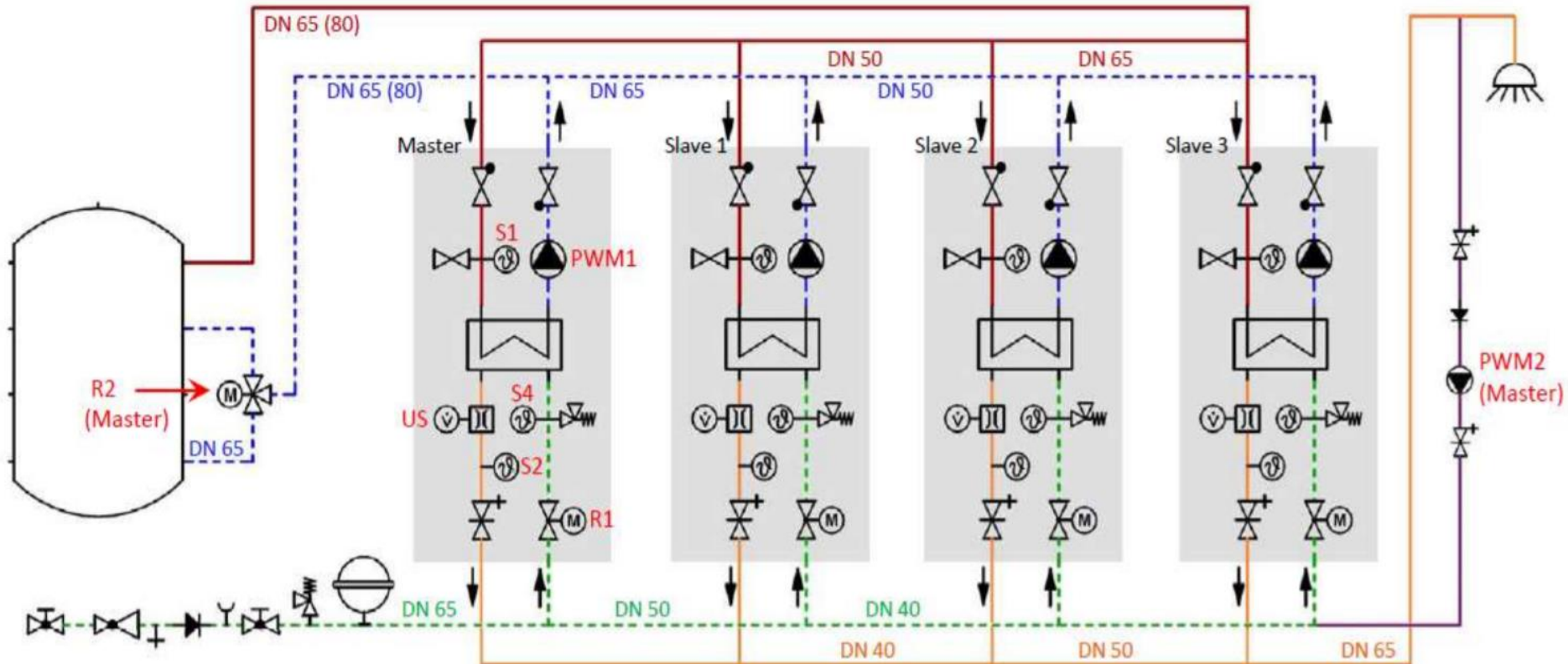
- Kialakítása a legegyszerűbb
- Lemezes hőcserélő alkalmazása esetén nem jelentős probléma a nagyméretű hőcserélő
- A hőcserélő primer oldalán is biztosítani kell a megfelelő teljesítményt – ennek költsége már korántsem elhanyagolható
- Nagyon rossz a csúcskihasználási időtartam
- Csak előnykapcsolásban érdemes alkalmazni
- A gyorsan változó fogyasztást nagyon nehéz szabályozással lekövetni

„Frissvíz állomás” (Frischwasserstation) (HMV oldalról: valójában átfolyós termelés)



Kis víztérfogat a HMV oldalon: egyszerűbb a higiéniai problémák kezelése;
alacsonyabb előremenő is megengedhető → hőszivattyús HMV termelés

Nagy létesítmény HMV ellátása frissvíz állomással



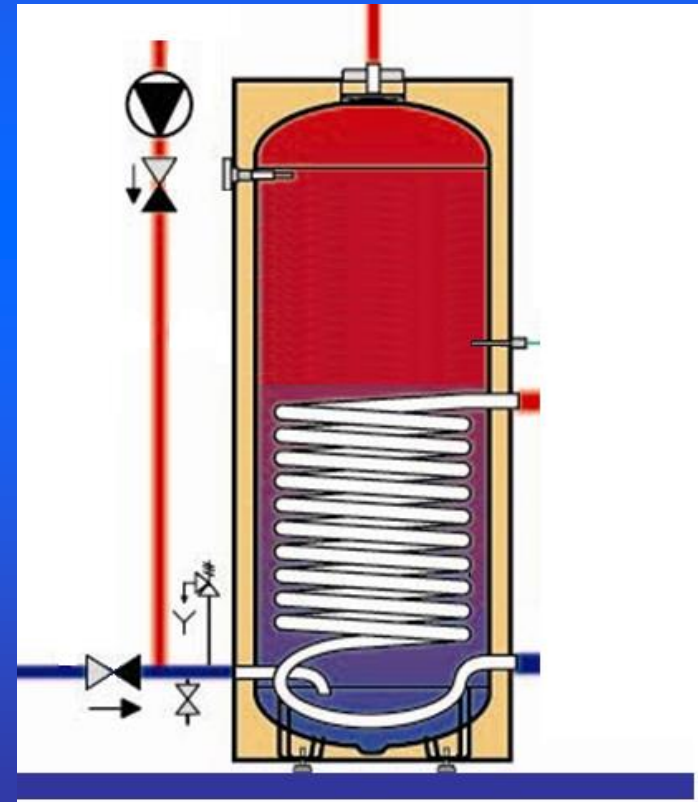
HMV bojlerok alkalmazásának higiéniai és energetikai korlátai

A téma aktualitása

- Igen gyakran merülnek fel ellátási panaszok bojleres („indirekt tárolós”) HMV termelő rendszerek működésével kapcsolatban:
 1. Nem megfelelő a szolgáltatott HMV hőmérséklete (gyakori ok)
 2. Rendkívül magas a HMV termelés energiafelhasználása (ritkább)
- Nagyon sok olyan rendszerrel lehet találkozni, ahol az 1. ellátási panasz nem jelentkezik, a 2. jelenséget viszont nem ismerik fel. (Ha nincs panasz, akkor probléma sincs!)
- A 2. hiba sok esetben eleve kódolva van a rendszerbe.
- A bojler betervezése és beépítése egyszerű és olcsó, az üzemeltetési költségek azonban a felhasználónál jelentkeznek.
- Az energetikaiakkal párhuzamosan vízhygiéniai problémák is felmerülnek.

A bojlerok alkalmazásának szempontjai

- Egyszerű, kompakt kialakítás; nincsen szükség szivattyúra, beszabályozásra, nincsen külső hőcserélő
- Kiválasztására/méretezésére könnyen kezelhető összefüggések, illetve katalógusok szolgálnak
- Kedvező ár
- Szereti a tervező és kivitelező
- A hőcserélő felület mérete korlátozott
- Kisütés után hosszú lehet a felfűtési idő
- (Higiéniai problémák merülhetnek fel)
- Nagy méretben nem jó az üzemeltetőnek és a felhasználónak (csak nem tudják)



Bojler („indirekt fűtésű tároló”) méretezése/kiválasztása

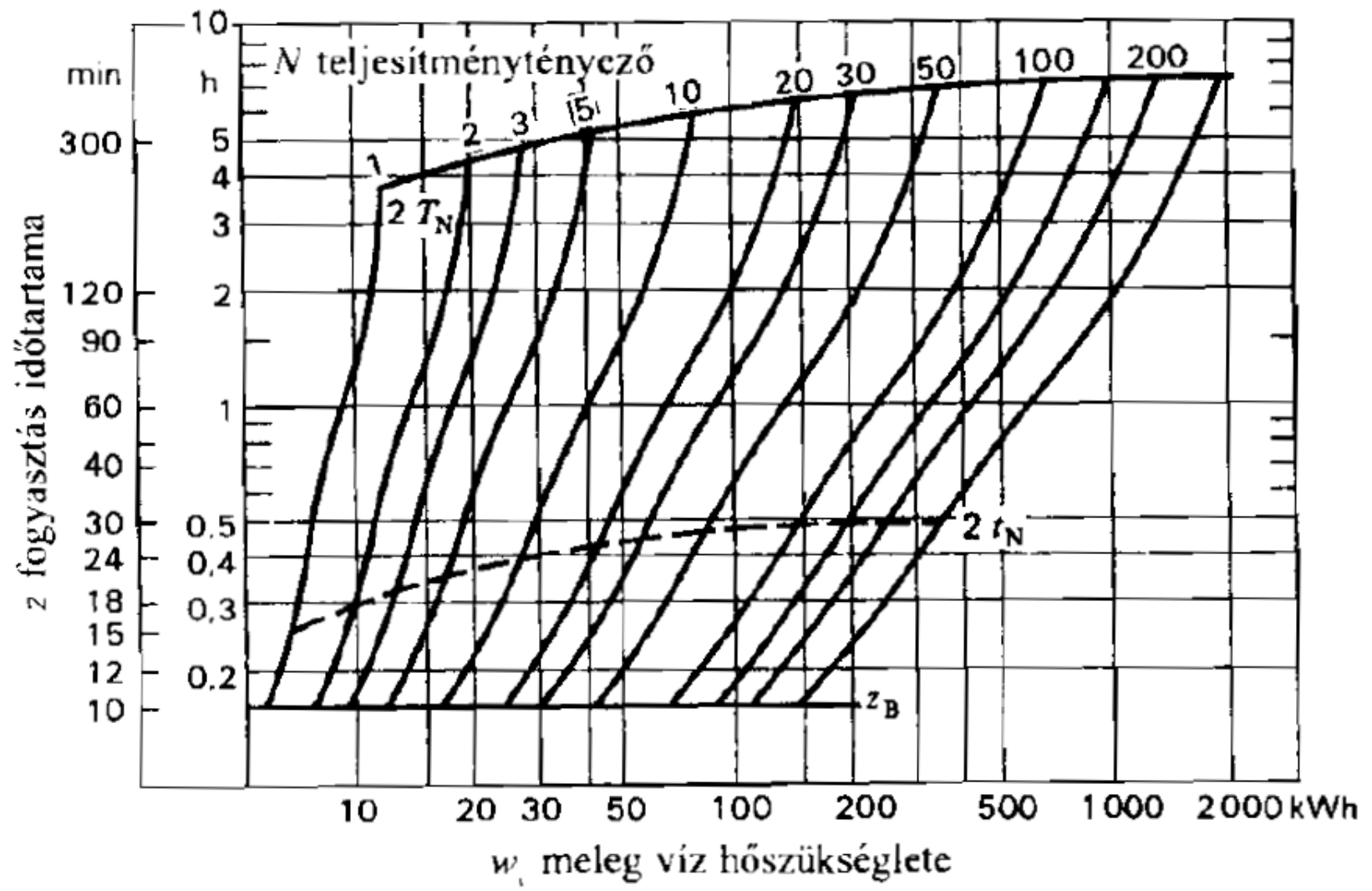
- Méretezés a DIN 4708 szerint
- N szükséglet-tényező megállapítása: az ellátandó fogyasztók igényének átszámítása „lakóegység”-re:

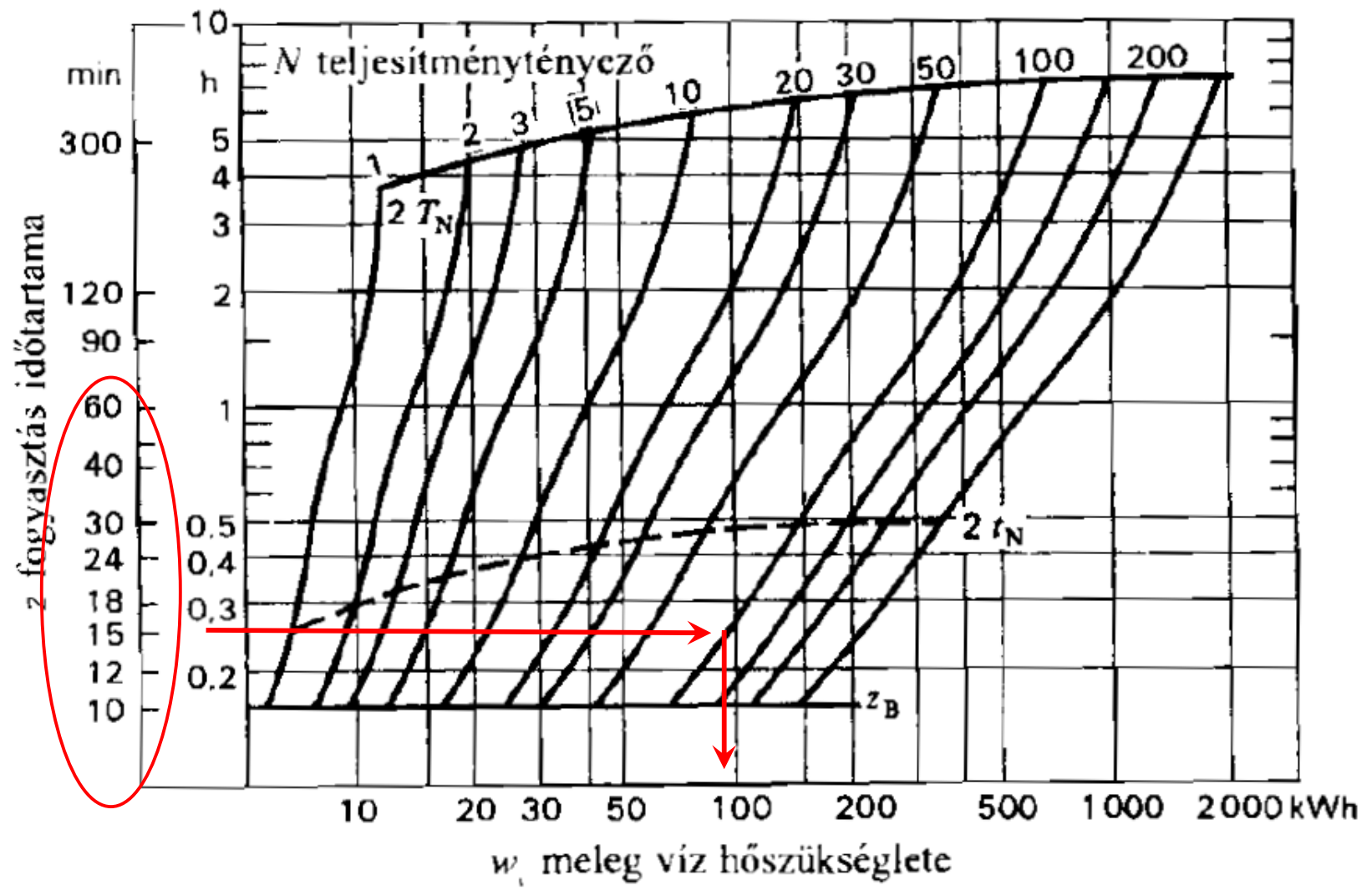
$$N = \frac{\sum_n p \cdot v \cdot w}{p_e \cdot w_e} = \frac{\sum_n p \cdot v \cdot w}{3,5 \text{ f} \acute{o} \cdot 5,820 \text{ kWh}}$$

- Hőszükségleti görbe az N tényező függvényében
- Ez alapján a tárolós vízmelegítő (bojler) kiválasztható:

$$N_{\text{t} \acute{a} \text{r} \acute{o} \text{l} \acute{o}} > N$$

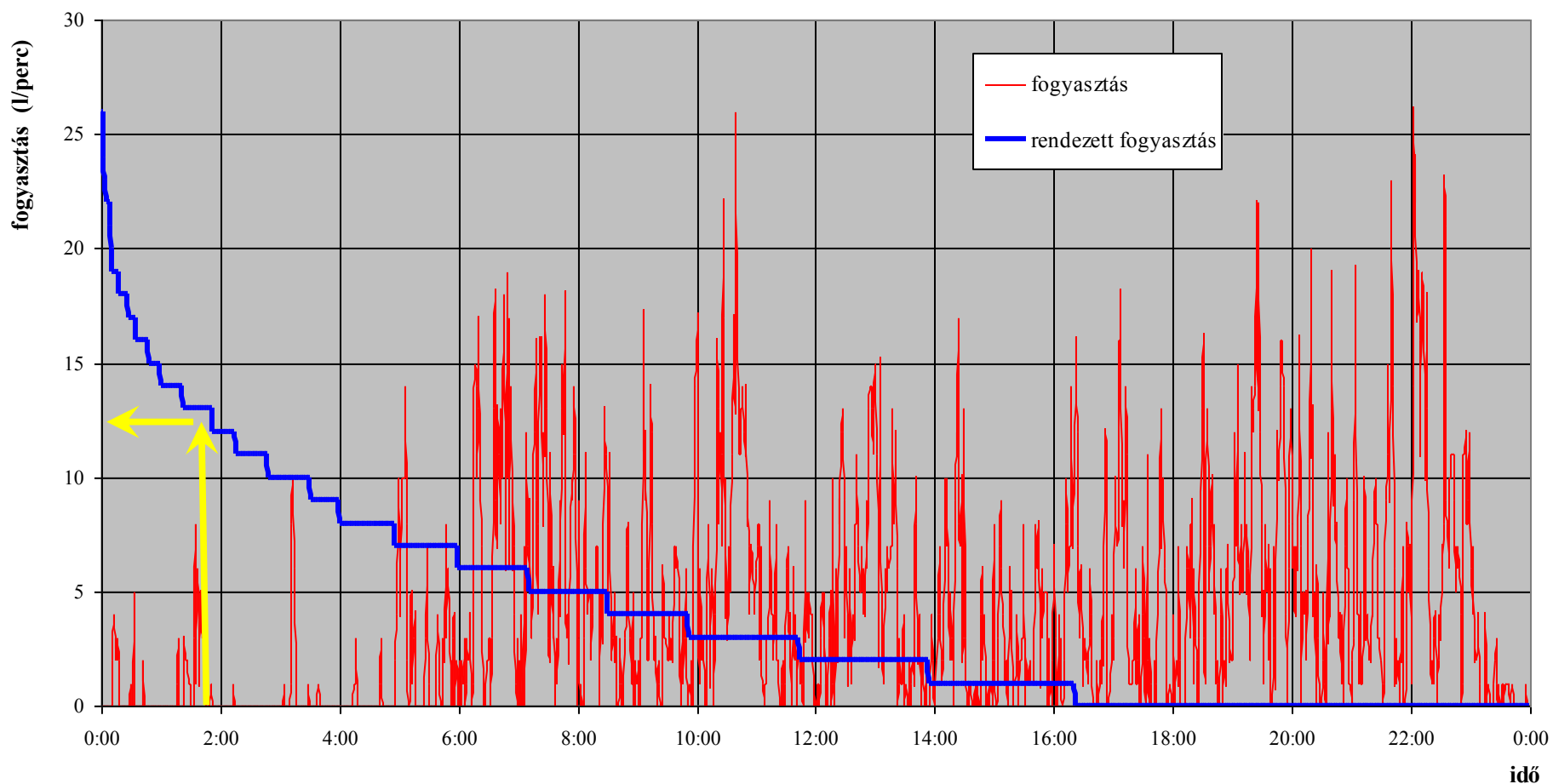
- Teljesítménytényező (Leistungskennzahl): a gyártók katalógusban megadják





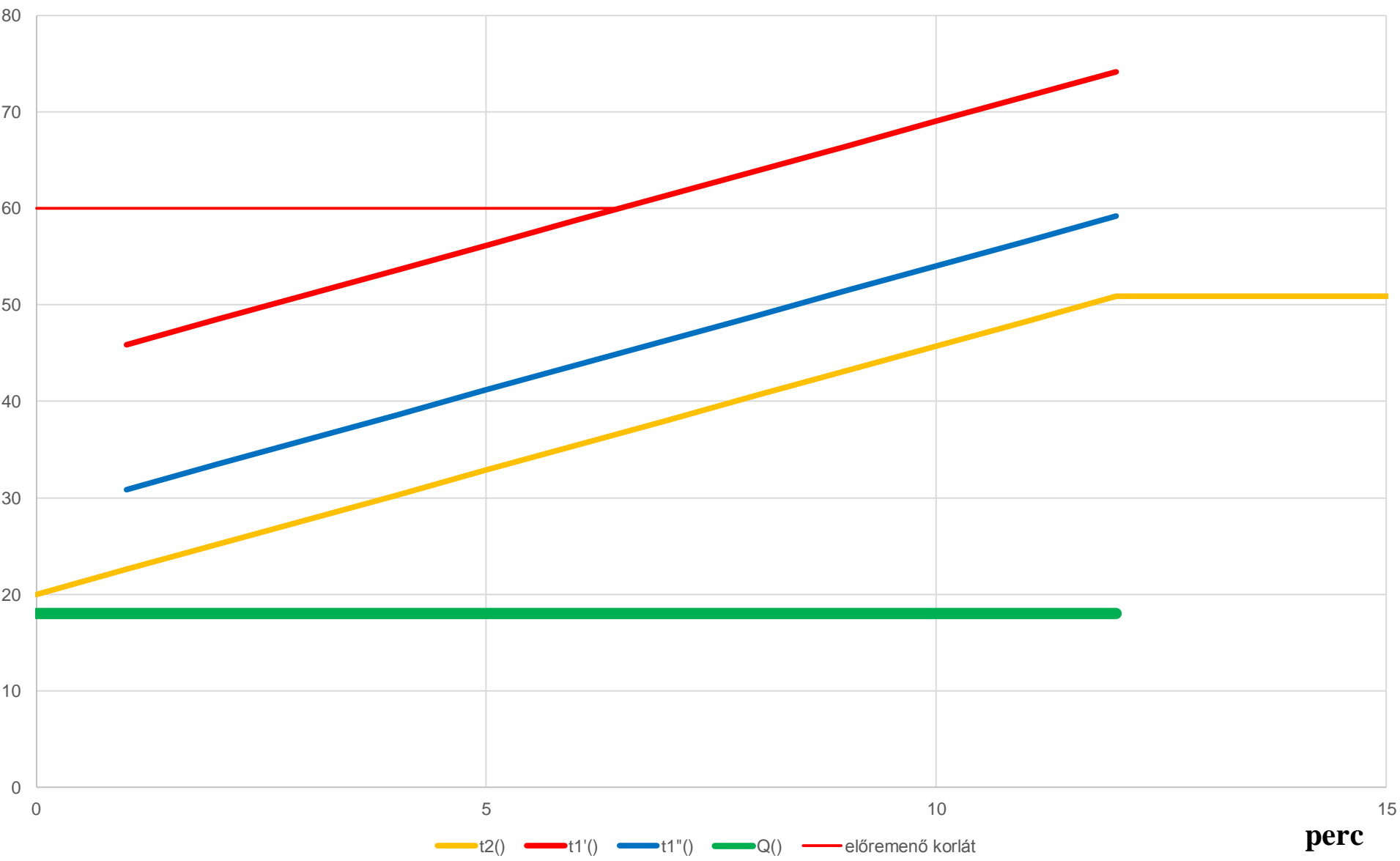
A teljesítménytényezőt tartalmazó diagram és a tartamdiagram egymással egy-egyértelmű összefüggésben vannak

