

KÖZPONTI FŰTÉSES ÉPÜLETEK LEHŰLÉSE

TAKSONY GYÖRGY

A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK KANDIDÁTUSA
VÁROSÉPÍTÉSI TERVEZŐ VÁLLALAT

[Beérkezett 1964. június 20-án]

A fűtés ütemezése lényegesen kihat a beruházási költségekre, illetőleg a hőszolgáltató és villamosenergia termelő erőmű gazdaságosságára. A szerző korábbi tanulmányának eredményeit felhasználva kiszámítja különböző pontosságú eljárásokkal a központi fűtéses épületek lehűlési viszonyait. Az eredményekből megállapítható, hogy a központi fűtési rendszer figyelembevétele érdemlegesen módosítja a lehűlés mértékét. A belső berendezés érzékelhetően — további kb. 10%-kal — módosítja a lehűlés mértékét. A légtér hatása a hőmennyiségekre kicsiny, de egyes időszakokban érdemlegesen kihat a hőmérséklet alakulására. A lehűlésekre vonatkozó nagyszámú mérésből szerző bemutat néhány jellemző példát.

Jelölések

1. Mennyiségek

t_k [°C] külső hőmérséklet;
 t_b [°C] névleges belső hőmérséklet (vagy a hőmérséklet a lehűlés induláskor);
 t [°C] a lehűlés során változó belső hőmérséklet;
 t' [°C] a helyiség középhőmérséklete a lehűlés során (előzetes);
 Δt [°C] a helyiség belső hőfokának csökkentése;
 g [kg] az épület tömege;
 c [kcal/kg, °C] az épület redukált fajhője olyképpen, hogy

$$cg = c_1g_1 + c_2g_2 + c_3g_3 + \dots,$$

ahol $c_i g_i$ egyes homogénnek tekinthető épületrészekre vonatkozó értékek;
 m szorzó tényező, amellyel azt vesszük figyelembe, hogy a külső falak közepes hőfokának csökkenése kisebb, mint a belső levegő hőfokának csökkenése;
 h [h] az idő, mint változó érték a lehűlés kezdetétől számítva;
 H [h] a lehűlés vizsgált időtartama;
 Q_i [kcal/h] az épület számított hővesztése;
 Q_0 [kcal/h, °C] az épület hővesztése 1°C hőfokkülönbség esetén szélcsendben;
 s a szél hatását figyelembevevő tényező;
 \dot{q}_0 [kcal/m³, h, °C] az épület fajlagos hőkarakterisztikája;
 V [m³] az épület térfogata;
 τ [°C] a központi fűtőrendszer közepes hőmérséklete (változó érték);
 τ_1 [°C] a központi fűtési rendszer (fűtő közeg) középhőmérséklete a radiátornál (egyenletes fűtésnél adott külső hőmérséklet esetén állandó);
 F [m²] a fűtőttest (és a fűtés céljára szolgáló csőrendszer) felülete;
 W [kcal/°C] a fűtési rendszer vízértéke (a fűtésre is szolgáló csőrendszerrel és vízfűtésnél mindkettőben levő meleg vízzel);
 w = $W/Q_0 s$ [h] relatív vízérték;
 p^* [%] a hőfokcsökkenés értéke a kifutó csőrendszerben;
 ρ, ρ^* [kg/m³] sűrűség, virtuális sűrűség (a térfogatsúllyal analóg mennyiség);
 F_f, a_0, b_0, c_0 a fűtőttestek (radiátorok) jellemzői;
 $\Sigma^*, e_0, f_0, x, y, z$ közbenső számítások egyszerűsítésére alkalmazott jelölések.

2. *Indexek*

<i>f</i>	falazat;
<i>ber.</i>	belső berendezés;
<i>lev.</i>	helyiség levegője;
<i>rends.</i>	központi fűtési rendszer;
<i>víz</i>	központi fűtési rendszerben levő víz;
<i>rv</i>	a központi fűtési rendszer és a benne levő víz együttesen.