A fogyasztás egy napi változása; a nap rendezett fogyasztási diagramja
(53 lakásos társasház)



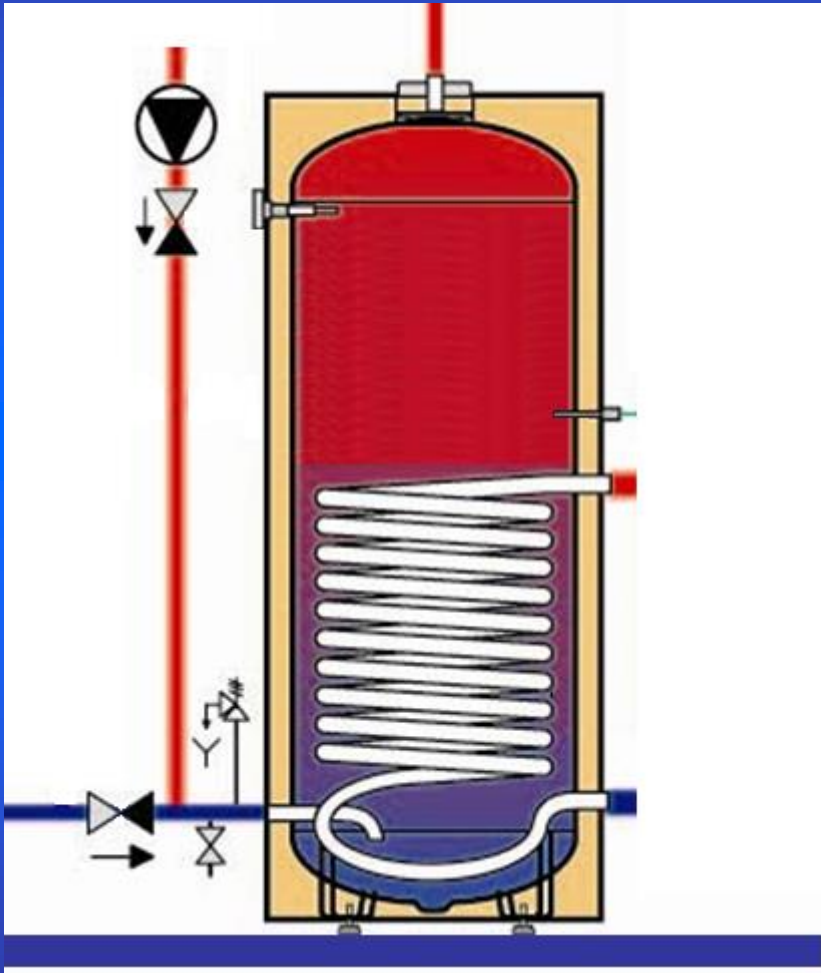
kW, °C

100 literes bojler feltöltése 18 kW-os kazánnal



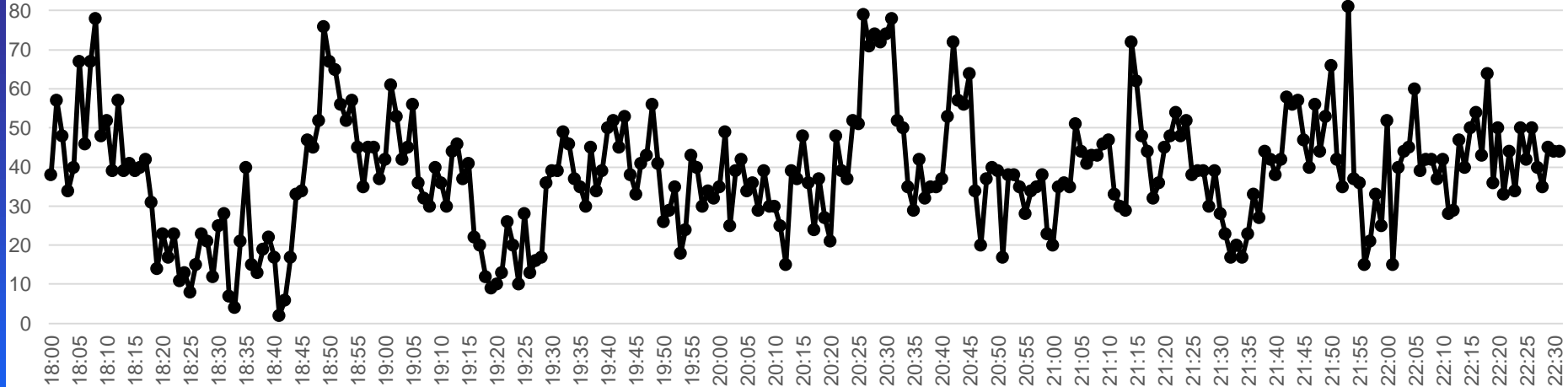
perc

A bojleres HMV termelés problémái – ha a primer előremenő hőmérséklet korlátozott

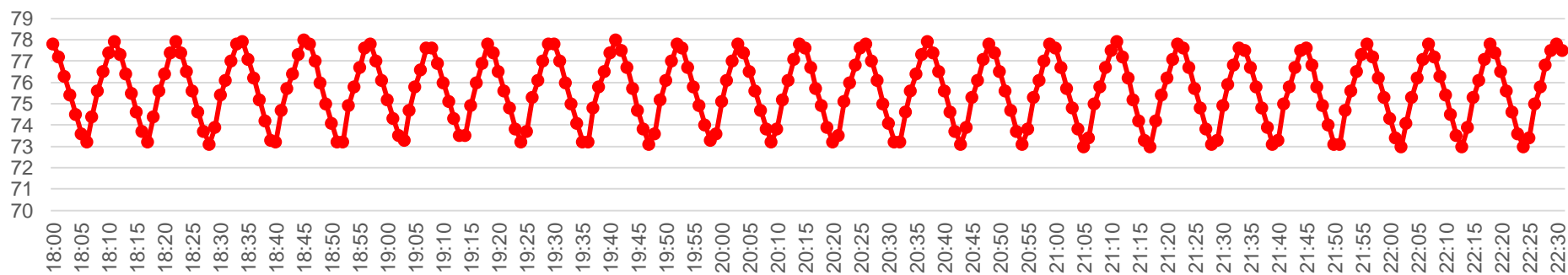


- a felfűtés szabályozásához szükséges hőmért 50/45°C hőmérsékletre szokták beállítani
- a felfűtési folyamat végén a tartály olyan hőmérsékletre melegszik, amikor a fűtőközeget már csak kis Δt -vel lehet visszahűteni
- kis fogyasztás, vagy túlméretezett boiler esetén a tároló igen nagy tartománya tartósan a névleges hőmérséklet közelében (kicsivel alatta) van
- a primer közeg alig hűthető vissza
- (akár soha nem alakulnak ki a feltételek a kazán kondenzációs üzeméhez)
- **1. példa: budapesti A kategóriás irodaház**

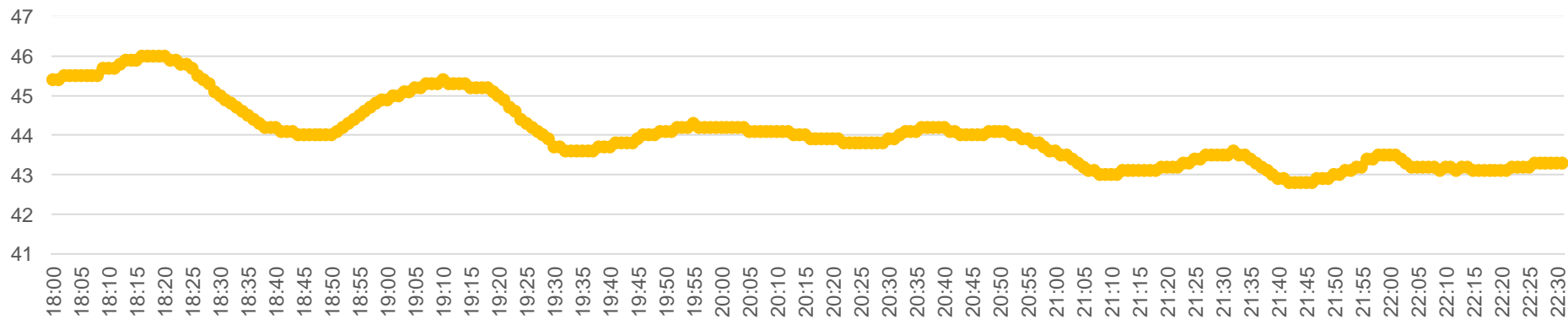
2. példa: 130 lakás, 30 étterem; esti csúcs HMV fogyasztása – 2 db 1000 literes bojler



HMV fűtés primer előremenő hőmérséklet



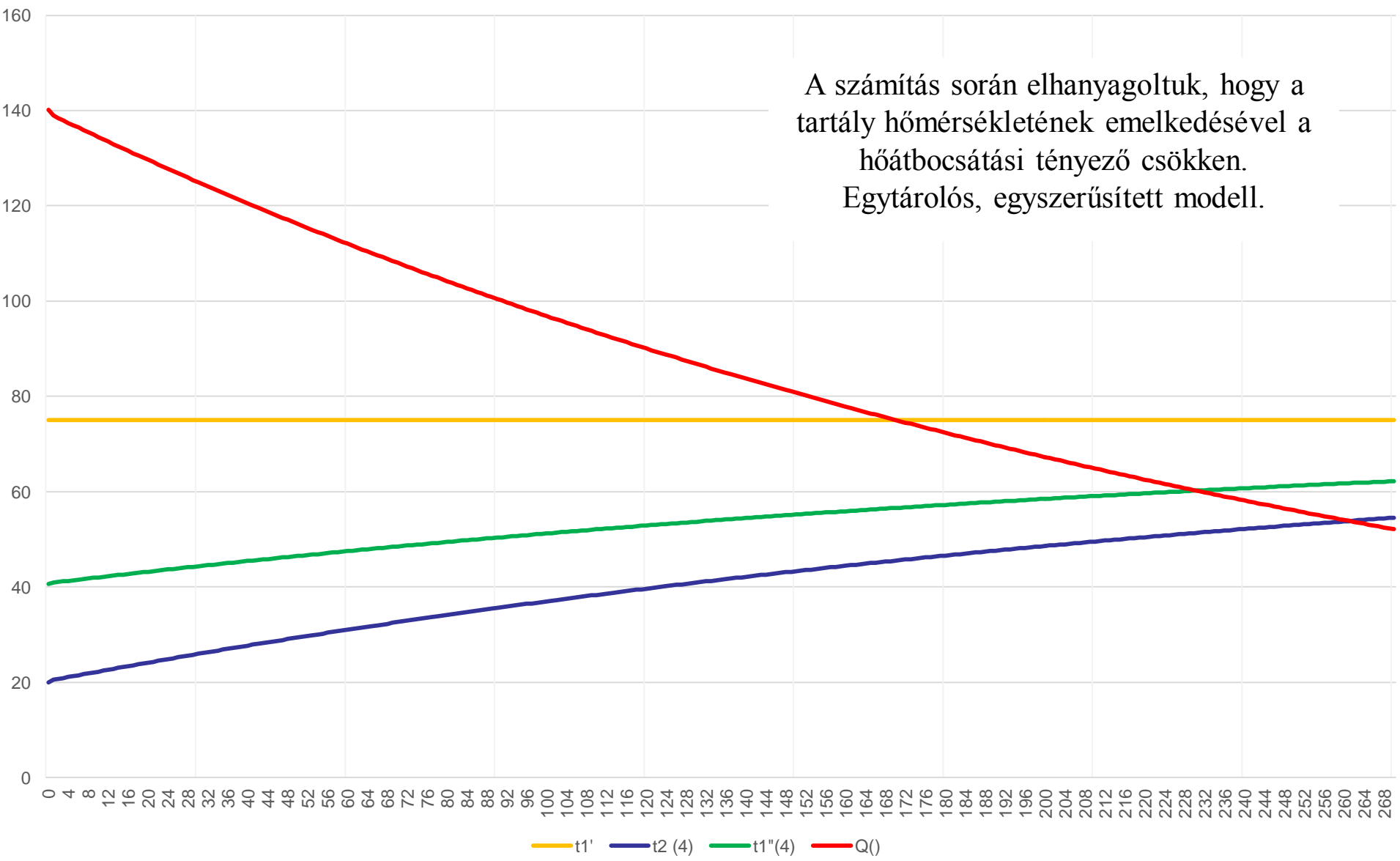
HMV tároló felső hőmérséklet



kW, °C

20°C-os induló hőmérsékletű tartály felfűtése 75°C előremenő hőmérséklet esetén

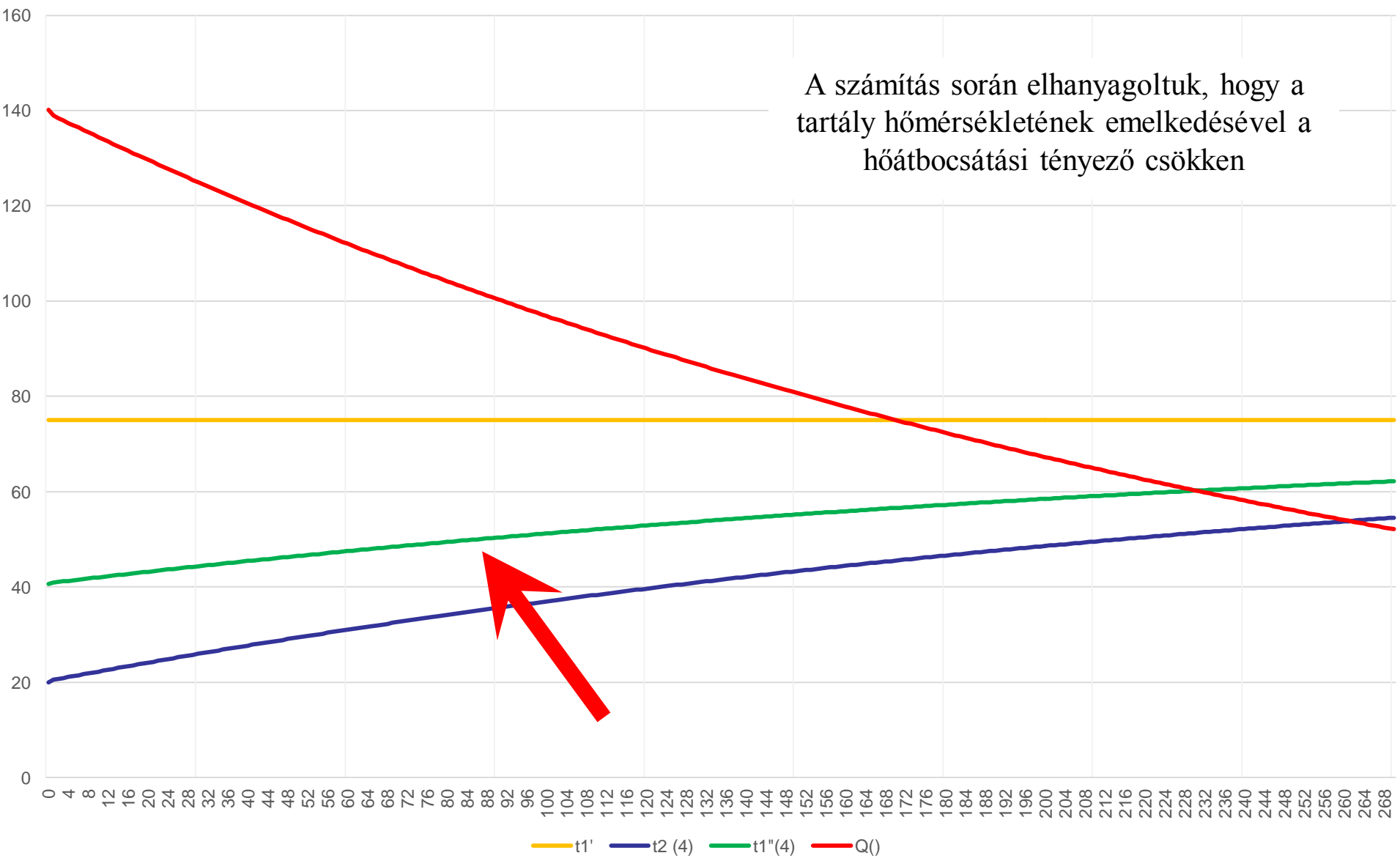
A számítás során elhanyagoltuk, hogy a tartály hőmérsékletének emelkedésével a hőátbocsátási tényező csökken.
Egytárolós, egyszerűsített modell.



kW, °C

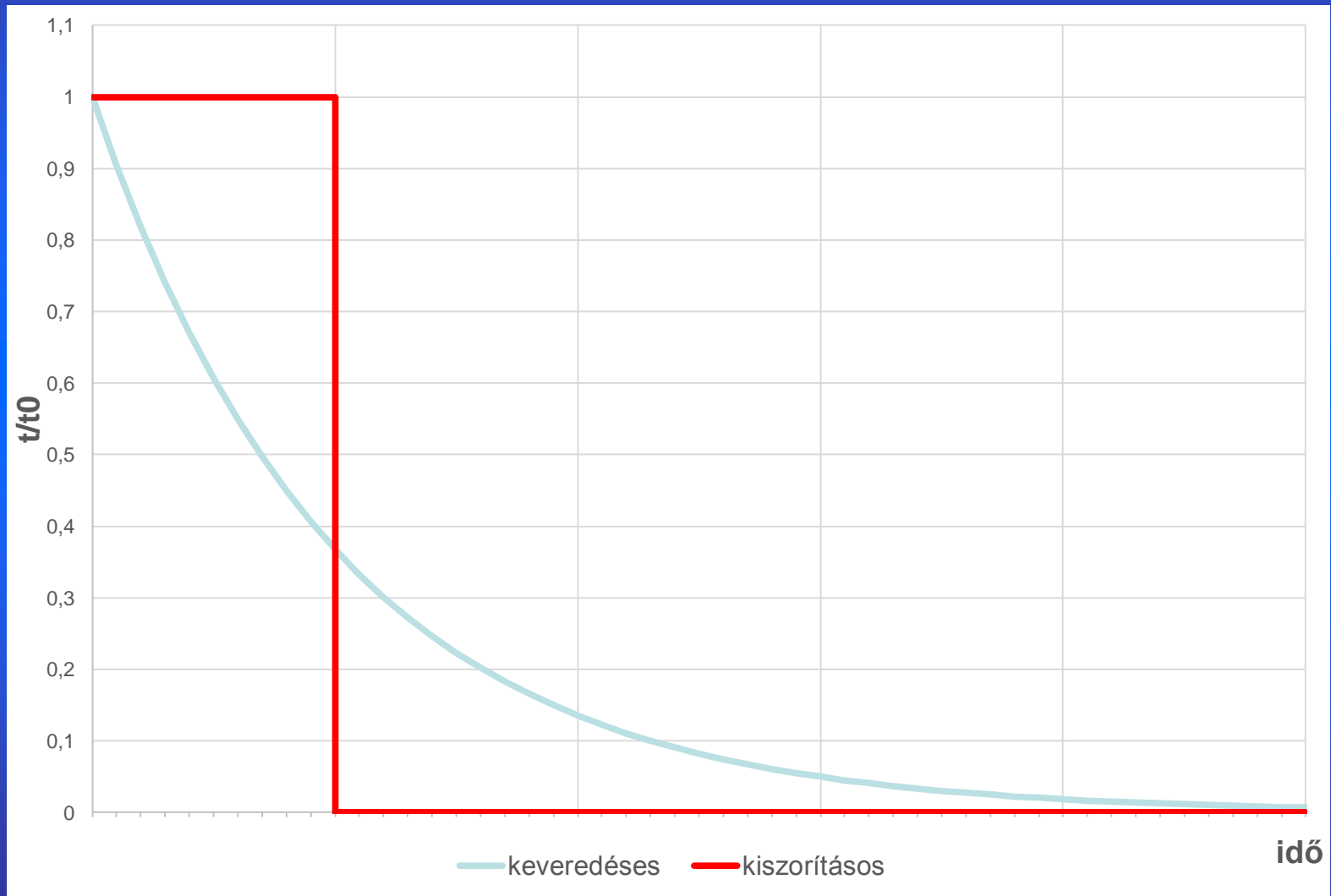
20°C-os induló hőmérsékletű tartály felfűtése 75°C előremenő hőmérséklet esetén

A számítás során elhanyagoltuk, hogy a tartály hőmérsékletének emelkedésével a hőátbocsátási tényező csökken

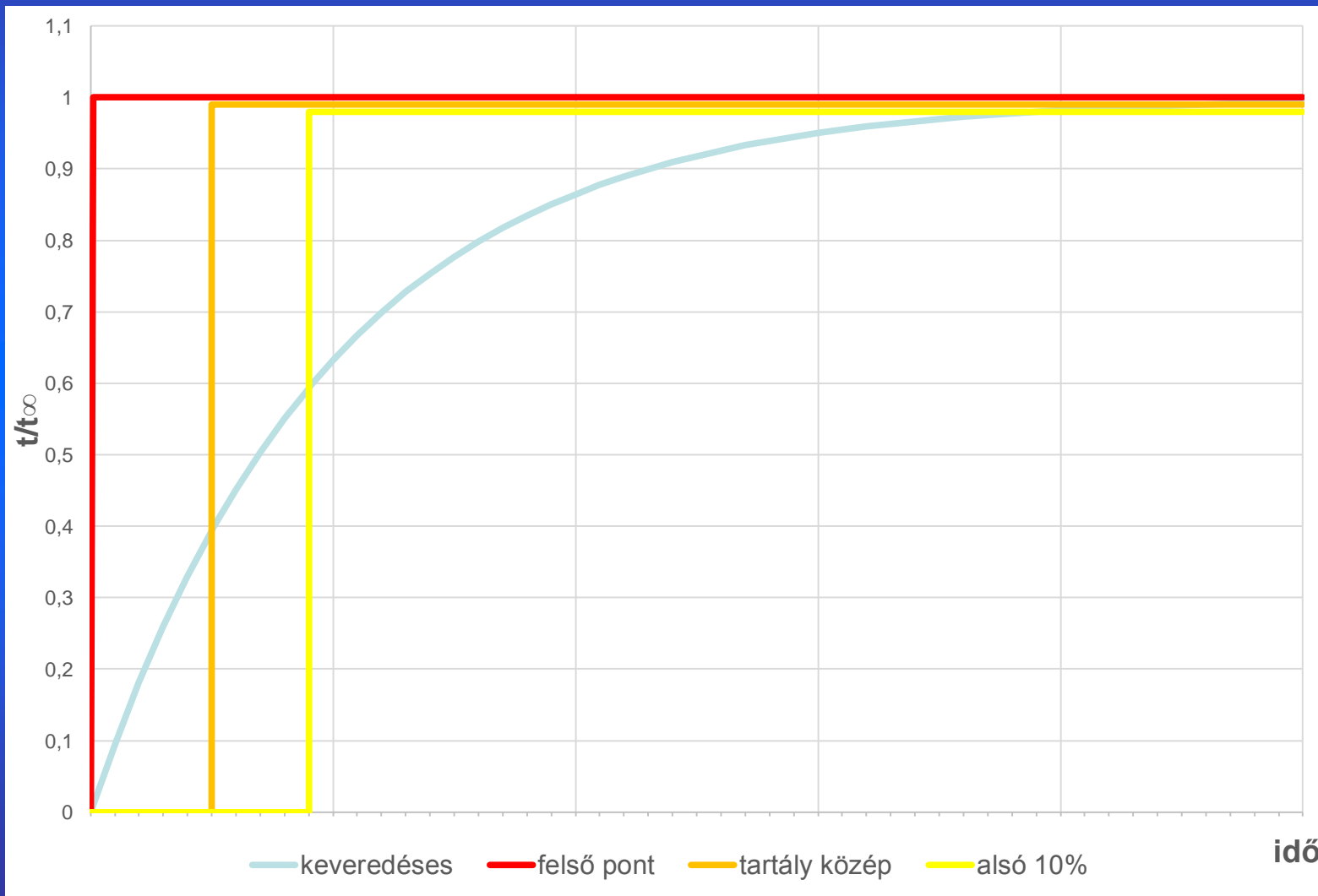


Keveredéses és kiszorításos tároló kisütése

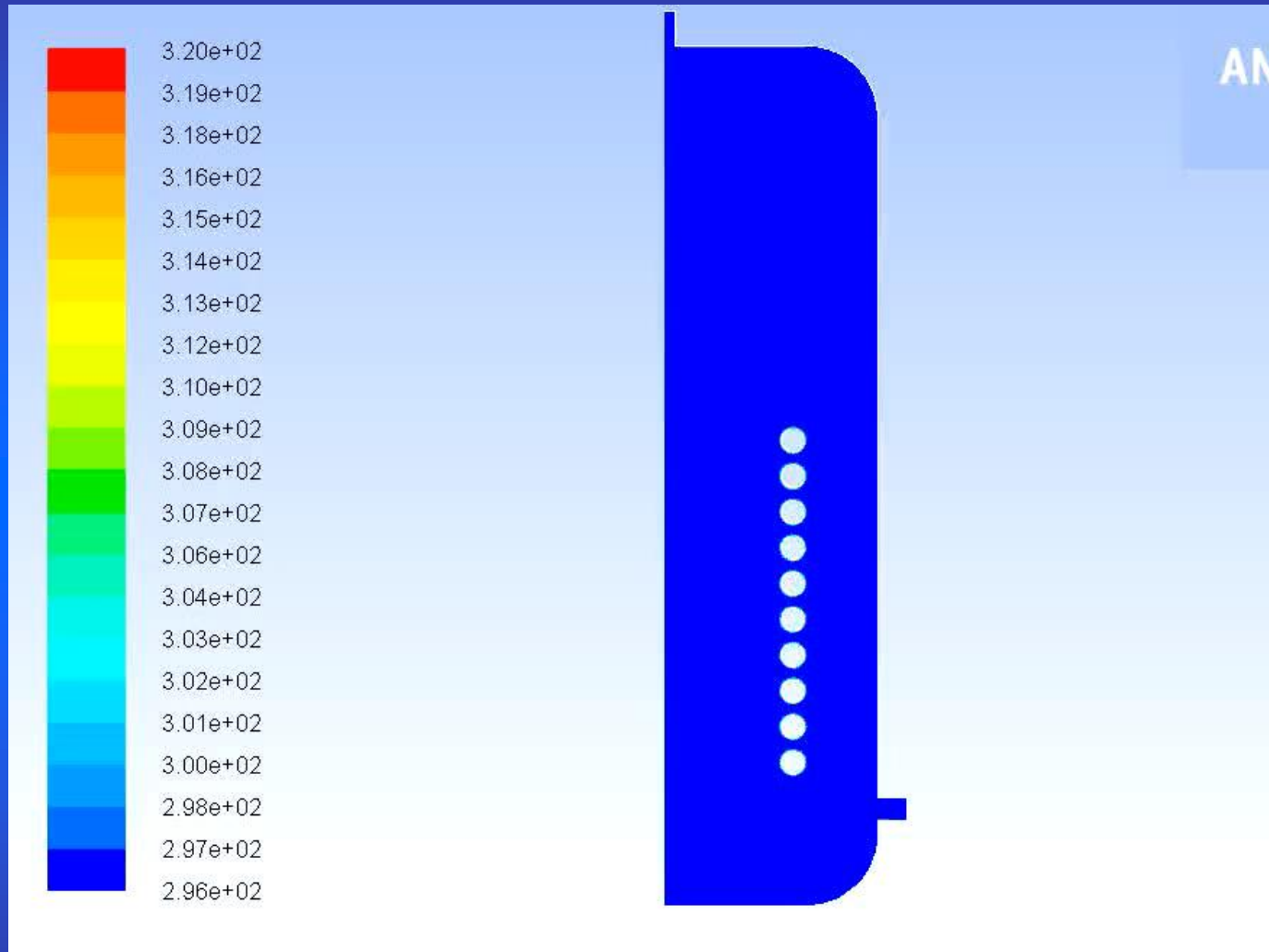
A tárolóból kilépő víz hőmérséklete tökéletes keveredés és tökéletes kiszorítás esetén



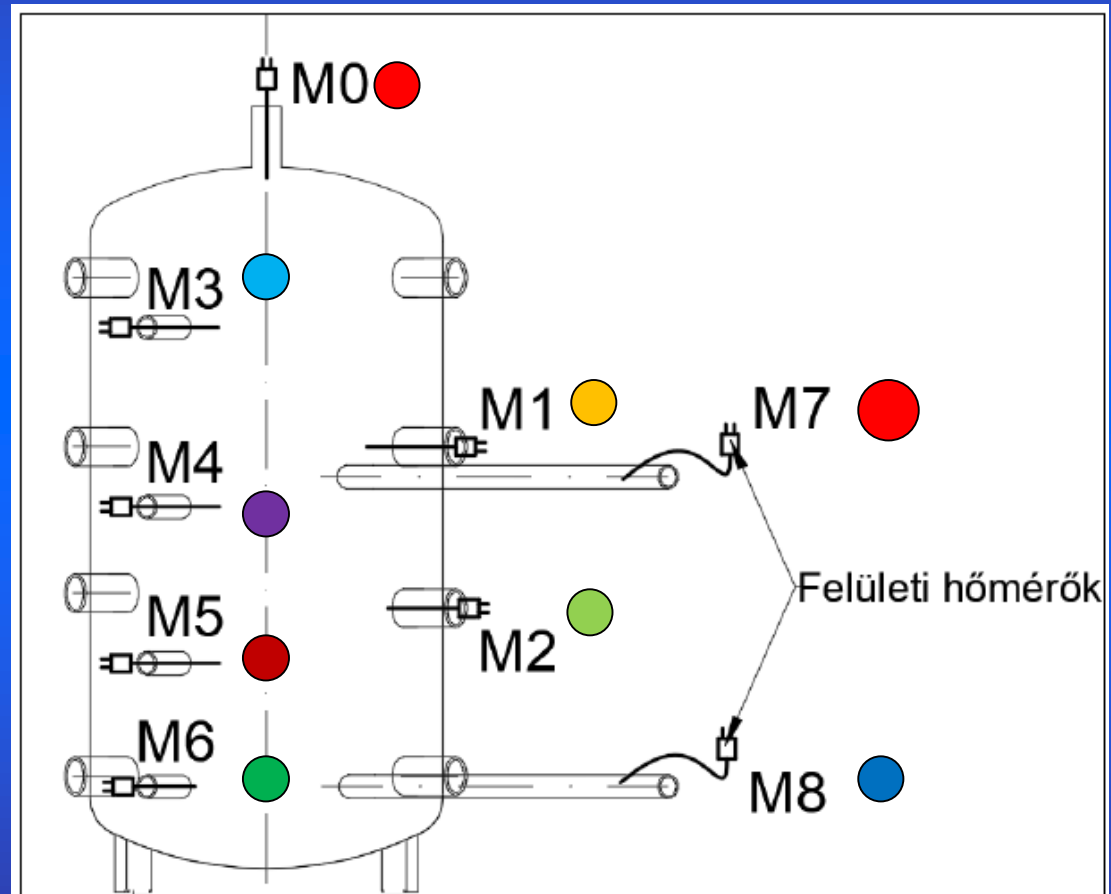
Keveredéses és kiszorításos tároló töltése

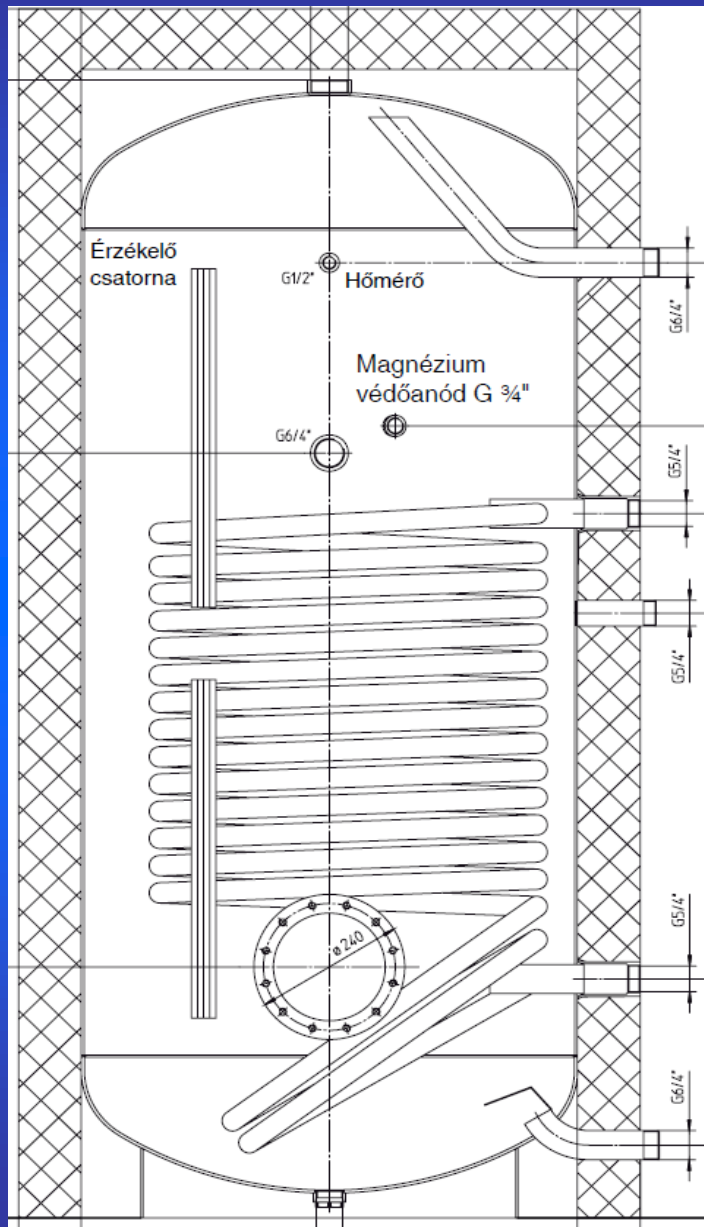


HMV bojler felfűtése – CFD eredmények



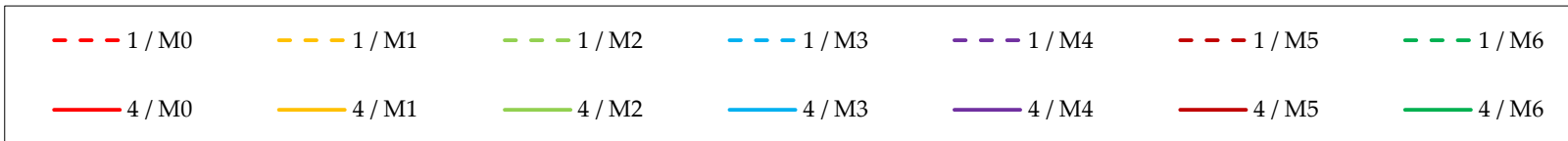
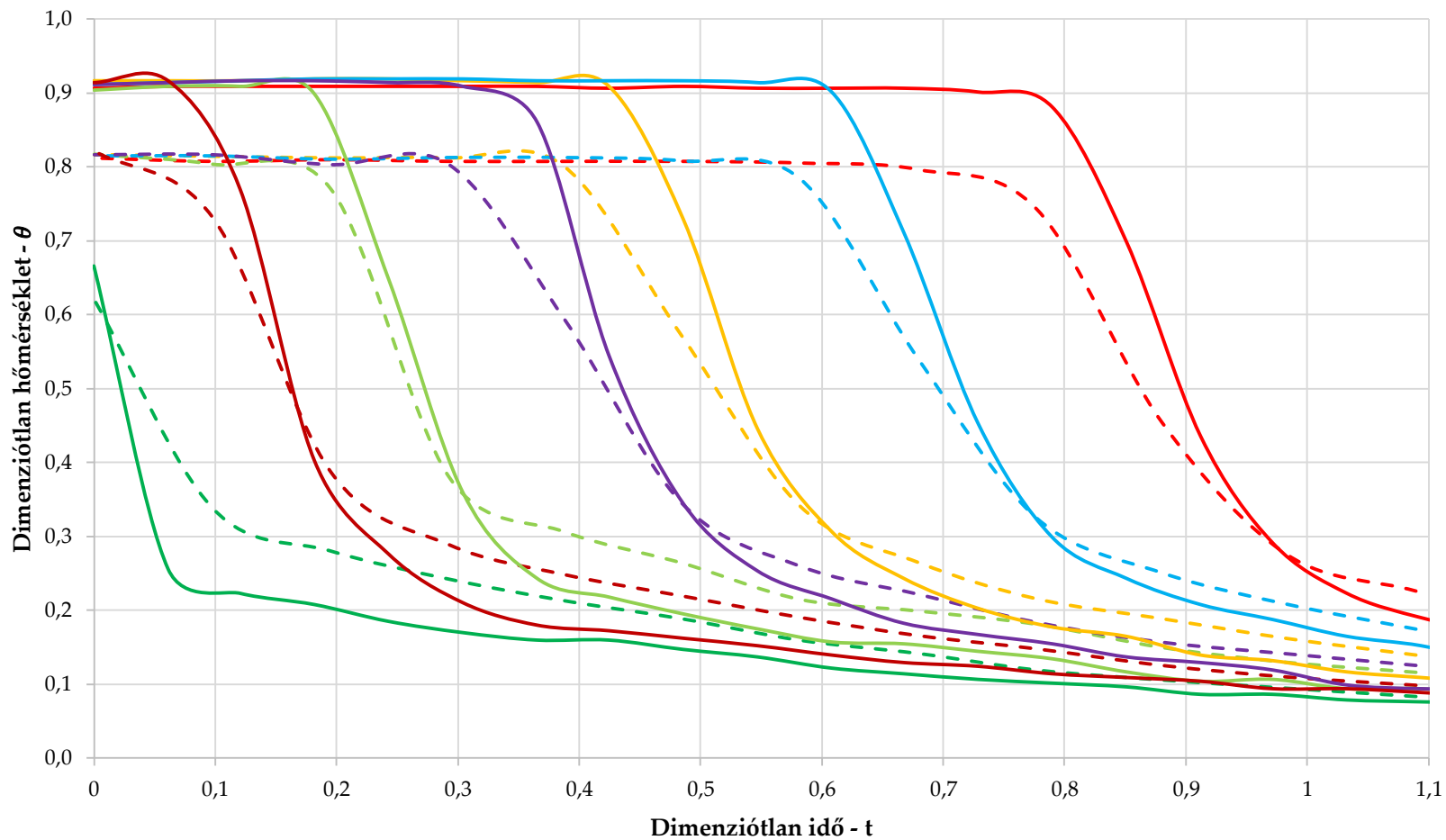
HMV bojler felfűtése és kisütése – mérési eredmények



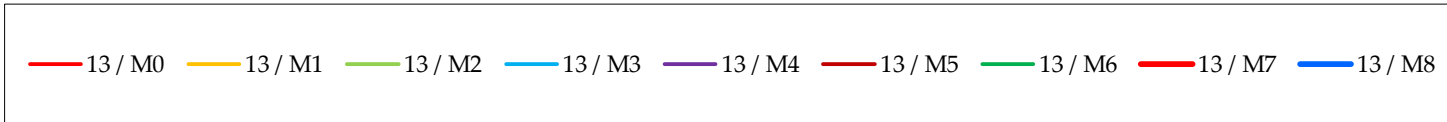
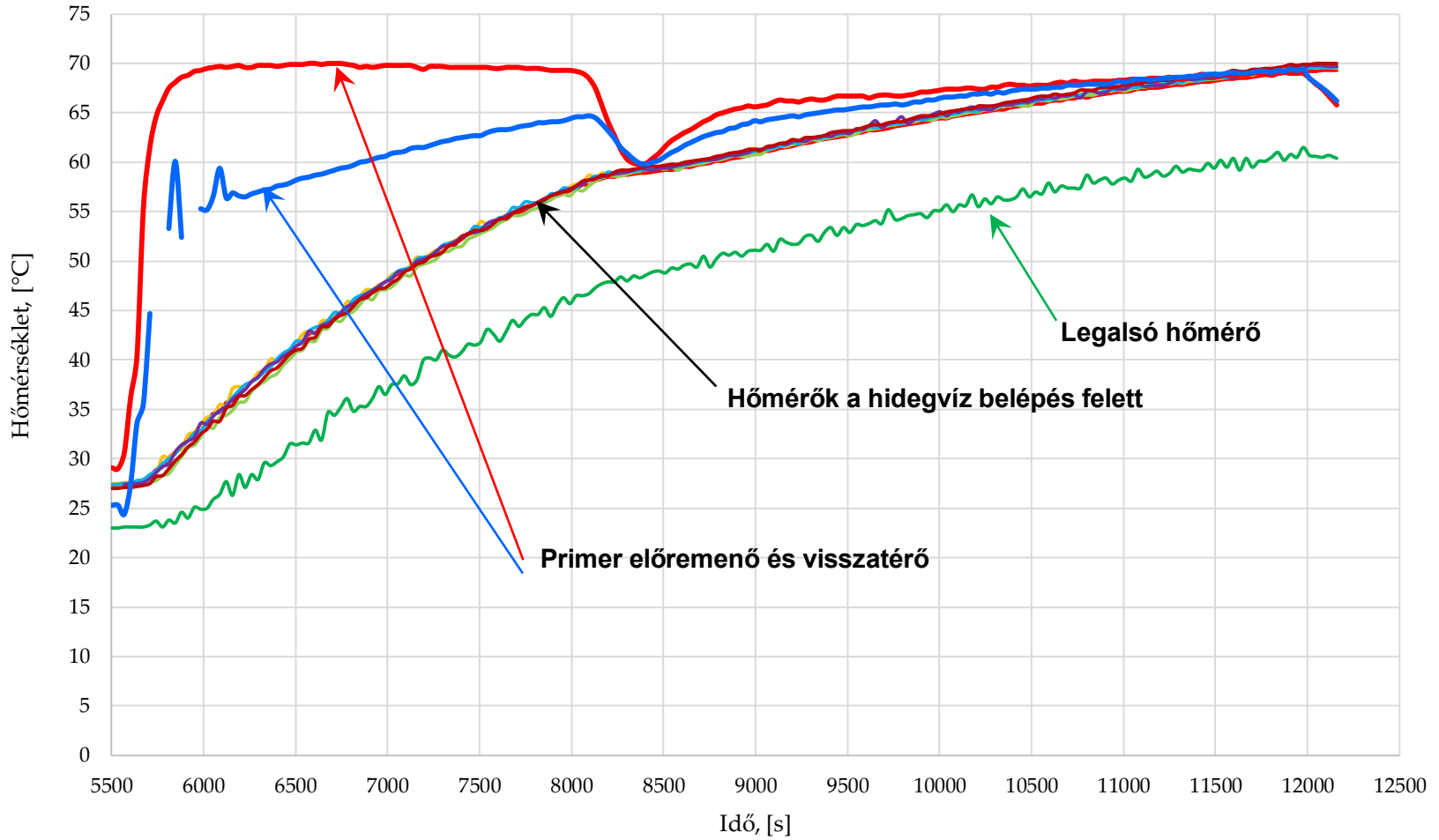


- Méréssorozat a korábbi szimulációkban szereplő tárolón
- 300 literes tároló; nem ismerjük pontosan a tároló geometriáját (*az ábra csak illusztráció*)
- A kilépőcsonk a tartály tetején található
- A hidegvíz bevezetése nem a gyártó által megadott kialakítású (*hanem annál sokkal jobb*)
- Ezeknél a tartályoknál az alsó tartomány fertőtlenítése érdekében a fűtő csőkögyő utolsó 1 vagy 2 körét behajlítják a tartály aljába
- A hidegvíz bevezetése oldalról történik

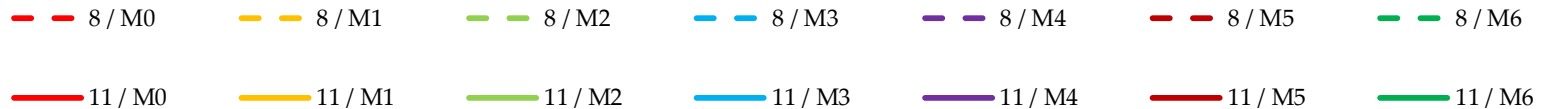
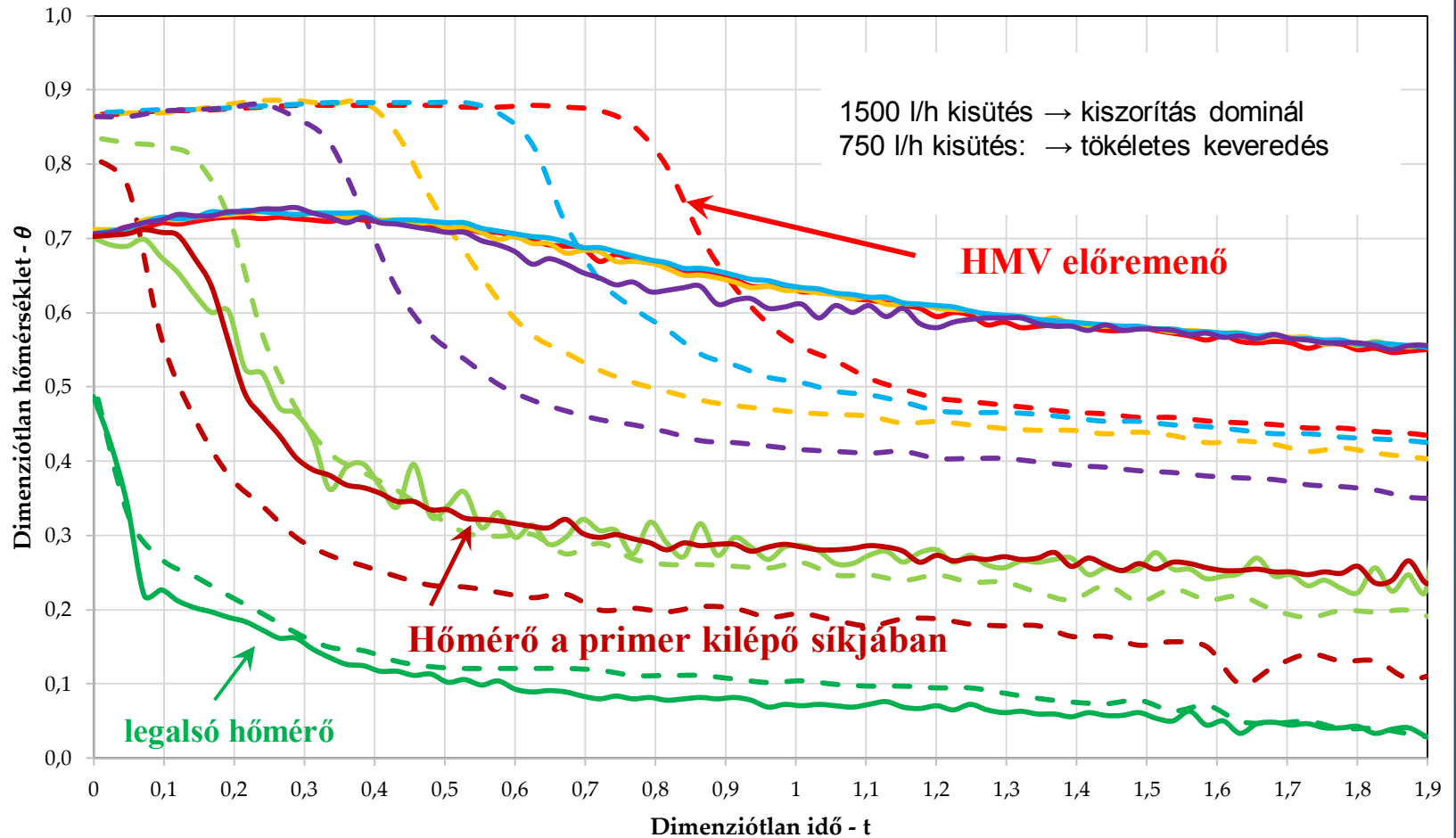
3097 l/h (- - - 1) és 1943 l/h (----- 4) térfogatáramú kisütés



Felfűtés – „fertőtlenítés” a felfűtés során



1500 l/h (- - - 8) és 750 l/h (----- 11) kisütés felfűtés közben



Értékelés

- A felfűtés során a tartályban lényegében tökéletes keveredés zajlik.
- Ez alól kivétel a tartály alsó zónája, ahol a felfűtés nagyon lassú.
- Ez kétségeket ébreszt a tartály „teljes termikus” fertőtlenítésének sikerességével szemben.
- Ez a fertőtlenítés csak nagyon lassan, és energetikailag nagyon kedvezőtlenül valósítható meg.
- A kisütés a tökéletes kiszorítást igen jól közelíti.
- Ez feltehetően a hidegvíz bevezetés igen jó kialakításának köszönhető – más tárolókban ez nem feltétlenül valósul meg.
- Ha a kisütés alatt egyidejűleg a felfűtés is üzemel, nagy térfogatáramnál megvalósul a kiszorítás, kisebb térfogatáramnál azonban a tároló felső része szinte tökéletesen átkeveredik. A „nagy” és a „kisebb” térfogatáramok határát egyelőre nem tudjuk meghatározni.
- A mérések eredményei összhangban vannak az elméleti és szimulációs eredményekkel

Következtetések I.