I. **Bevezetés**

Amint korábbi tanulmányunkban jeleztük, [8] épületek lehülési viszonyainak számottevő jelentősége van nagyobb hőszolgáltató erőművekből ellátott távfűtő rendszereknél. A fűtés ütemezése lényegesen kihat a beruházási költségekre, illetőleg lényegesen javítható ezúton a komplex hőszolgáltató és villamosenergia-termelő erőmű együttes gazdaságossága. Érintett tanulmányban részletesen foglalkoztunk a központi fűtési rendszer lehülési kérdéseivel. Az ott kapott eredmények felhasználásával a következőkben kiszámítjuk az épületek lehülési viszonyait. Figyelembe vesszük az épület-szerkezet, a központi fűtési rendszernek, az egyéb berendezések és a légtér hatását. A relatív vízérték fogalmának bevezetésével aránylag jól áttekinthető összefüggéseket kaptunk; ebből a lehülési értékek különböző pontossággal számíthatók. Vizsgáltuk, hogy az egyes tényezők milyen hatással vannak a lehülésre. A lehülés mértékét és jellegét nagy számú mérés ellenőriztük.

II. **A központi fűtéses helyiségek lehülése**

Fűtési szünet, vagy a fűtés mértékének csökkentése a gyakorlatban a központi fűtéses rendszereknél általában három okból jelentkezik. Ezek közül kettő a napszakokkal van kapcsolatban: éjjel általában csökkentik vagy teljesen leállítják a fűtést. Ennek eredete elsősorban a korábbi fűtési gyakorlatban kereshető, amikor az egyedi vagy egy épületre kiterjedő fűtésnél éjjel a kezelő személyzet pihen. Ezeknél a megoldásoknál az éjjeli üzemszünet általában még megtakarítással is jár nagyobb beruházási költség mellett.

A második ok azzal volt kapcsolatban, hogy egyes területeken (nem mindenütt) kedvezőbbnek ítélik, ha az alvási periódusban néhány fokkal kisebb a hőmérséklet, mint napközben.

A harmadik szempont elsősorban azoknál a távfűtésnél merül fel, ahol a hőenergiaszolgáltatás villamosenergia-termeléssel van kapcsolva. Itt gazdaságilag igen lényeges és előnyös, ha a hőszolgáltatás időbeli lefolyásával tudunk alkalmazkodni a villamosenergia-szolgáltatás igényeihez. Így pl. ha az erőműben megvan a lehetősége a kondenzációs villamosenergia-termelésnek, akkor villamos csúcsidő esetében hosszabb-rövidebb időre leállítják,

esetleg csökkentik a fűtési hőszolgáltatást. A felszabaduló gőzmennyiséget kondenzációs villamosenergia-termelésére hasznosítják. Tiszta ellennyomású erőműveknél bizonyos esetekben kedvező lehet villamos csúcsidőben növelni a fűtést.

Ezek az üzemmeneti lehetőségek nagy mértékben növelik a kombinált erőmű gazdaságosságát. Ilyen erőművi kialakításnak, illetőleg üzemmenetnek akadálya nincs, célszerű tehát számszerűen tisztázni, hogy milyen időtartamra lehet leállítani, illetőleg csökkenteni a hőszolgáltatást. Ezt az szabja meg, hogy az üzemszünetben mennyire hűlnek le a helyiségek.

A lehűlés kérdésével korábban többen foglalkoztak már. Ezek közül megemlítendőek MACSKÁSSY [1, 2], MELENTEEV [4] és FOKIN [5] vizsgálatai. Az [1, 2] és [4] munkák a lehűlést egy-egy időszakra vizsgálják, feltételezve, hogy az ezt megelőző üzemi időszak stationáriusnak tekinthető. Ezzel szemben az [5] és [10] munka ismerteti és felhasználja SKLOVERNEK az előző eljárások megjelenésével egyidőben kidolgozott eljárását. Ez nem stationárius üzem utáni lehűlést vizsgál, hanem az üzemi változásokat ismétlődő harmonikus (sinus görbe) jellegű folyamatként veszi fel, és ennek alapján komplex függvényrel határozza meg a helyiség hőmérsékletét. A valóságban a változások általában eltérnek a harmonikus görbétől, de ebben az esetben lefolyásuk Fourier-sorba fejtéssel, harmonikus függvények összegeként jól közelíthető, ha a változások periodikusan ismétlődőek, tehát jellegük is periodikus.

Most ismertetett vizsgálatainknál azonban még a periodikus jellettől is jelentős az eltérés. Nézzük például azt az esetet, amikor egy nap 2—3 órán keresztül a csúcsidei villamosenergia fedezésére alkalmazzuk a fűtésleállítást. A következő nap már bizonytalan, hogy erre az üzemmenetre szükség van-e. De ha szükség is lenne, a villamos terhelés és a külső meteorológiai viszonyok változnak. Szombat—vasárnap pedig az egész más jellegű villamos terhelés miatt a csúcsidei energiaszolgáltatásra hőszolgáltató erőművek részéről nincs szükség. Ezek az aperiodikus jelenségek különösen fokozottan éreztetik hatásukat az újabban használt könnyű épületszerkezeteknél. Úgyhogy különösen utóbbi épületeknél nemcsak a harmonikus, de a periodikus üzemmenet sem vehető fel, csak igen nagy közelítéssel.