- Családi ház, lakás HMV ellátásra a bojler ideális megoldás
 - Kompakt, egyszerű, kevés helyet foglal
 - Megfelelő szabályozással gyors felfűtés: a kondenzációs üzemet csak rövid időre zárjuk ki
- Többlakásos társasházak, sokféle eltérő menetrendű fogyasztót ellátó rendszerek HMV ellátására nem célszerű alkalmazni
 - Ha nem lehet a primer előremenő hőmérsékletet megemelni, a tárolót a fogyasztási periódusban rossz hatékonysággal folyamatosan tölteni kell
 - A primer visszatérő hőmérséklet biztosan magasabb a bojlerben lévő hőmérsékletnél
 - A magas visszatérő hőmérséklet növeli a primer tömegáram igényt, kizárja a kondenzációs üzemet
 - A megemelt előremenő hőmérséklet zavarhatja a többi fogyasztót

Következtetések II.

A hőcserélő (csőkígyó) teljesítményének és a tárolótérfogatnak összhangban kell lennie

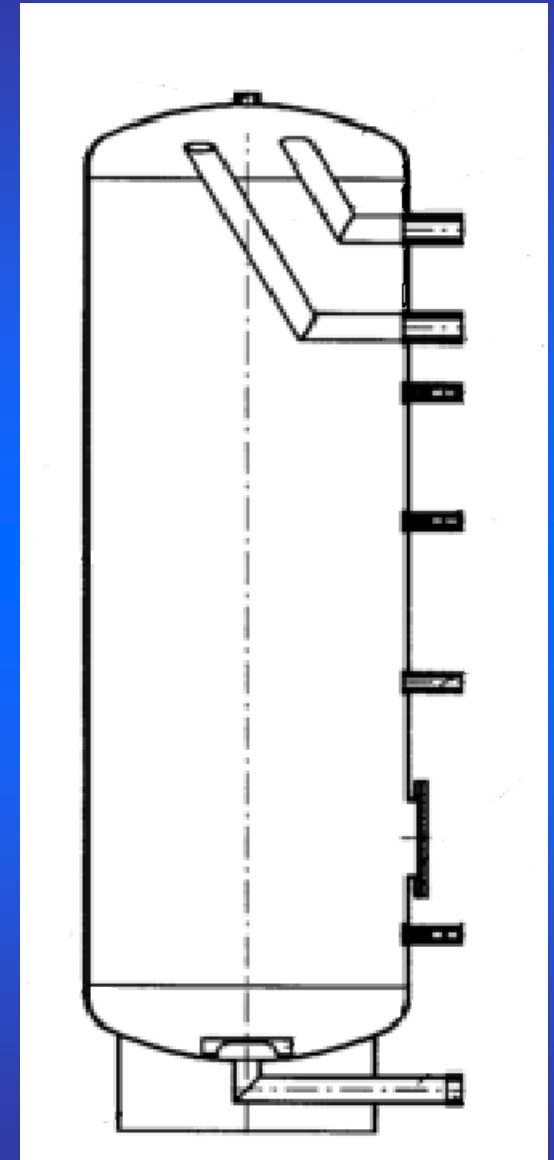
A hőcserélő teljesítménye a felfűtési folyamatban széles határok között változik

Elegendően nagy hőcserélő teljesítmény csak nagyméretű tárolóban valósítható meg

Túlméretezett tárolótérfogat: a tároló sohasem sül ki → garantált a folyamatosan magas visszatérő hőmérséklet – jelentősen romlik a hőtermelés hatásfoka

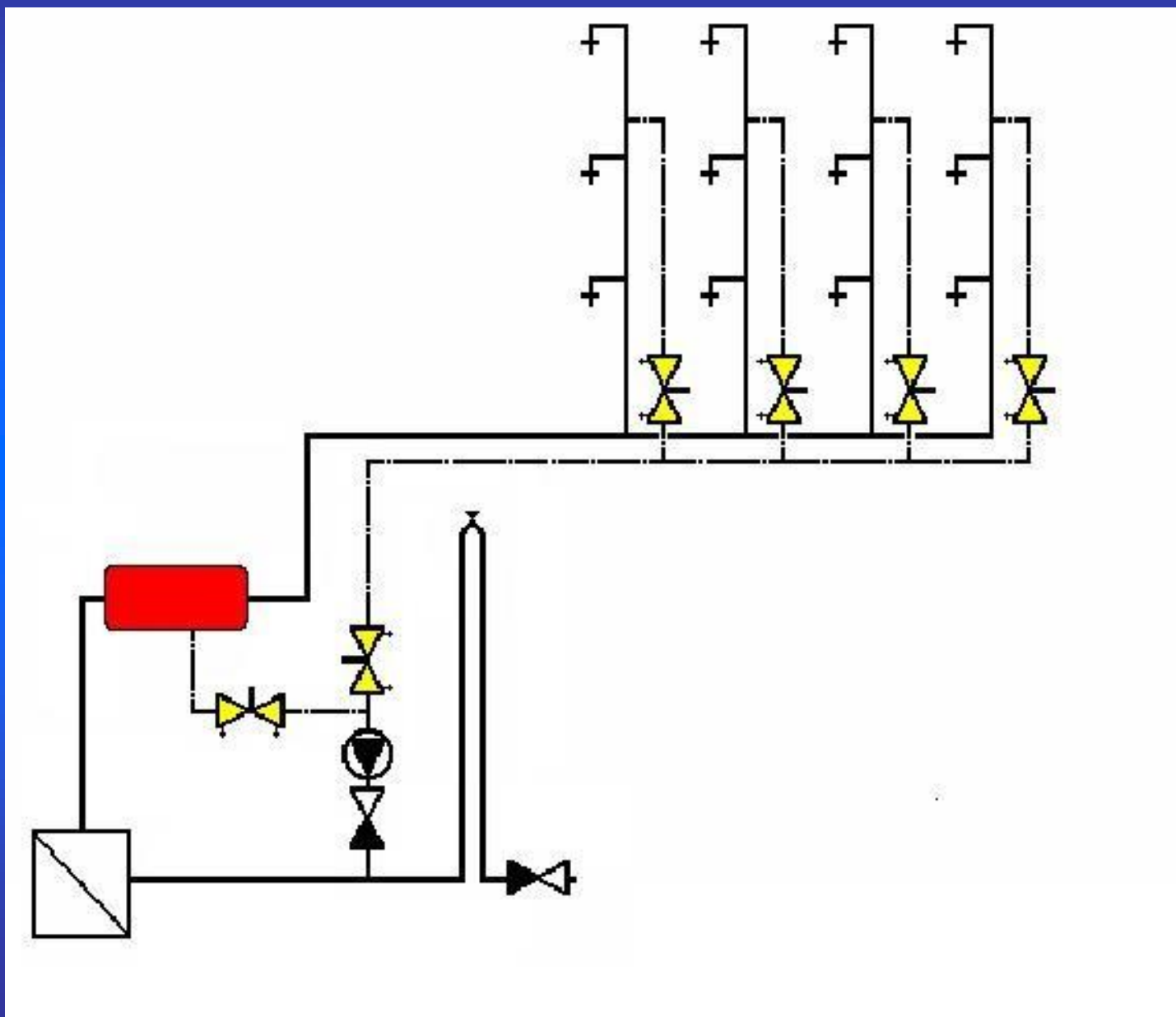
Következtetések III.

- Nagyobb fogyasztócsoportok kiszolgálására energetikai és higiéniai okokból párhuzamosan kapcsolt tárolóval kialakított HMV termelő rendszert célszerű alkalmazni
- Ezzel érhető el a primer közeg legjobb kihűtése
- Megfelelő méretezés és be szabályozás, megfelelő HMV hőmérséklet esetén a tároló teljes térfogata minden töltés-ürítési periódusban a fertőtlenítési hőmérsékletre melegszik
- Ha a hidegvíz bevezetése a tároló tengelyében az edényfenéken történik, a töltési periódusban a tárolóból távoznak a szennyeződések

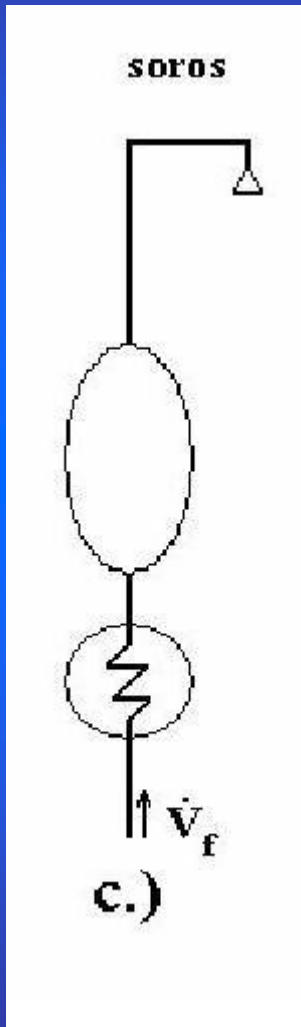


Soros tárolás HMIV termelés

HMV rendszer kialakítása soros tárolóval



A soros kapcsolású tároló működése



- a fogyasztás teljes térfogatárama a hőtermelőn halad át
- csúcsfogyasztás idején a hőtermelő teljesítménye elégtelen
- a hőcserélőből kilépő alacsonyabb hőmérsékletű víz a tárolóba jut, ahol bonyolult áramlási és hőátadási folyamatok zajlanak
- a fogyasztóhoz a tárolóban kialakult hőmérsékletű víz áramlik
- a tárolóban csak a fogyasztó által elfogadható hőmérsékletű közeg fordulhat elő – hacsak megfelelő biztonsággal ki nem tudjuk zárni, hogy a hidegebb víz a tároló regenerálása előtt a fogyasztóhoz jusson
- a tárolót a csúcsidőn kívül lehet regenerálni – a cirkuláció megléte a gyakorlatban elengedhetetlen

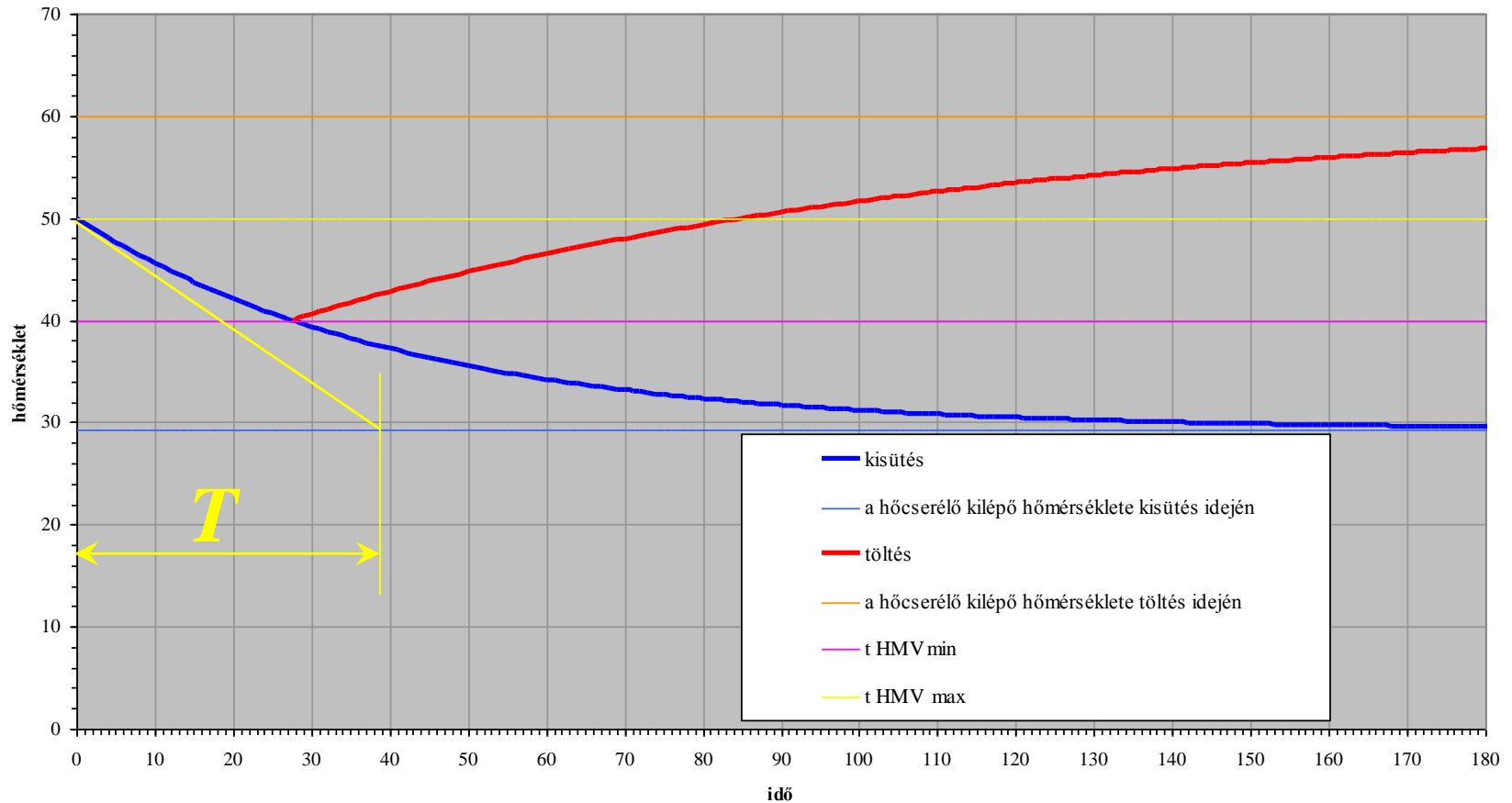
A ~soros (keveredéses) tároló hőmérlege

$$\frac{dQ_{\text{tároló}}}{d\tau} = \dot{Q}_{be} - \dot{Q}_{ki}.$$

$$\frac{\vartheta_{HMV}(\tau) - \vartheta_{\text{hőcserélő}}}{\vartheta_0 - \vartheta_{\text{hőcserélő}}} = e^{-\frac{\tau}{T}} = e^{-\frac{\dot{V}}{V_{\text{tároló}}}\tau}$$

A soros keveredékes tároló kisütése és töltése

$$\frac{v(\tau) - v_h}{v_0 - v_h} = e^{-\frac{\dot{V}(\tau)\tau}{V_{\text{tároló}}}}$$



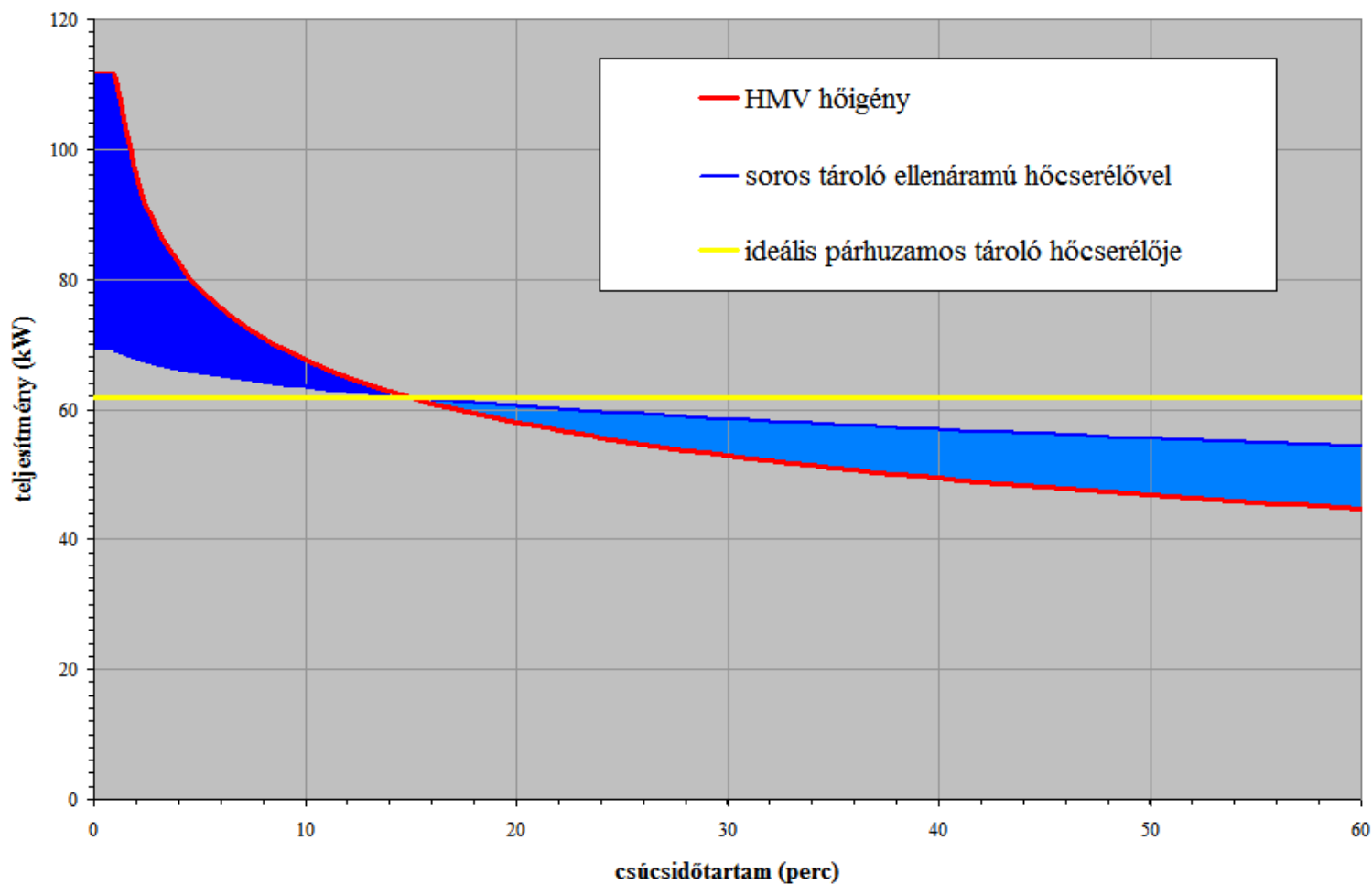
a gyakorlatban: folyamatosan változó térfogatáram; bizonytalan keveredés

A soros-keveredéses tároló méretezése

- Nincs egzakt méretezési eljárás
- Ha a tartamdiagram alapján méreteznénk, az nagyon nagy túlméretezést eredményezne. A tartamdiagram csúcspériódusa valójában nem összefüggő időtartamok összessége → a sztochasztikusan változó fogyasztás mellett a kisütés/regenerálás is folyamatosan változik.
- A megbízható méretezéshez ismerni kellene a fogyasztás csúcspérióduson belüli alakulását
- Ilyen vizsgálatokon nyugvó méretezési eljárást még nem publikáltak
- Egyes (jellemzően német) gyártóknak vannak méretezési ajánlásai – feltehetően német fogyasztási adatokon alapulnak
- Menyhárt: Épületgépészeti kézikönyv, utolsó kiadás 1982?
- A párhuzamos tárolós kapcsolás minden szempontból alkalmasabb, ma már szinte mindenhol azt alakítanak ki (ha nem éppen bojlert)
- A keveredés alkalmassá teszi a szabályozási eltérések kiegyenlítésére → párhuzamos tároló után kötve (nem tárolási célra) mégis elterjedten alkalmazzák