Szerző álláspontja szerint az első eljárás az e tanulmányban vizsgált esetben nem ad nagyobb hibát, mint a Sklover-féle eljárás az itt szükséges sorbafejtéssel. Viszont a végeredményként adódott számítási eljárás lényegesen rövidebb idő alatt végezhető el, mint a Sklover-féle módszerrel. Ez pedig a szóban levő távfűtéseknel, ahol igen sok különböző hőtechnikai jellemzővel rendelkező épületrésszel van dolgunk, lényeges előny. Ezért a tanulmányban a Sklover-féle eljárásra való utalás mellett szerző az első eljárással dolgozott.

Az idézett vizsgálatok mind csak magukkal az épületek lehűlésével foglalkoztak. Nem képezte vizsgálat tárgyát az egyéb berendezések kérdése. Szerző [8] egy korábbi tanulmányában részletesen vizsgálta az ebből a szem-

pontból legjelentősebb belső berendezések, a központi fűtési rendszernek lehűlését. Az itt nyert eredmények felhasználásával és az egyéb berendezések figyelembevételével kidolgozzuk a komplett épületrendszer lehűlési viszonyainak számítását.

Vizsgálatainknál az épületen kívül figyelembe vesszük a központi fűtési rendszert, továbbá az épületek berendezését (lakóépületeknél bútorok és egyéb használati tárgyak), továbbá az épület fűtött légterét. A központi fűtési rendszer figyelembevételét indokolja, hogy elsősorban nagyobb távfűtésekkel foglalkozunk. A belső berendezés szerepénél figyelembe kell venni, hogy a bútor stb. berendezéseknek az épület légköbméterére és anyagmennyiségére vonatkoztatott relatív értéke nő a lakó- és irodahelyiségek magasságának csökkenésével, továbbá a falvastagságok, illetőleg a fajsúly (térfogatsúly) csökkenésével.

III. A rendszer lehűlésének számítása

Az egyes tároló-objektumok tárolóképességének hatását az 1°C -ra eső hőveszteségre fogjuk vonatkoztatni. Mint ismeretes, a hőleadásnál szereplő $cg = W$ vízérték. A számítás egyszerűsítésére bevezetjük a *relatív vízérték* fogalmát, amely megadja, hogy adott objektum valamelyik létesítménycsoportjának vízértéke hányszor nagyobb ugyanezen objektum 1° hőfok különbség esetén fennálló hőveszteségénél. Vagyis

$$W = wQ_0s.$$

A relatív vízértéknek egyebekben óra dimenziója van. Kiszámítására a IV. fejezetben még visszatérünk.

Kiszámítjuk, mennyi az a hőmennyiség, ami az épületi alkatelemek lehűlésének következtében felszabadul. Majd kiszámítjuk, mennyi az épület lehűlése és felírjuk, hogy fűtési üzemszünetben a két érték egyenlő, mert a falak és berendezések lehűlése fedezi a hőveszteséget.

Egyszerűség kedvéért a belső falak és külső falak lehűlése között nem tettünk különbséget. A valóságban az a helyzet, hogy a belső falak (vastagságban mért) redukált közepes lehűlése a belső hőmérséklet lehűlésénél lényegesen kisebb, mint a belső hőmérséklet változása.

A két módosító hatást az m tényezővel vettük figyelembe. Ha ezeket az értékeket meg akarjuk határozni mérésrel, vagy az instationárius hőközlés szabályai szerint végezhetjük el, akár a Fourier-sorok felhasználásával [6], akár a véges különbségeknek (differencia egyenleteknek) SCHMIDT által kidolgozott módszerével grafikusán [7], vagy sorozatszámítással [5]. E kérdéssel a magyar szakirodalomban is több újabb tanulmány foglalkozik [9, 10]. Először a köze-

lító (véges lehülésre szóló) egyenletet írjuk fel:

$$\begin{aligned} c_f g_f m \Delta t + c_{\text{ber.}} g_{\text{ber.}} \Delta t + c_{\text{lev.}} g_{\text{lev.}} \Delta t + \\ + c_{\text{rends.}} g_{\text{rends.}} \Delta \tau + c_{\text{viz}} g_{\text{viz}} \Delta \tau = \\ = Q_0 s \left[\left(t_b - \frac{\Delta t}{2} \right) - t_k \right] H. \end{aligned}$$

Attól a minimális különbségtől, ami a központi fűtési rendszer (radiátor fala) középfőmérséklete és a benne levő közeg (víz) középfőmérséklete között van, eltekintünk, és erre figyelemmel a bal oldal 2 utolsó tagját együttesen vesszük számításba. Helyettesítve a relatív vízértéket és az egyenletet végig-osztva $Q_0 s$ -sel, a következő alakot kapjuk:

$$w_f m \Delta t + w_{\text{ber.}} \Delta t + w_{\text{lev.}} \Delta t + w_{rv} \Delta \tau = \left(t_b - t_k - \frac{\Delta t}{2} \right) H,$$

ahonnan a lehülés közelítő értéke H óra alatt

$$\Delta t = \frac{(t_b - t_k) H - w_{rv} (\Delta \tau)_H}{w_f m + w_{\text{ber.}} + w_{\text{lev.}} + 1/2 H}.$$

Itt a számláló utolsó tagjában a zárójel H indexe azt jelöli, hogy a központi fűtési rendszer közepes hőfokának csökkenését H óra múlva vizsgáljuk.

A közelítő képlet után bemutatjuk a pontos számítást is. Felírjuk, hogy elemi dh idő alatt a berendezések lehülése (dt hőmérséklettel) fedezi az épület hőveszteségét az adott időre:

$$\begin{aligned} c_f g_f m dt + c_{\text{ber.}} g_{\text{ber.}} dt + c_{\text{lev.}} g_{\text{lev.}} dt - \\ - (c_{\text{rends.}} g_{\text{rends.}} d\tau + c_{\text{viz}} g_{\text{viz}} d\tau) = - Q_0 (t - t_k) s dh. \end{aligned}$$

Osztva $Q_0 s$ -sel

$$(w_f m + w_{\text{ber.}} + w_{\text{lev.}}) dt - w_{rv} d\tau = - (t - t_k) dh. \quad (\text{A})$$

A változók szétválasztása után a következő egyenletet kapjuk:

$$\frac{dt}{t - t_k} = - \frac{1}{w_f m + w_{\text{ber.}} + w_{\text{lev.}}} \left(dh - \frac{w_{rv} d\tau}{t - t_k} \right).$$

Mint hogy $\tau = f(h)$, így

$$d\tau = \int \frac{d\tau}{dh} dh = [\tau]_{h_1}^{h_2}.$$

Tekintettel arra, hogy a zárójel második tagja viszonylag kisebb kihasználással van a t változására, azt a közelítést alkalmazzuk egyelőre, hogy a második tagban a változó t helyett az állandó t' értékét alkalmazzuk, ilyenképpen

integrálás után

$$\ln(t - t_k) = - \frac{1}{w_f m + w_{\text{ber.}} + w_{\text{lev.}}} \left(h - \frac{w_{rv}}{t' - t_k} [\tau]_0^H \right) + \text{állandó}$$

és az állandót kifejezve a kezdő értékekkel

$$t - t_k = (t_b - t_k) e^{- \frac{1}{w_f m + w_{\text{ber.}} + w_{\text{lev.}}} \left(h - \frac{w_{rv}}{t' - t_k} [\tau]_0^H \right)}$$

A kitevő második tagjának értékelésével [8] tanulmányunkban foglalkoztunk. A $[\tau]_0^H$ érték az ott szereplő (1) egyenletből vagy az 1., 2. és 3. ábrákból meghatározható, a nevezőre példaképpen értékeket pedig a későbbiekben ismertetünk (V. fejezet).