Soros tároló hőmennyisége

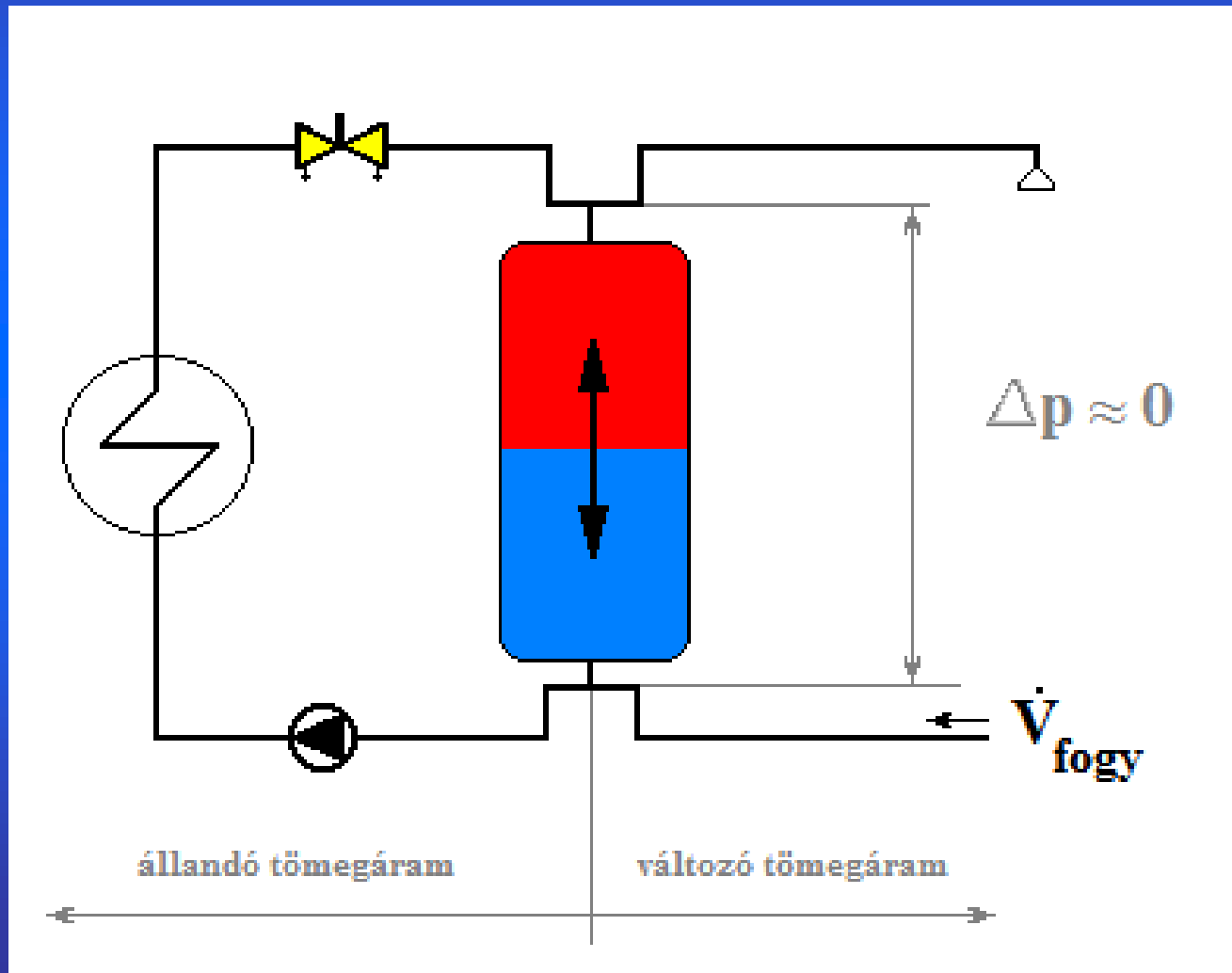
(ha időben a tartamdiagram szerint alakulna a fogyasztás)



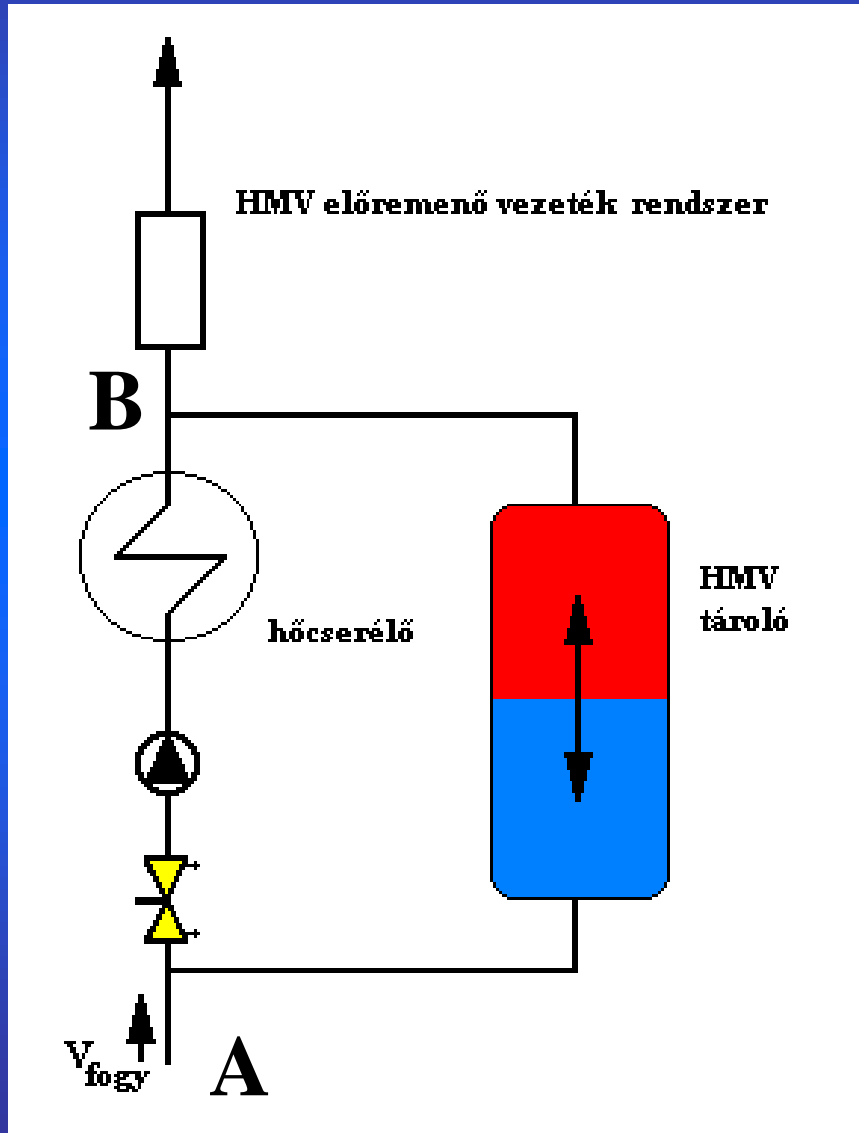
Párhuzamosan kapcsolt HMIV tárolók alkalmazása

Párhuzamos kapcsolás

Elvi működés: nagy tárolóképeségű hidraulikai leválasztó



Párhuzamos kapcsolás



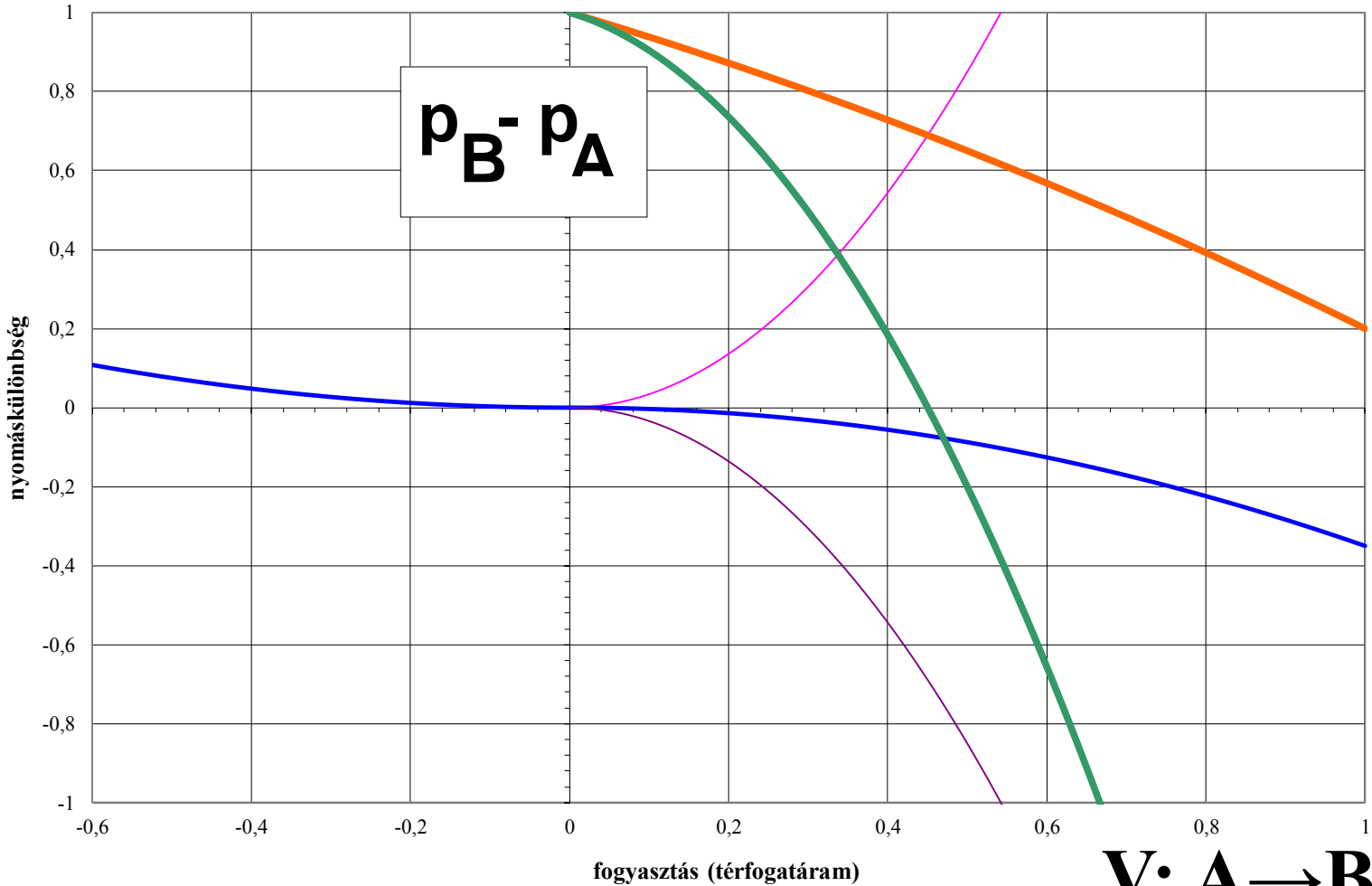
- a tároló egyben hidraulikai leválasztó is: csekély a HMV termelő rendszer nyomásvesztesége
- a szivattyú feladata a hőcserélő ág nyomásvesztésének fedezése
- a szivattyú munkapontját a beszabályozó szeleppel állítjuk be
- a hőcserélő térfogatárama közel állandó
- a szivattyú térfogatáramával egyező fogyasztás esetén a tárolóban nincsen áramlás; kisebb fogyasztás esetén töltjük, nagyobb fogyasztás esetén kisütjük a tárolót
- a tároló túltöltésének elkerülése érdekében a szivattyút célszerű ki- és bekapcsolni

Párhuzamos tárolós rendszer jelleggörbéje

tároló töltés

tároló kisütés

hőcserélő+beszabályozó szelep



tároló töltés

beszabályozó szelep +
hőcserélő ág

tároló kisütés

szivattyú

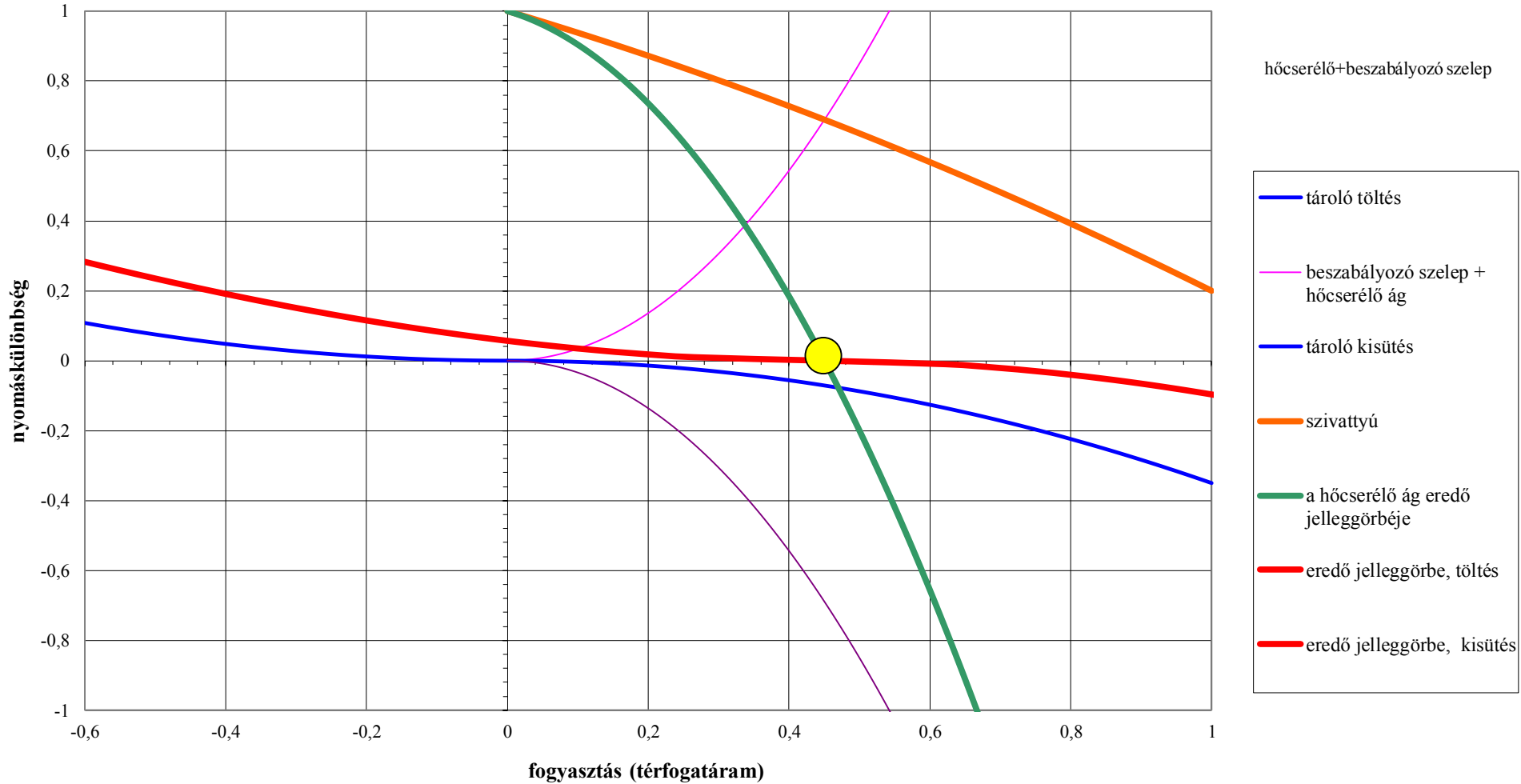
a hőcserélő ág eredő
jelleggörbéje

Párhuzamos tárolós rendszer jelleggörbéje

tároló töltés

tároló kisütés

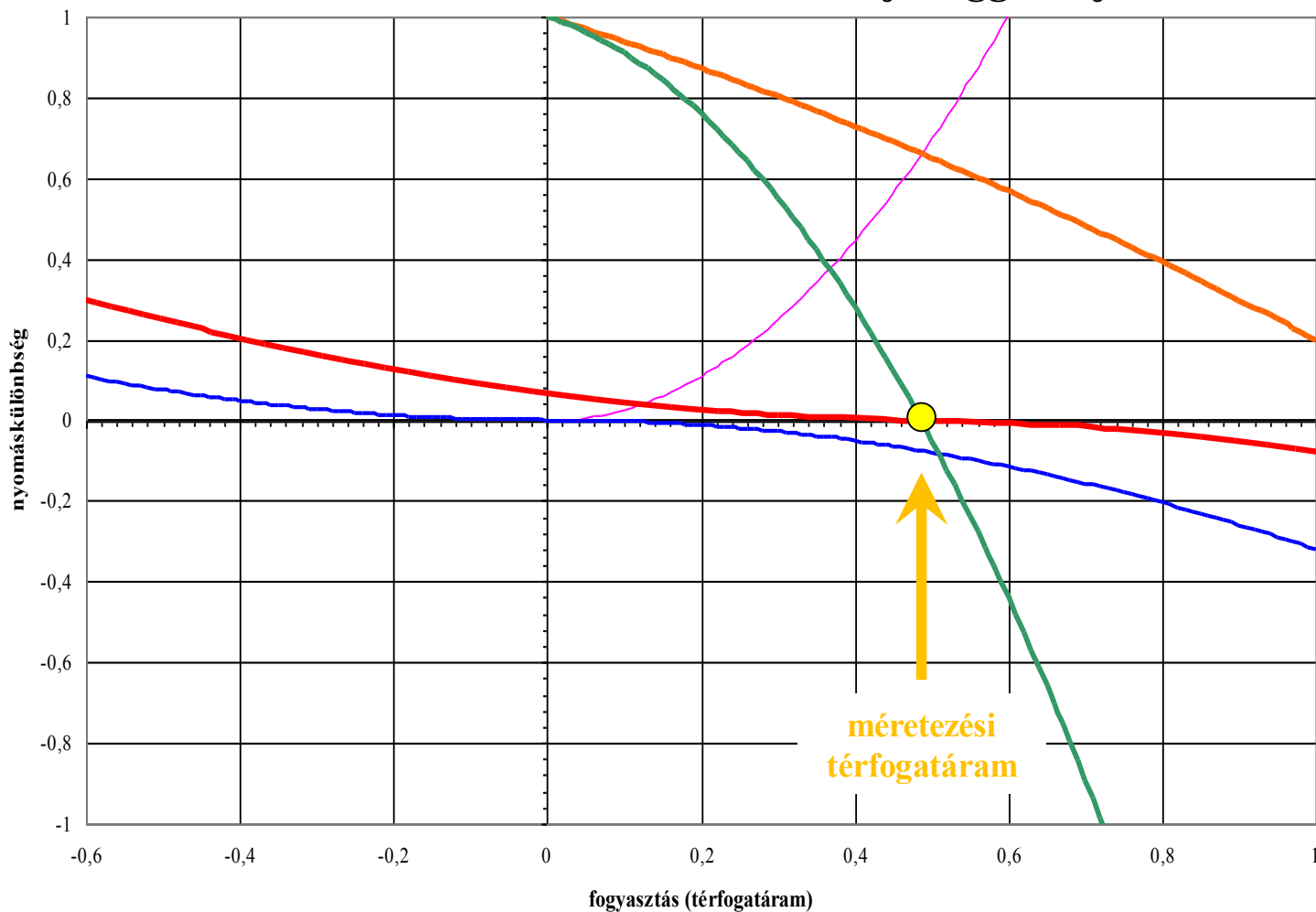
hőcserélő+beszabályozó szelep



A kapcsolás jelleggörbéje

A beszabályozás szerepe

Párhuzamos tároló jelleggörbéje



tároló töltés



tároló kisütés



a hőcserélő ág ellenállása



tároló töltés

beszabályozó szelep a hőcserélő ágában

tároló kisütés

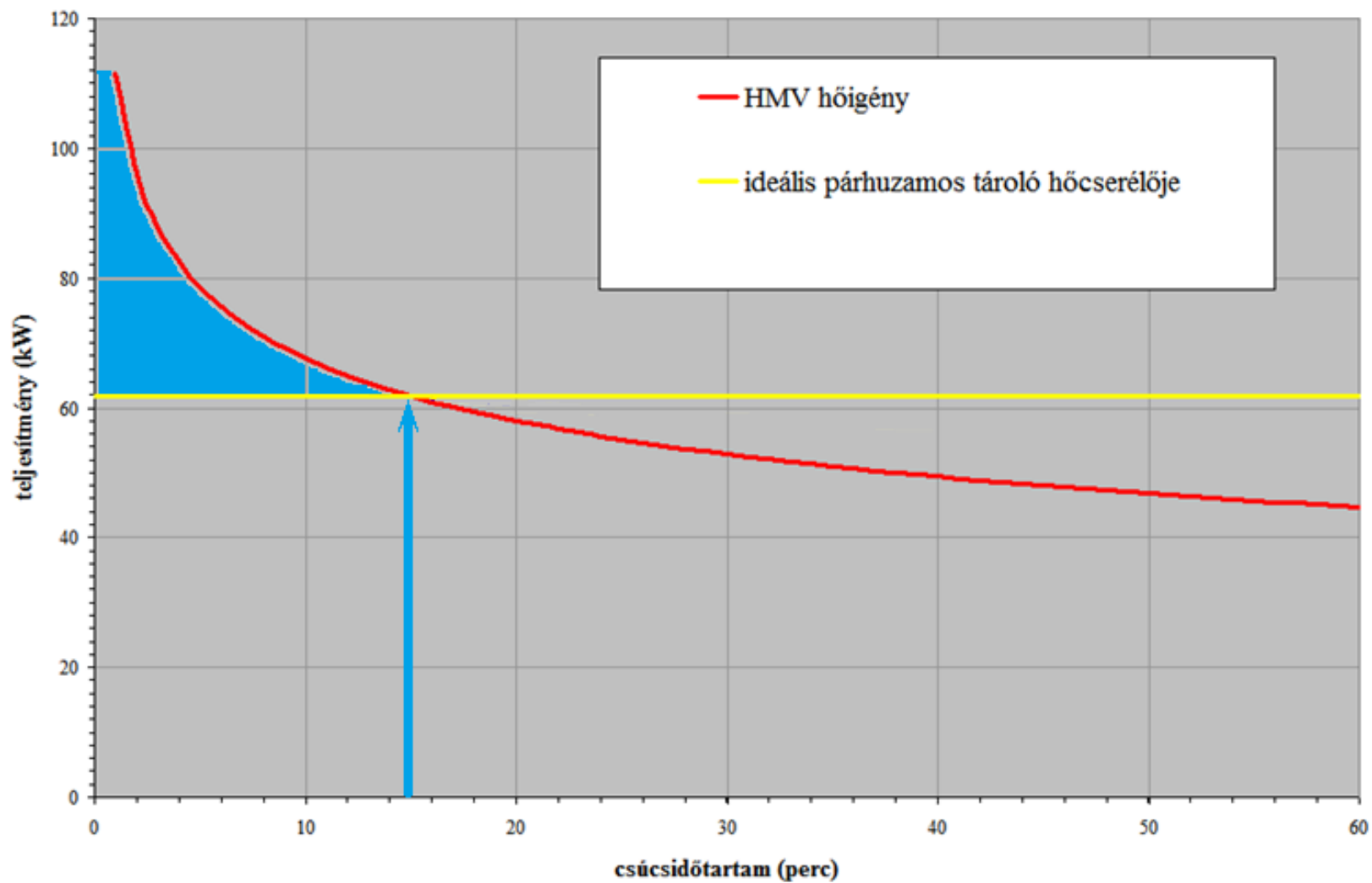
szivattyú

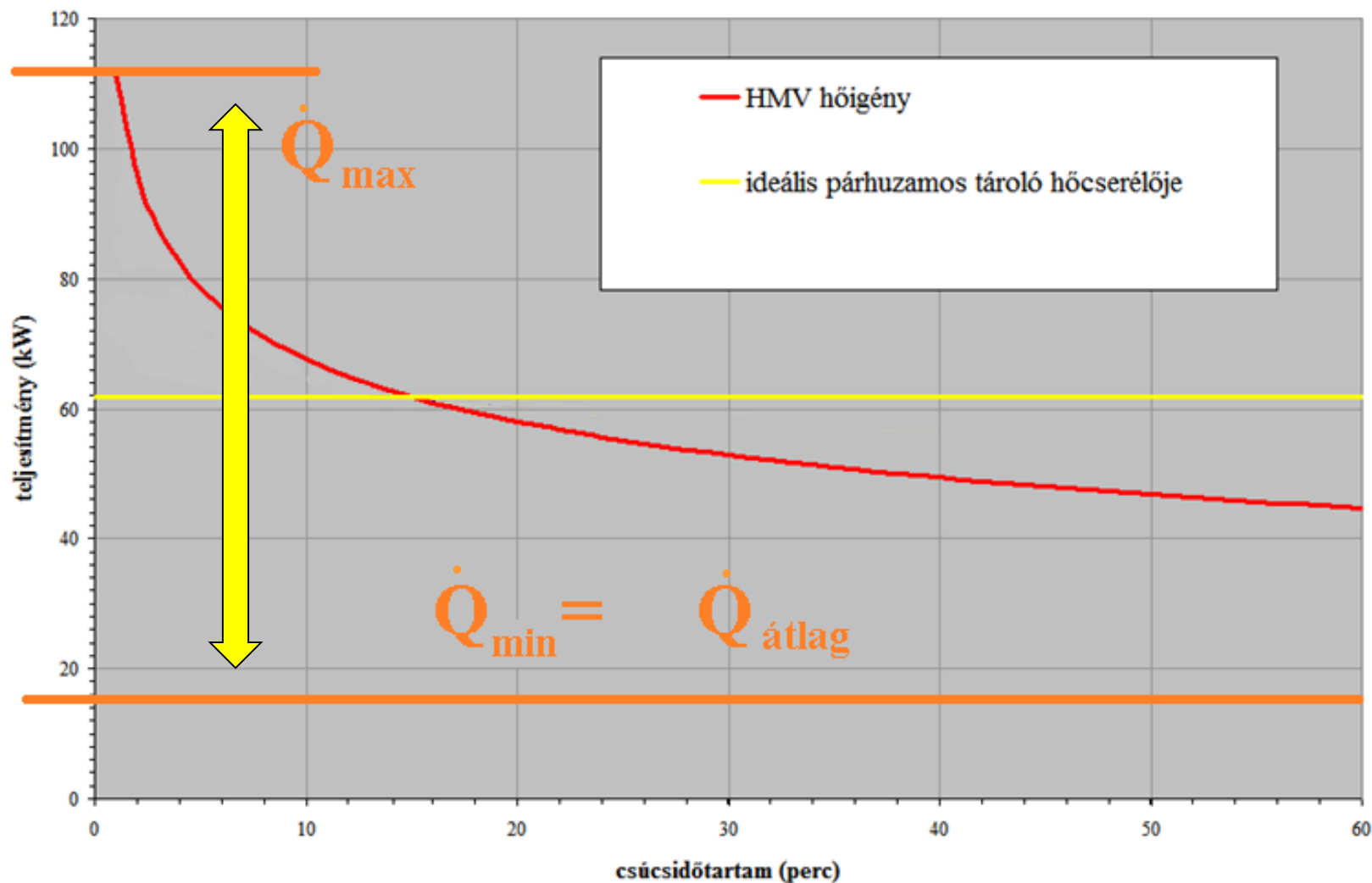
a hőcserélő ág eredő jelleggörbéje

eredő jelleggörbe, töltés

eredő jelleggörbe, kisütés

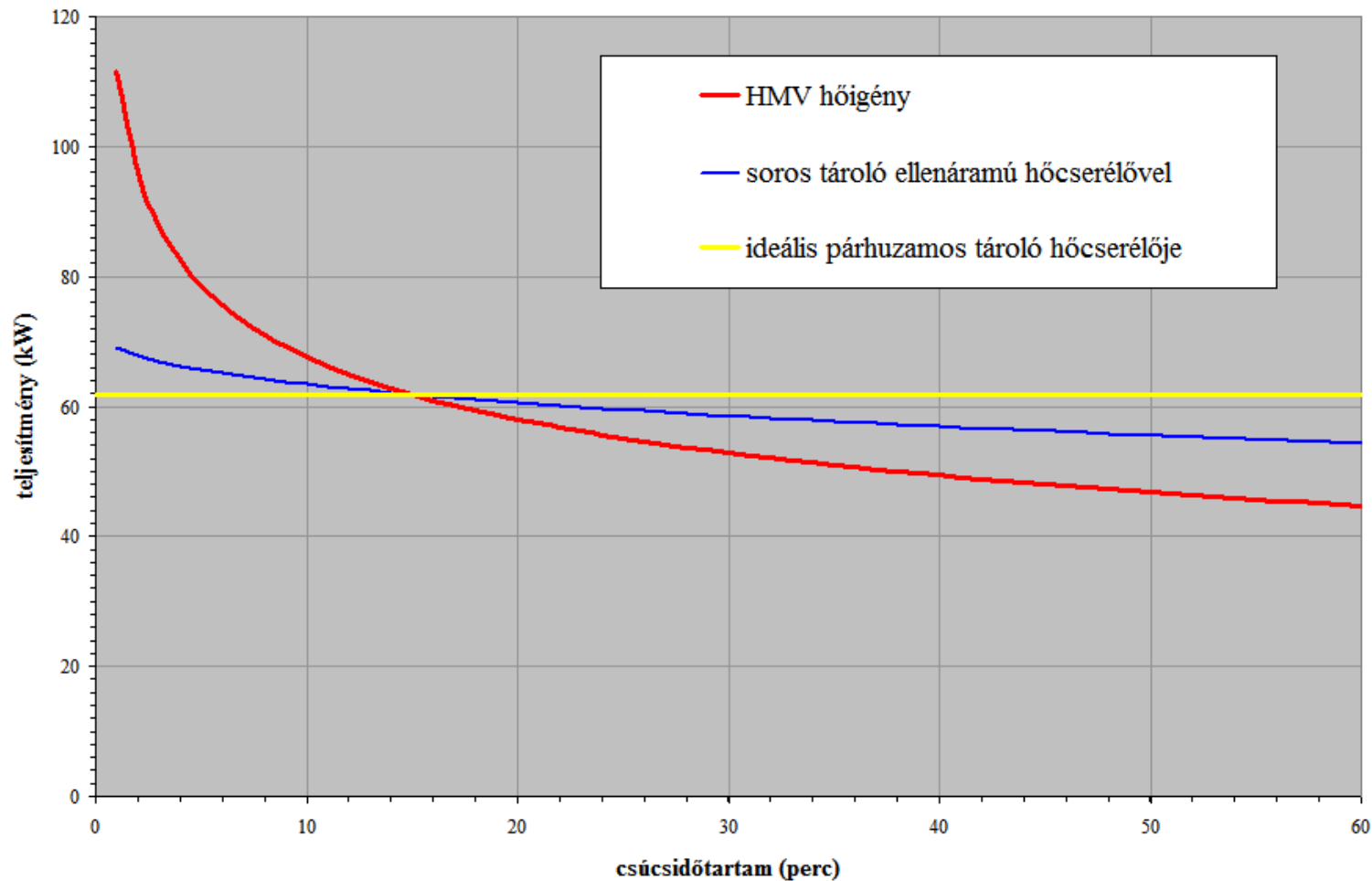
Párhuzamos tárolós rendszer méretezése I.





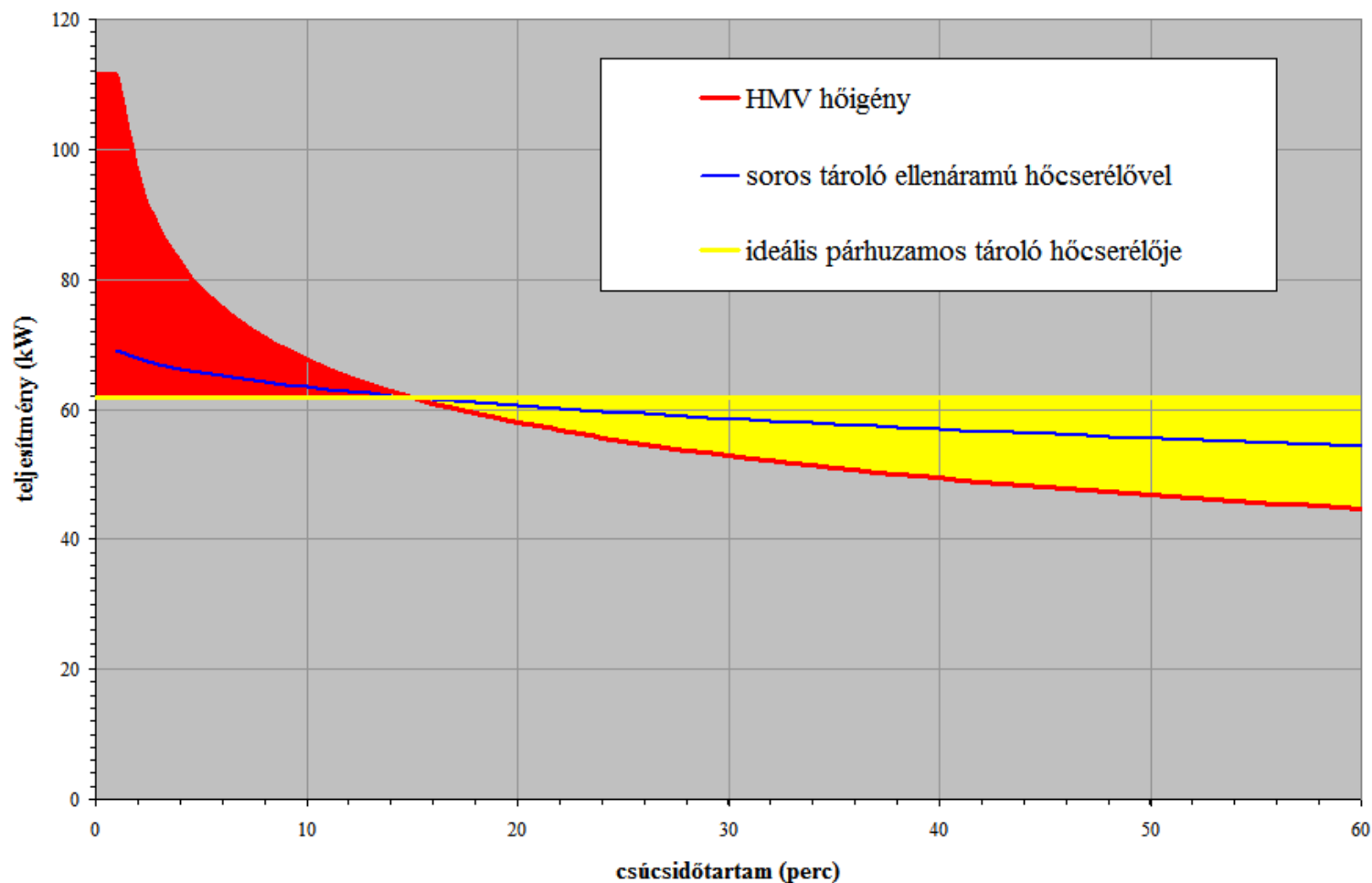
A tároló és a hőcserélő mérete gazdaságossági kérdés

Soros és párhuzamos kapcsolás hőcserélőjének teljesítménye

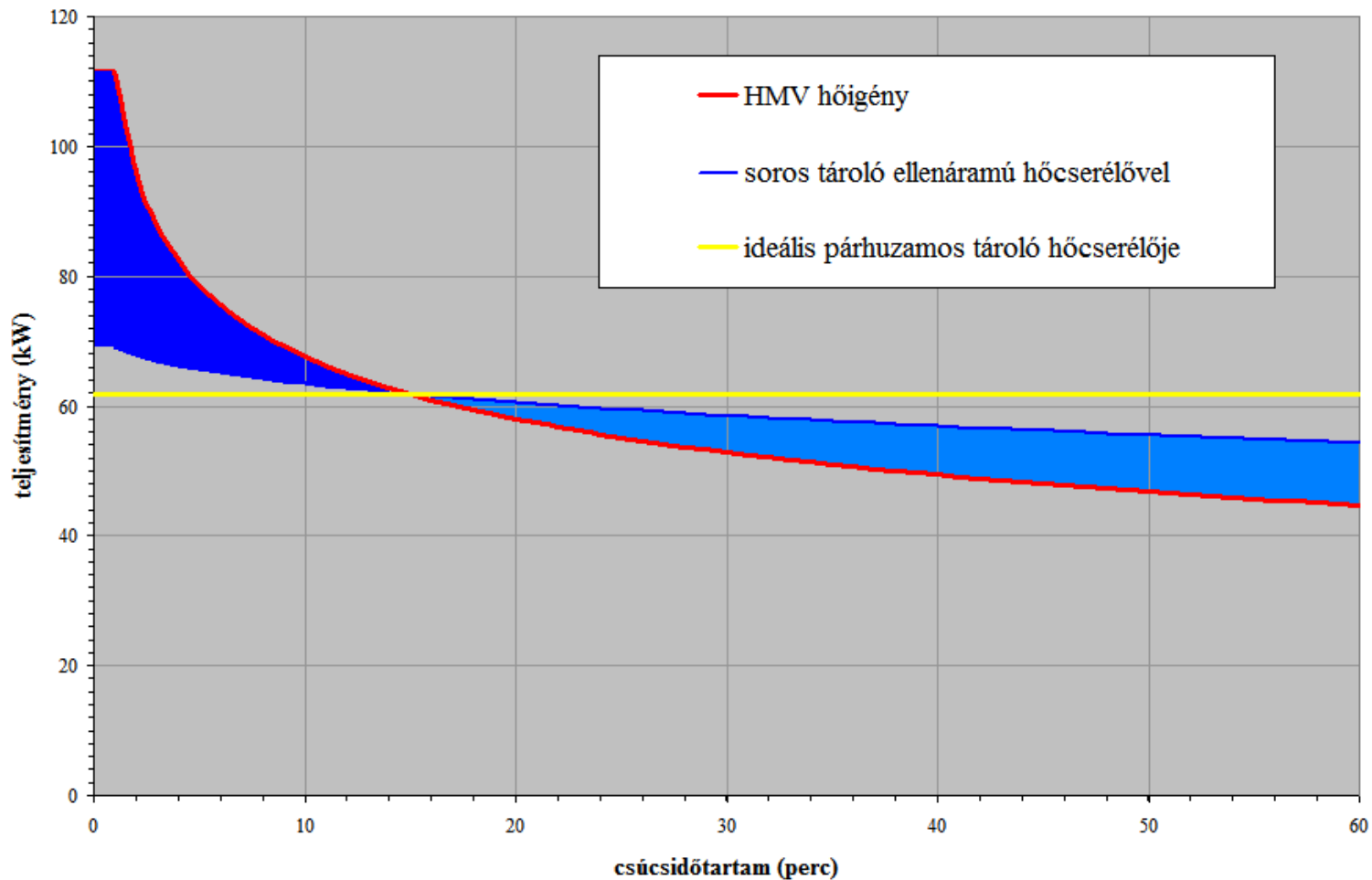


Párhuzamos tároló hőmennyisége

(ideális párhuzamos kapcsolás esetén a napi hőigény 15-20%-át fedező tároló szükséges, minimális hőcserélőteljesítmény mellett)

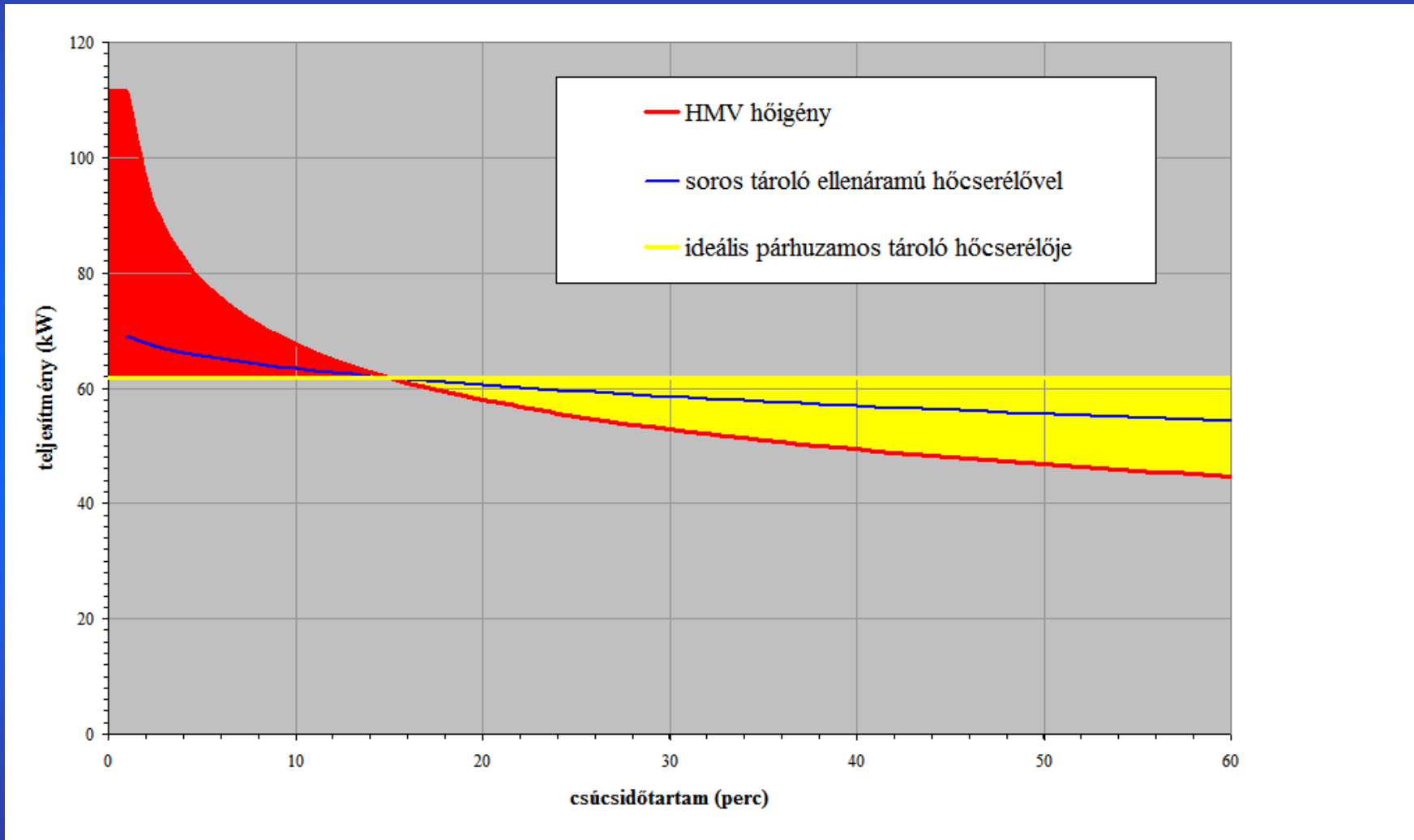


Soros tároló hőmennyisége



Van itt azért egy kis probléma...

Ha a rendezett fogyasztási diagram szerint méretezünk, a valójában nem összefüggő csúcsperiódusok miatt biztosan túlméretezünk.



Megfelelő rendszerkialakítással ez mégsem fog problémát jelenteni.

A keveredékes és kiszorításos tárolóban tárolható hőmennyiség

$$Q_{\text{tároló}} = V_{\text{tároló}} (t_{\text{max}} - t_{\text{min}}) \rho c$$

Például:

soros kapcsolás:

$$t_{\text{max}} = 60^{\circ}\text{C}$$

$$t_{\text{min}} := 55^{\circ}\text{C}$$

párhuzamos kapcsolás:

$$t_{\text{max}} = 60^{\circ}\text{C}$$

$$t_{\text{min}} := 10^{\circ}\text{C}$$

$$V_{\text{soros}} / V_{\text{párhuzamos}} = 10!$$

ugyanazon hőmennyiség tárolása esetén

A hidraulikai kapcsolás és a tárolóbeli áramlás viszonya

	keveredéses tároló	kiszorításos tároló
Soros kapcsolás	célszerű a tárolóban az ideális keveredést minél jobban megközelítő áramlást megvalósítani	rövid üzemidőre méretezett tárolók esetében
párhuzamos kapcsolás	a tárolóbeli keveredés a párhuzamos kapcsolás működőképességét veszélyezteti	minél jobban meg kell közelíteni az ideális keveredésmentes áramlást

Analógia: kiszorításos és hígításos légvezetési rendszerek!

A tárolókialakítás szerepe

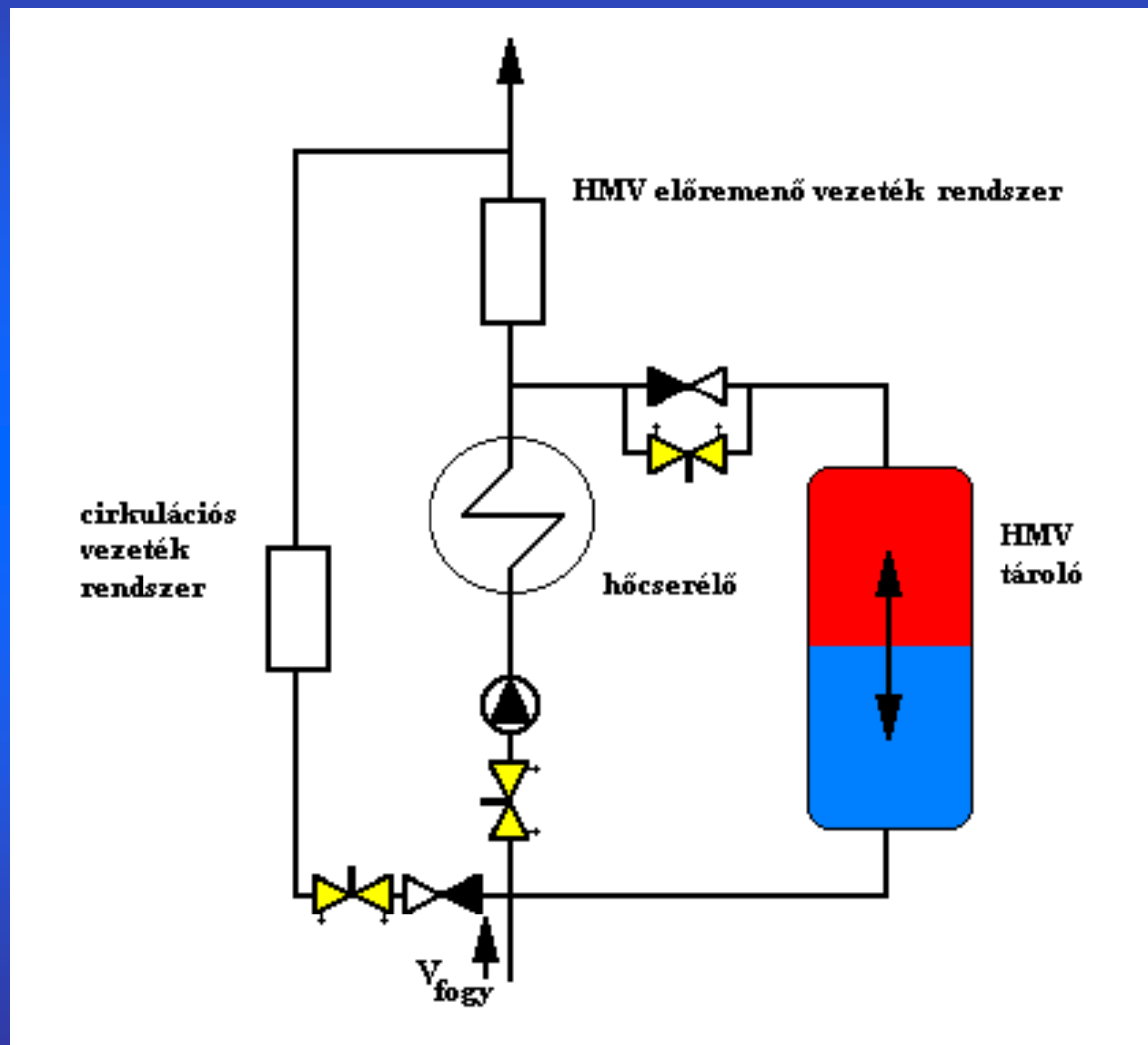
- a tároló belső áramlási viszonyai lényegesen befolyásolják a be- és kitárolt hőmérsékletek viszonyát
- párhuzamos kapcsolás → kiszorításos tároló: nagyon lényeges a hőmérsékleti elkülönülés, a keveredést kerülni kell
- soros keveredésses tároló: az ideális keveredés megvalósítása volna a cél
- a tároló hidraulikai kapcsolása lényegében független a tárolóban zajló áramlási és hőátadási viszonyoktól (analógia: légcsatorna hálózat kialakítása – légvezetési rendszerek viszonya)

Csonkelrendezés, belső áramlásterelő terelőelemek,

- a tároló egyes rész-térfogatai a funkció függvényében más és más belső kialakítást igényelnek
- lényeges szempont, hogy a különböző hőmérsékleten rendelkezésre álló közeget hol vezetjük be, és el a tartályból
- a hőmérsékleti rétegződés megvalósítása speciális áramlásterelőket igényel
- párhuzamos tárolós rendszer: a hiszterézis térfogat egyedi méretezés függvénye; a hőmérőcsonk elhelyezése egyedi kialakítást igényel

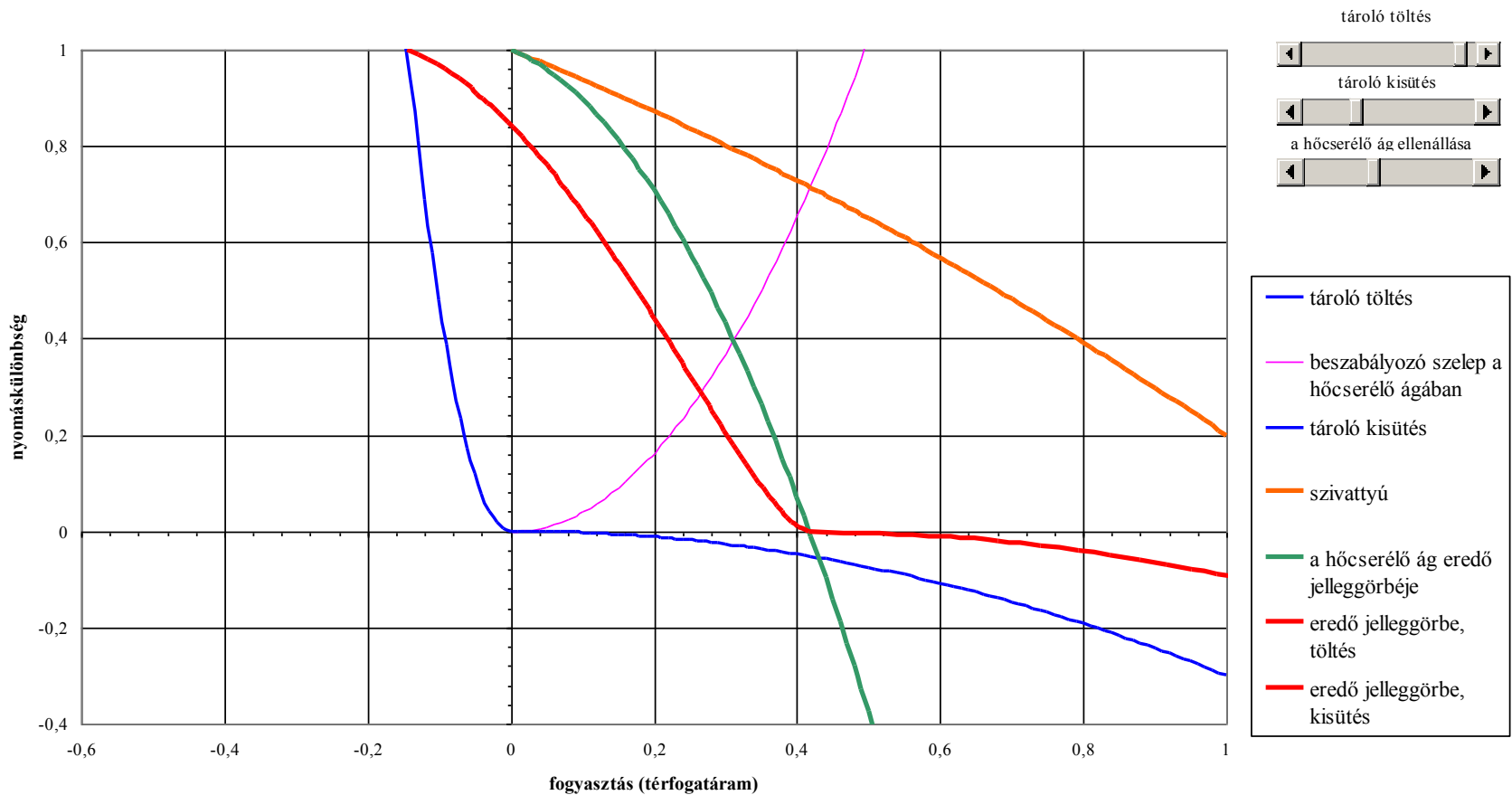
Párhuzamos kapcsolás

Közös szivattyú a tároló töltésére és a cirkuláció keringetésére

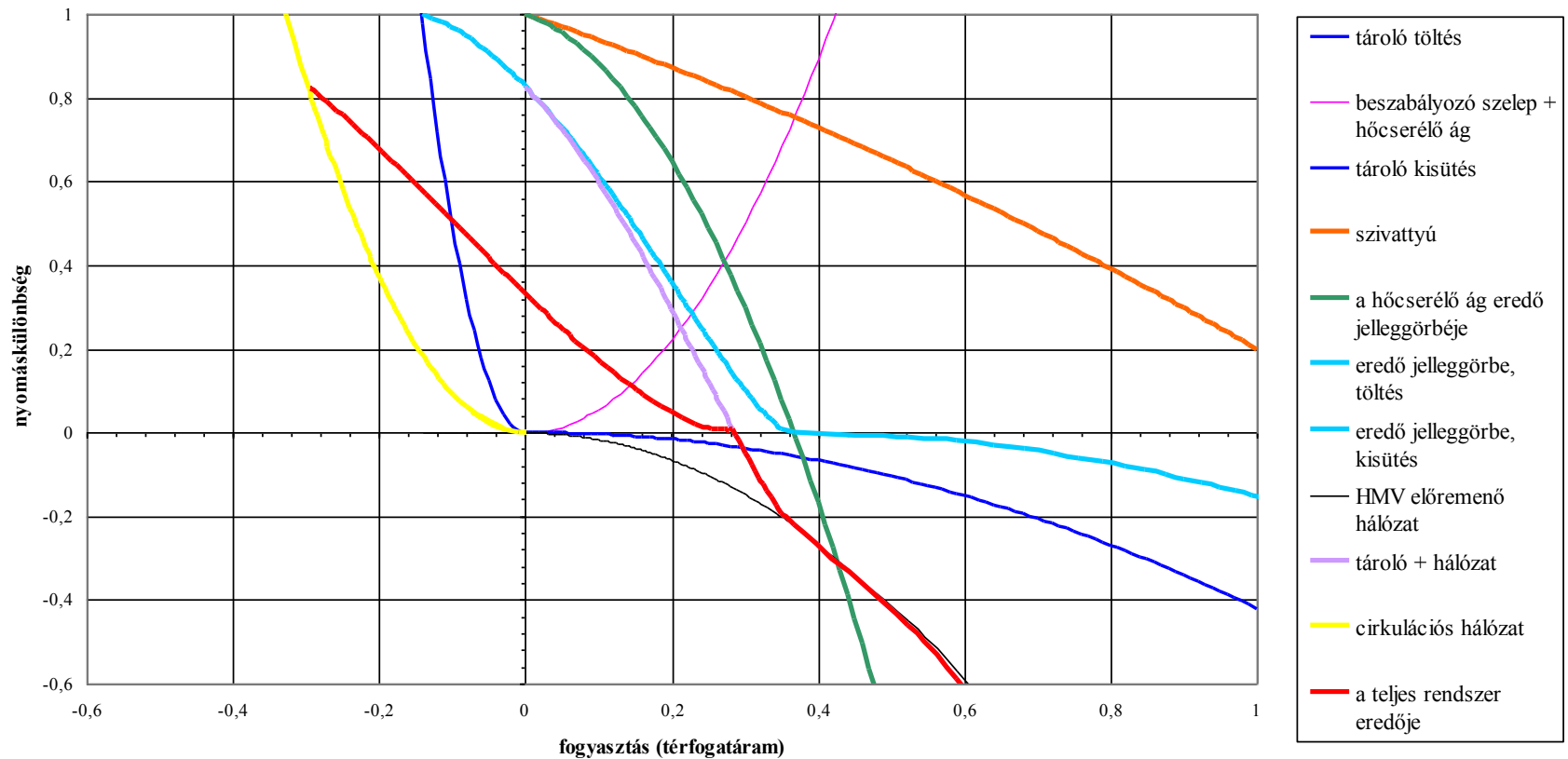


- egyetlen szivattyú a tároló töltésére és a cirkuláció keringetésére
- a kapcsolás hidraulikai leválasztó funkcióját tudatosan elrontjuk
- a csúcsfogyasztás idejére leáll a cirkuláció (kiterjedt hálózatokban ez kockázatot jelenthet a hálózat számára)
- a cirkuláció miatt a szivattyút nem lehet leállítani, ezért a tároló töltését el kell nyújtani a teljes csúcsidőn kívüli periódusra
- a töltés térfogatárama rendkívül kicsi – be szabályozási problémák!
- a tároló túltöltését nem lehet kizárni

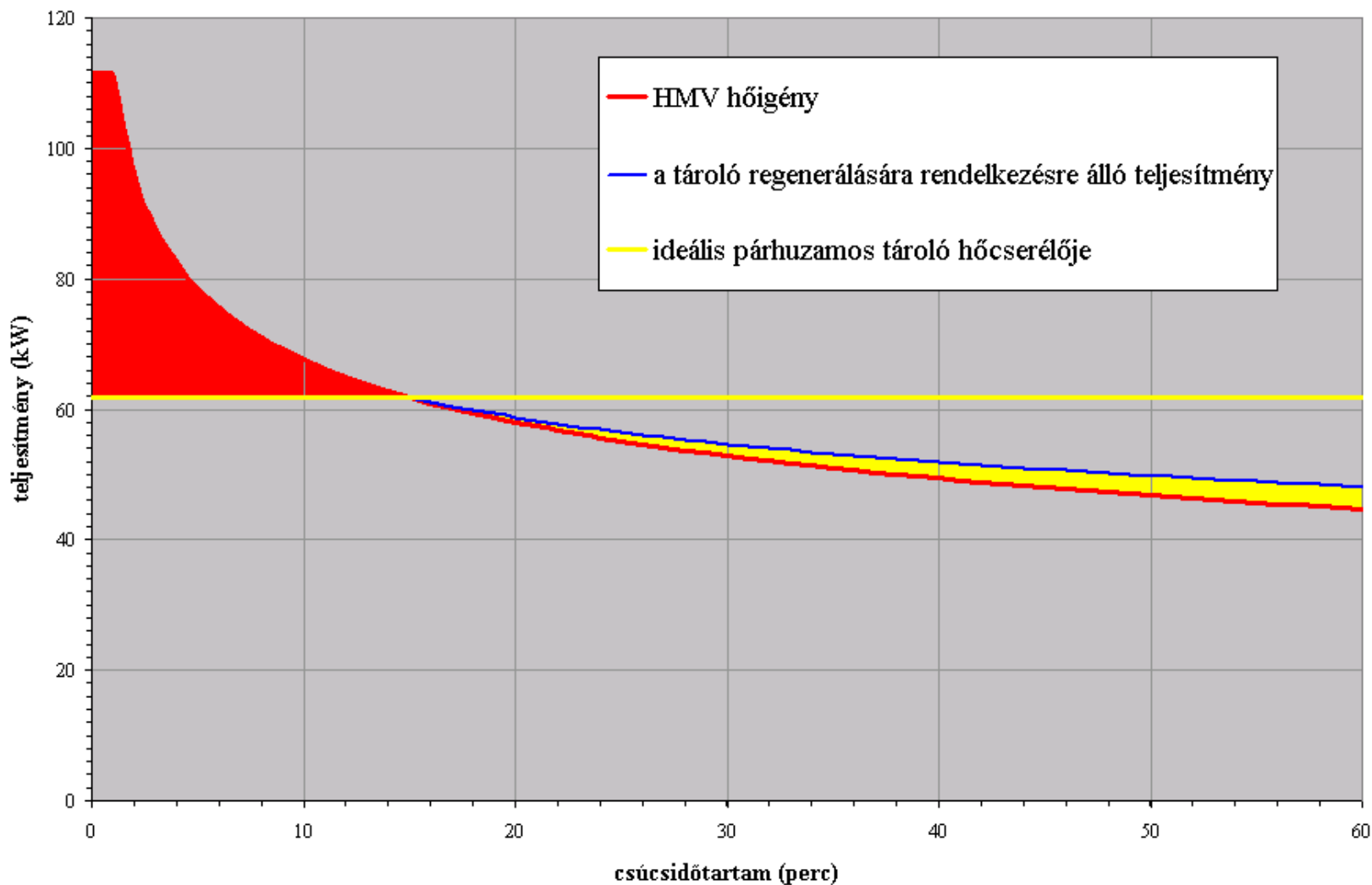
A kapcsolás jelleggörbéje cirkuláció nélkül



A kapcsolás jelleggörbéje cirkulációval

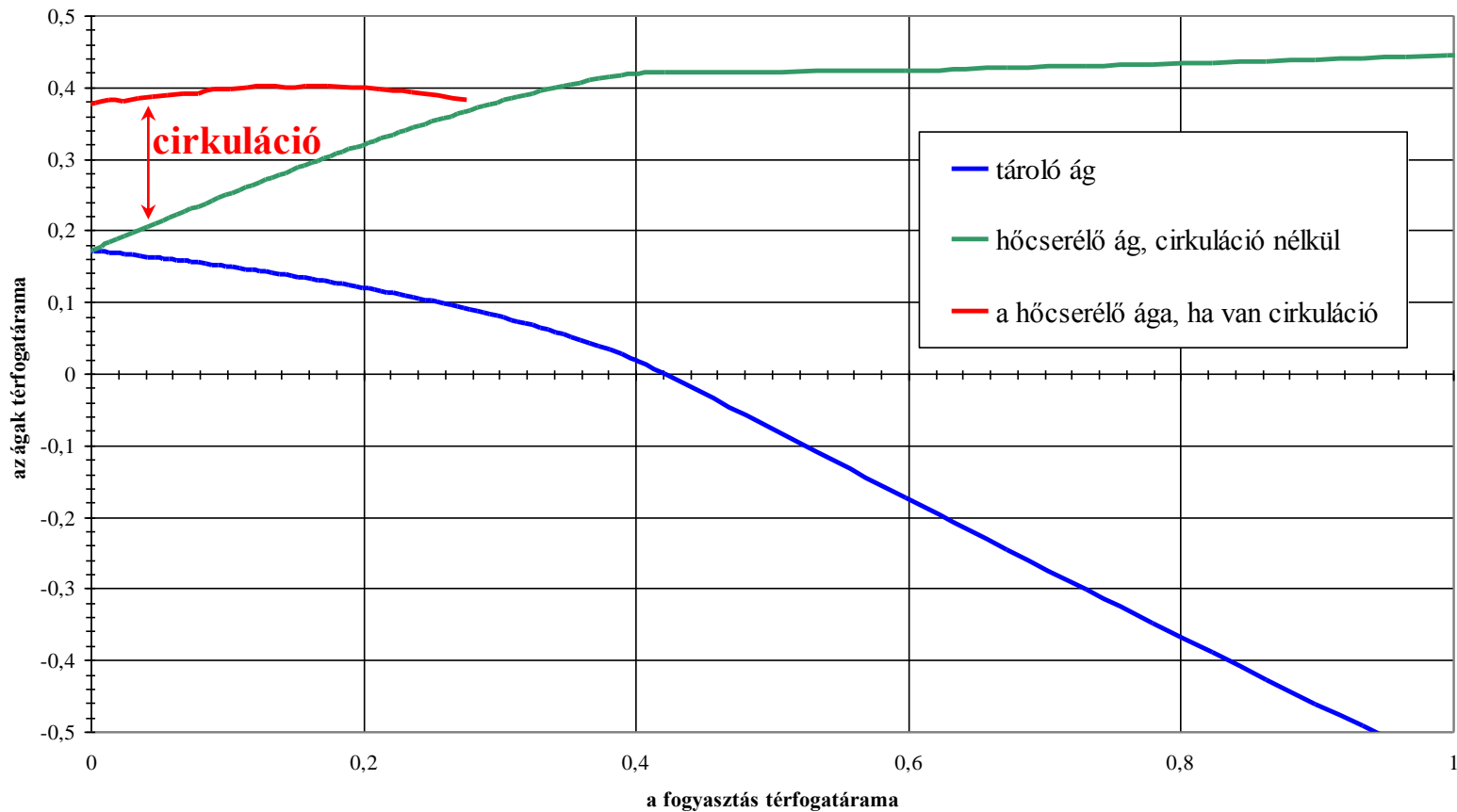


A tárolót töltő és kisütő térfogatáramok



A térfogatáramok alakulása

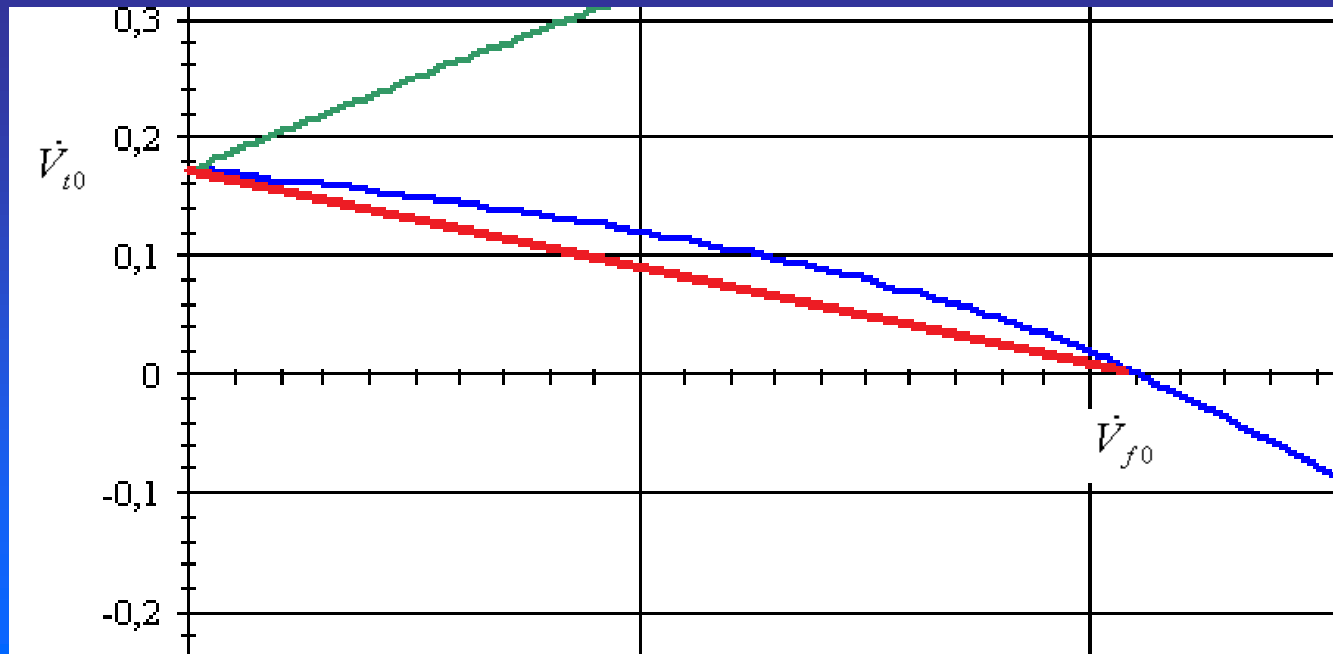
(pontonként számított eredmények; a szemléletesség kedvéért torz ábra:
nagyon nagy a tárolót töltő térfogatáram)



A kapcsolat méretezése

1. a HMV hőmérsékletek megállapítása (t_{\max} , t_{\min} , Δt_{cirk})
2. a HMV fogyasztást leíró összefüggések meghatározása
3. a csúcsidőtartam meghatározása
4. a hőcserélő méretének megállapítása
5. a tároló méretének megállapítása
6. a cirkulációs tömegáram meghatározása
7. a cirkuláció nyomásveszteségének meghatározása
8. a tárolót fogyasztás nélküli esetben töltő térfogatáram meghatározása
9. a tárolót és a cirkulációt keringető szivattyú kiválasztása
ellenőrizni kell, hogy $\dot{V}_{t0} + \dot{V}_{c0} < \dot{V}_f(\tau_{\text{csúcs}})$ teljesül-e
a szivattyú kiválasztásához két pontot kell meghatározni a $V - \Delta p$ síkon

$$\dot{V}_t(\dot{V}_f) = \dot{V}_{t0} \frac{\dot{V}_{f0} - \dot{V}_f(\tau)}{\dot{V}_{f0}}$$



$$V_T = \int_{\tau_0}^{24} \dot{V}_{t0} \frac{\dot{V}_{f0} - \dot{V}_f(\tau)}{\dot{V}_{f0}} d\tau = \frac{\dot{V}_{t0}}{\dot{V}_{f0}} \int_{\tau_0}^{24} (\dot{V}_{f0} - \dot{V}_f(\tau)) d\tau =$$

$$= \frac{\dot{V}_{t0}}{\dot{V}_{f0}} \dot{V}_{f0} (24 - \tau_0) - \frac{\dot{V}_{t0}}{\dot{V}_{f0}} \int_{\tau_0}^{24} \dot{V}_f(\tau) d\tau = \dot{V}_{t0} (24 - \tau_0) - \frac{\dot{V}_{t0}}{\dot{V}_{f0}} (V(24) - V(\tau_0))$$

$$\dot{V}_{t0} = \frac{V_T}{1440 - \tau_0 - \frac{V(1440) - V(\tau_0)}{\dot{V}_{f0}}}$$

Megfelelő szivattyú választása

1. munkapont (P'): méretezési fogyasztás

$$\dot{V}' = \dot{V}_{f0} = \dot{V}_f(\tau_0) \quad \Delta p' = \Delta p_{hocserelo}(\dot{V}_f(\tau_0)) + \Delta p_{sz}(\dot{V}_f(\tau_0))$$

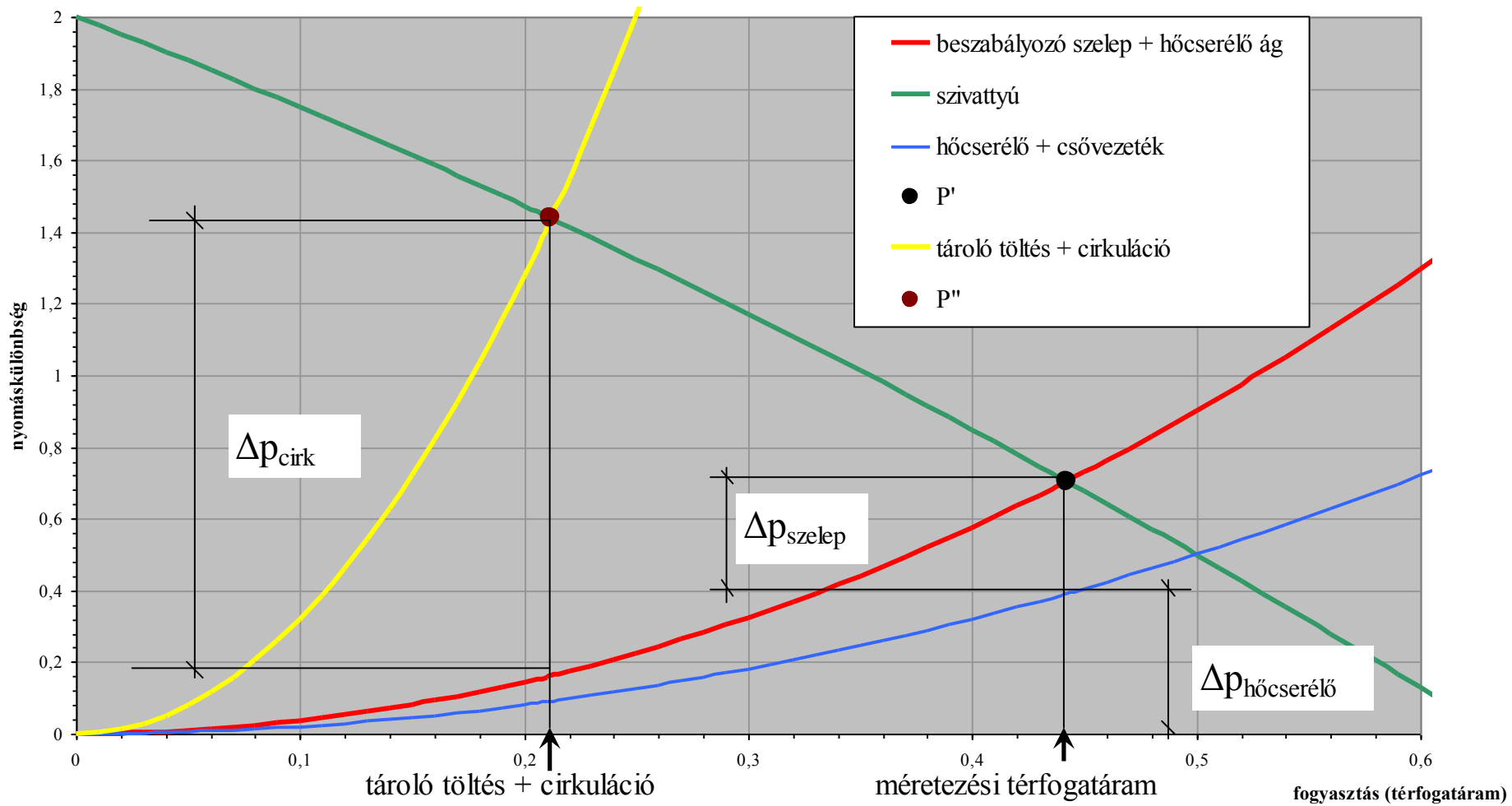
$(\Delta p_{sz}(\dot{V}_f(\tau_0)))$ a szabályozó szelep + vezeték együttes nyomásvesztése – legyen lehetőleg minél kisebb!

2. munkapont (P''): tároló töltés, nincs fogyasztás

$$\dot{V}'' = \dot{V}_{t0} + \dot{V}_{c0} \quad \Delta p'' = \Delta p_c + \left(\Delta p_{hocserelo}(\dot{V}_f(\tau_0)) + \Delta p_{sz}(\dot{V}_f(\tau_0)) \right) \left(\frac{\dot{V}_{t0} + \dot{V}_{c0}}{\dot{V}_f(\tau_0)} \right)^2$$

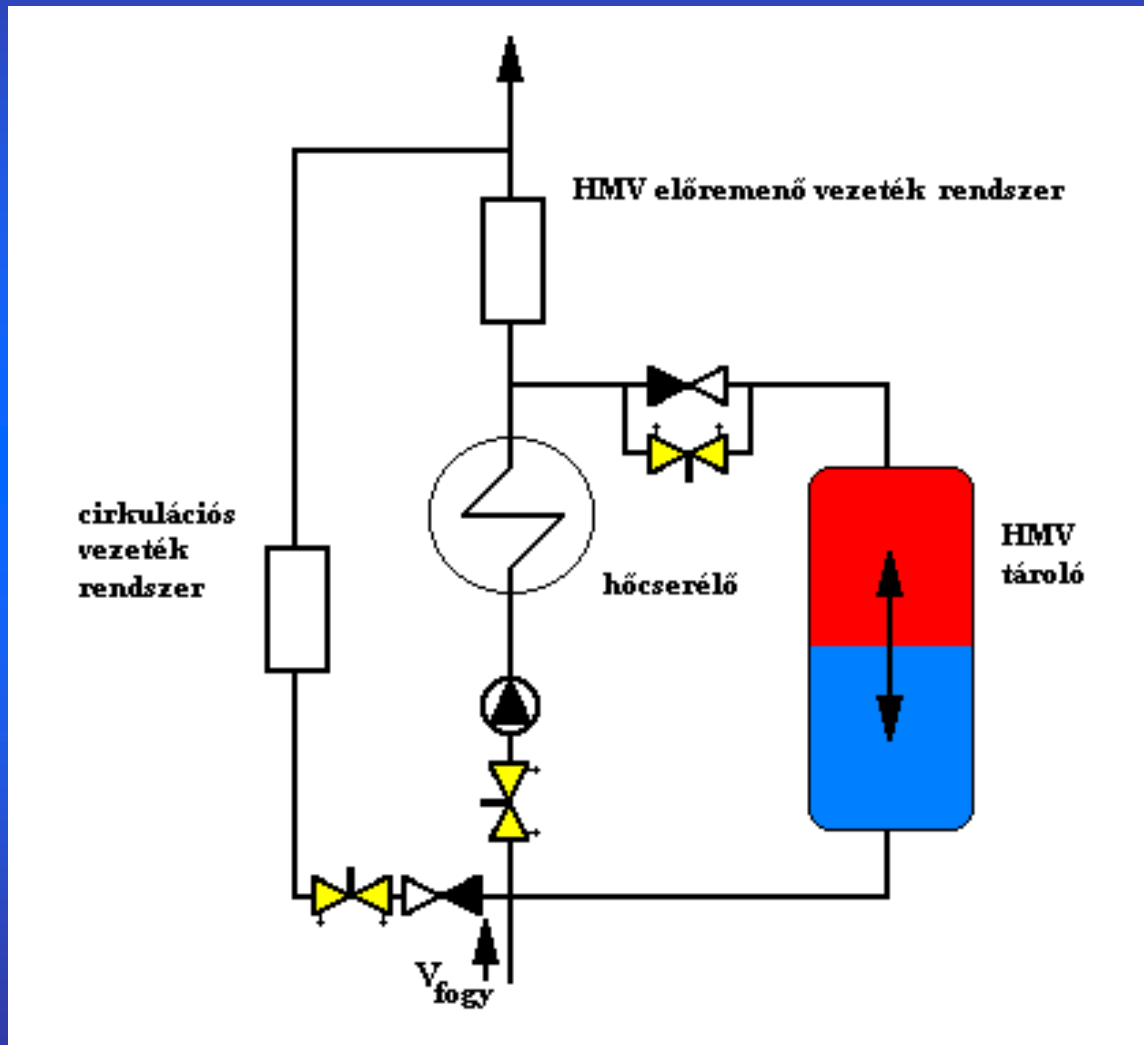
A feladat csak akkor oldható meg, ha:

$$\dot{V}_{t0} + \dot{V}_{c0} < \dot{V}_f(\tau_0)$$



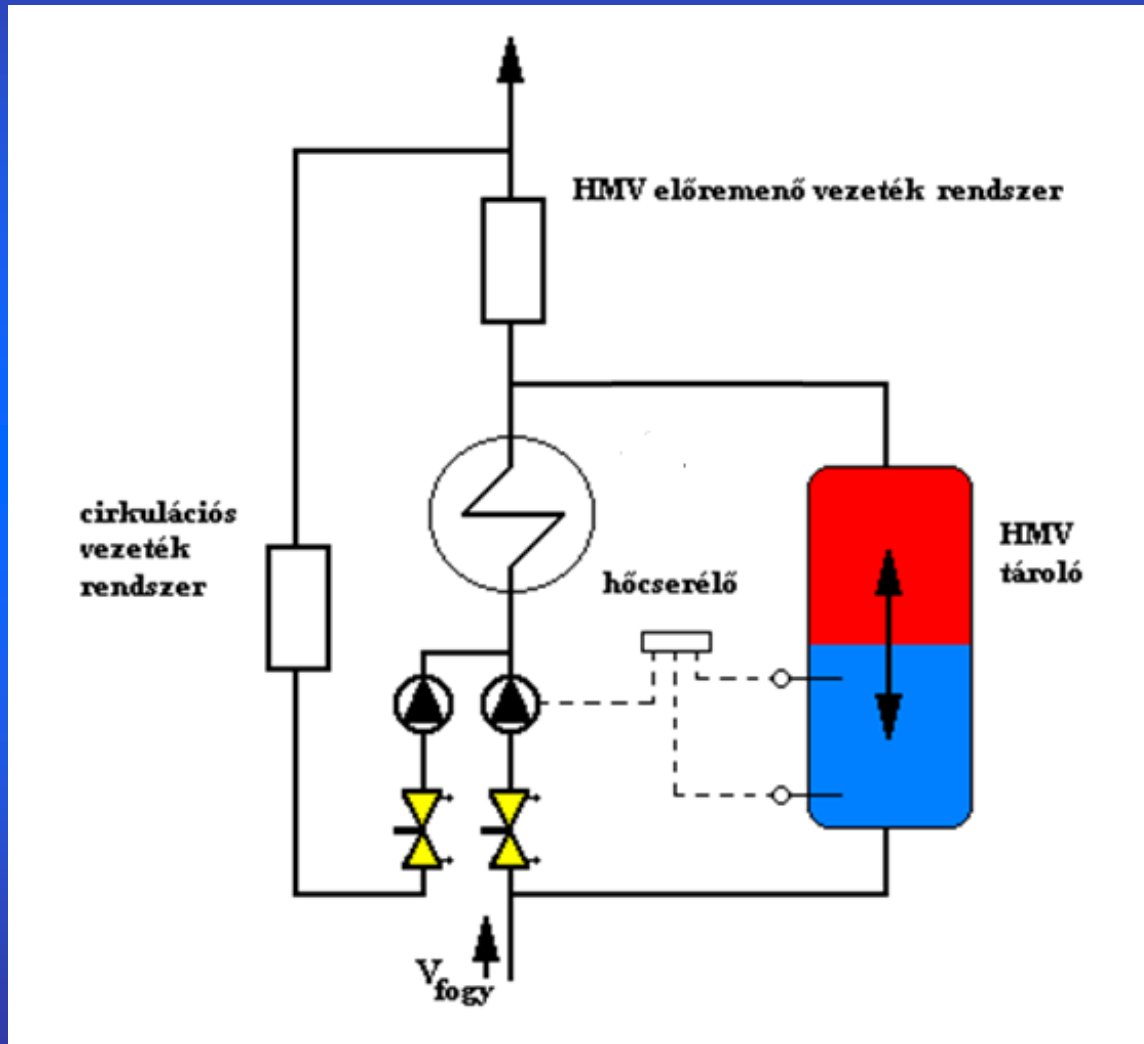
Beszabályozási feladat

A rendszer megfelelő működéséhez 3 beszabályozást kell elvégezni



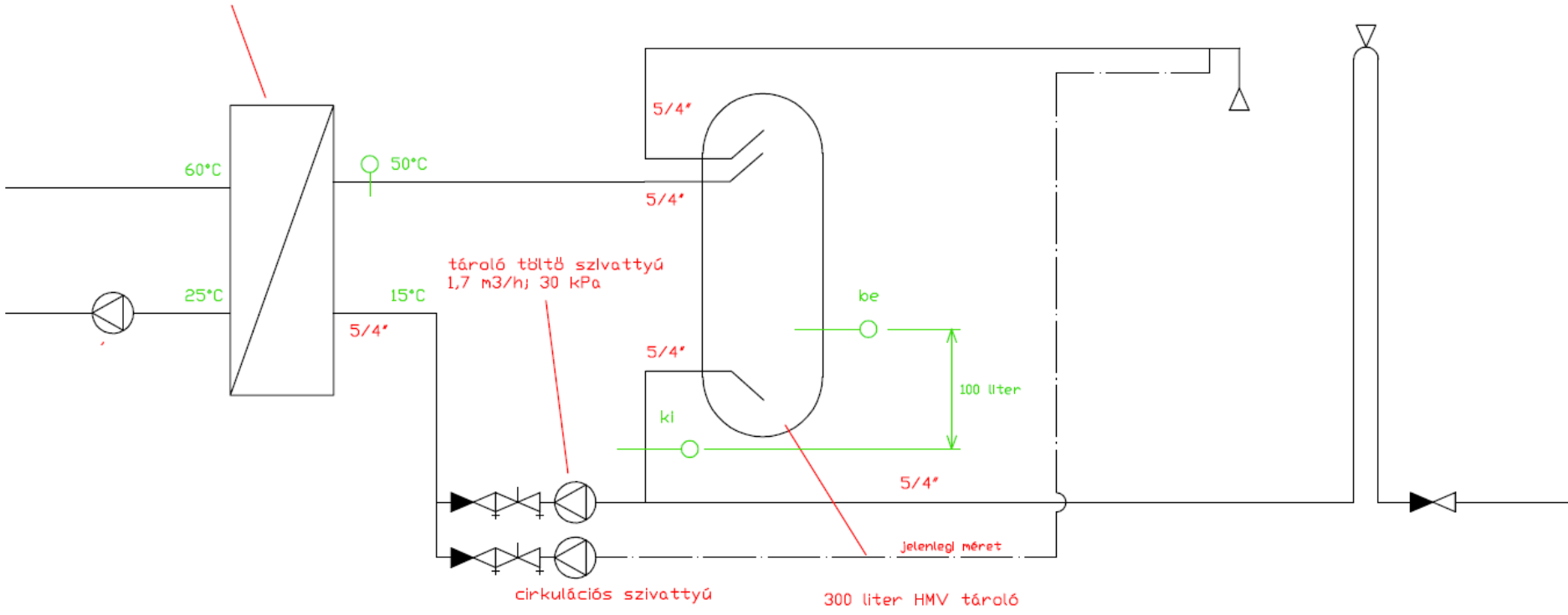
1. A hőcserélő ág térfogatáramának beszabályozása
2. A tároló töltő térfogatáram beszabályozása
3. A cirkulációs hálózat beszabályozása!

Kapcsolás két szivattyúval (tároló töltés + cirkuláció)



- a tároló töltés és a cirkuláció egymástól függetleníthető; nincsenek kényszerkapcsolatok
- a tároló túltöltése elkerülhető
- a tárolónak csak a felső hőmérő feletti térfogata vehető figyelembe a méretezésnél
- a HMV hőtermelést célszerű előnykapcsolásban megvalósítani
- jelentős szabadság a berendezések méretének kiválasztásában

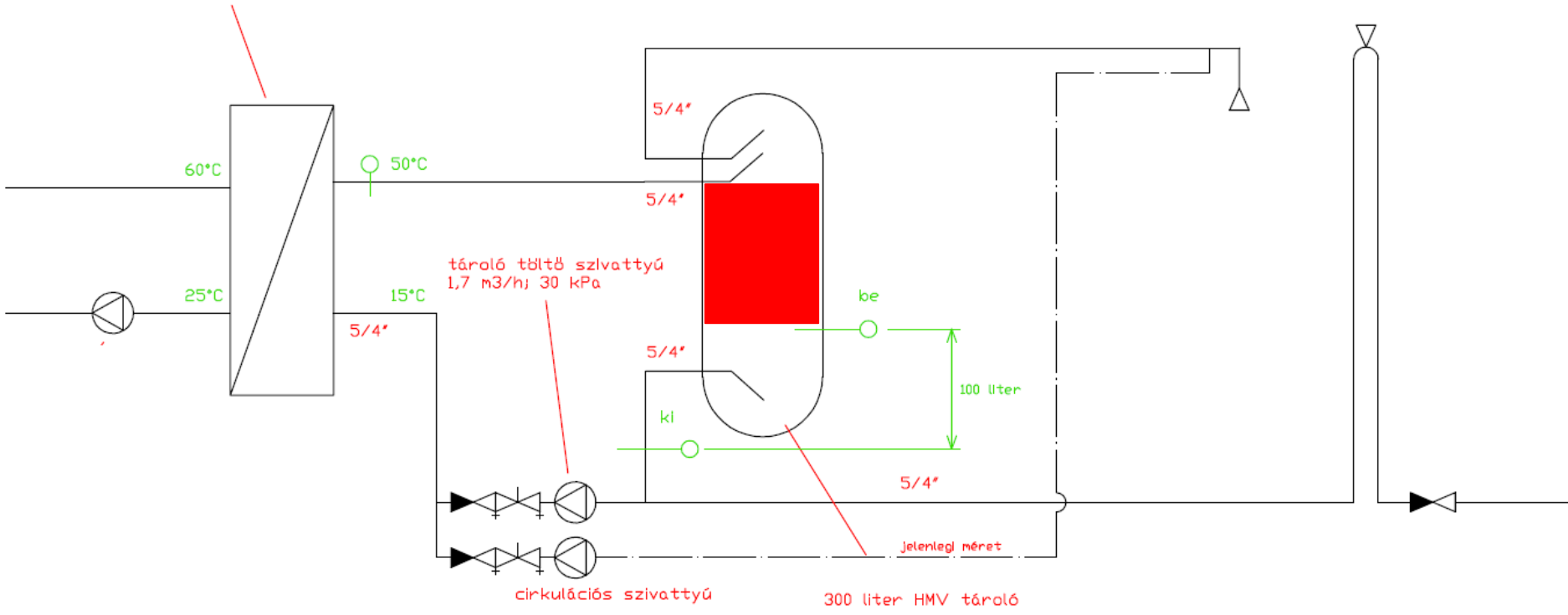
lemezes hőcserélő
80 kW
deltaP max 20/20 kPa

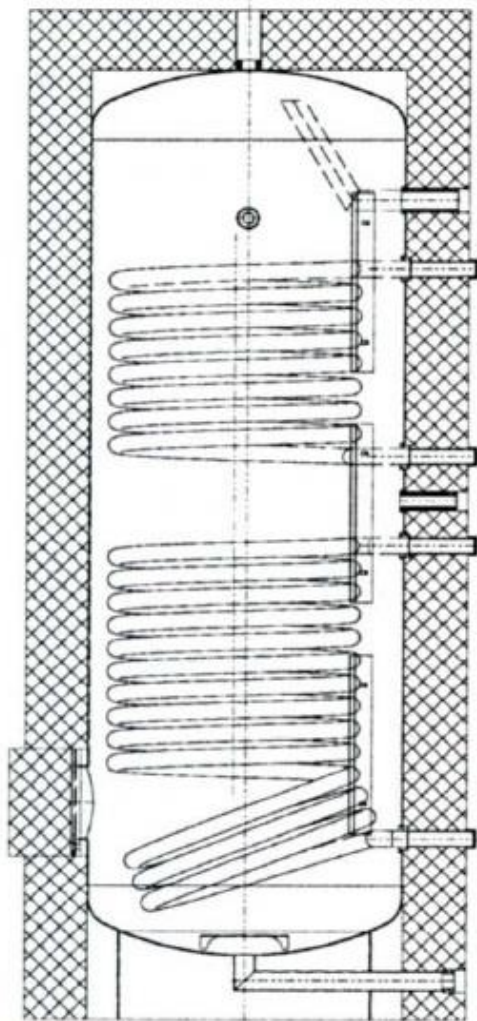


cirkulációs szivattyú

300 liter HMV tároló

lemezes hőcserélő
80 kW
deltaP max 20/20 kPa





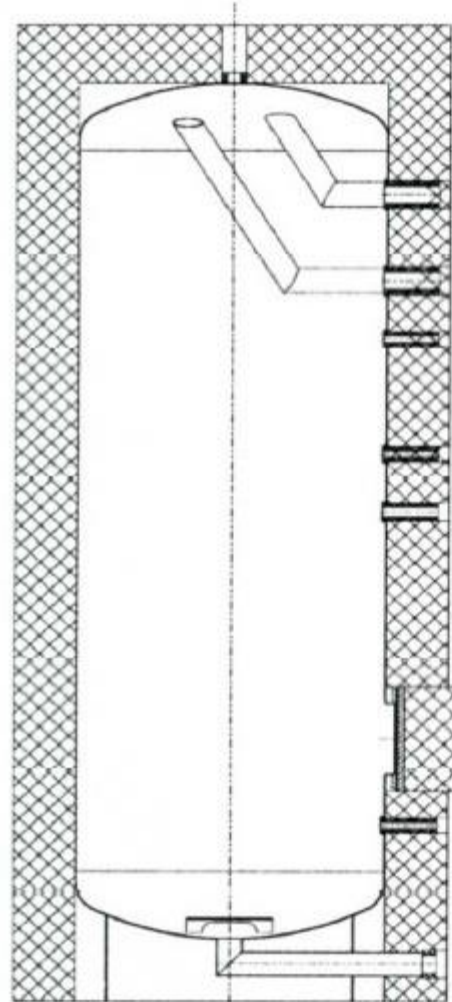
H: Teljes magasság
 H10: Légtelenítő

H9: Meleg víz

H8: Hőmérő
 H7: 2. Hőcserélő
 bemenő

H5: Cirkuláció
 H4: Hőcserélő
 bemenő

H1: Hideg víz
 törőlemezzel
 0



H: Teljes magasság
 H9: Légtelenítő

H8: Meleg víz

H7: Töltőcsatlakozás
 H6: Hőmérő

H5: Termosztát
 H4: Cirkuláció

H3: Tisztítónyílás

H2: Hőfokszabályozó

H1: Hideg víz
 leeresztő
 0 törőlemezzel

SZÜNET

10:30-10:50