A lehülésre vonatkozó egyenletnél megvizsgáltuk az előzőekben érintett elhanyagolás mellőzésével a pontos megoldást is. Szerző [8] korábbi tanulmányának (1) egyenlete szerint felírható, hogy

$$\tau - t' = \frac{a_0}{(b_0 + c_0 h)^3} = \frac{1}{(e_0 + f_0 h)^3},$$

és ebből

$$\frac{d\tau}{dh} = - \frac{3f_0}{(e_0 + f_0 h)^4}.$$

Vezessük be a következő jelöléseket:

$$\begin{aligned} w_f m + w_{\text{ber.}} + w_{\text{lev.}} &= \Sigma^* w, \\ e_0 + f_0 h &= x, \\ t - t_k &= y, \end{aligned}$$

és helyettesítsük be ezeket, úgy az (A) differenciálegyenlet a következő alakot veszi fel:

$$\Sigma^* w dt + w_{rv} \frac{3f_0}{(e_0 + f_0 h)^4} dh = - (t - t_k) dh,$$

illetőleg

$$\Sigma^* w dy + 3w_{rv} \frac{dx}{x^4} = - \frac{1}{f_0} y dx;$$

vagy rendezve

$$\Sigma^* w y' + \frac{1}{f_0} y = - \frac{3 w_{rv}}{x^4}.$$

Tehát egy inhomogén lineáris differenciálegyenletet kaptunk, amelyből először a megfelelő homogén egyenlet megoldását számítjuk ki:

$$\Sigma^* w \frac{dY}{dx} = - \frac{1}{f_0} Y,$$

$$\frac{dY}{Y} = - \frac{1}{f_0 \Sigma^* w} dx,$$

ahonnan

$$\ln Y = - \frac{1}{f_0 \Sigma^* w} x + C_1$$

és

$$y = CY_1 = C \exp \left(- \frac{1}{f_0 \Sigma^* w} x \right).$$

Az inhomogén egyenlet megoldását megkapjuk, ha a C -t változóknak vesszük $c(x)$ értékkel és az eredménnyel kapott $c(x) \cdot Y_1$ -et mint partikuláris megoldást hozzáadjuk a homogén differenciálegyenlet előző sorban szereplő általános megoldásához. $c(x)$ a következő egyenletből számítható ki:

$$\Sigma^* w c'(x) \exp\left(\frac{1}{f_0 \Sigma^* w} x\right) = -\frac{3w_{rv}}{x^4},$$

ebből

$$c(x) = -\frac{3w_{rv}}{\Sigma^* w} \int \frac{\exp\left(-\frac{1}{f_0 \Sigma^* w} x\right)}{x^4} dx.$$

Az $(e^z/z^4)dz$ függvény sorbafejtéssel integrálható a kívánt pontosságig. Ismételjük, hogy a most ismertetett eljárás inkább elvi jelentőségű, mert a gyakorlat számára a differenciálegyenlet korábbi megoldása teljesen megfelelő, sőt az esetek túlnyomó részében a közelítő képlettel is lehet dolgozni.

IV. A lehűlő rendszer állandóinak meghatározása

A III. fejezet első része szerint

$$w_f = \frac{c_f g_f}{Q_0 s}$$

az épületnél. A helyiség levegőjénél:

$$W_{lev.} = V_{lev.} \varrho_{lev.} c_{lev.}$$

és

$$w_{lev.} = \frac{W_{lev.}}{Q_0 s} = \frac{t_b - t_m}{\frac{Q_1}{V}} \varrho_{lev.} \cdot c_{lev.} = \frac{1}{q_0} \varrho_{lev.} c_{lev.}.$$

Hasonlóképpen bevezetve a helyiség berendezésére vonatkoztatva a ϱ_{ter} virtuális sűrűségét, ami alatt értjük homogén cioszlás esetén a helyiség egy m^3 -ére eső berendezés tömegét (analog fogalom, mint a térfogatsúly), úgy

és

$$W_{ber.} = V \varrho_{ber.}^* c_{ber.}$$

$$w_{ber.} = \frac{W_{ber.}}{Q_0 s} = \frac{1}{q_0} \varrho_{ber.}^* c_{ber.}.$$

Jelöljük a központi fűtőberendezésnél F -fel az összes fűtőfelületet F_f -fel, a fajlagos (1 kcal/h csúcsteljesítményhez szükséges) fűtőfelületet W_{orv} -val, az 1 m^2 fűtőfelület fűtőközeggel töltött vízártékát, úgy

$$w_{rv} = \frac{W}{Q_0 s} = \frac{F W_{orv}}{Q_1/(t_b - t_m)} = F_f W_{orv} (t_b - t_m).$$

V. Az egyes tényezők hatásának számszerű értékelése a lehűlésnél

Annak szemléltetésére, hogy az előzőekben vizsgált tényezők egyenként milyen szerepet játszanak központi fűtéses épületek lehűlésénél, arra röviden egy példát vizsgálunk meg.

Részletek mellőzésével a számításnál felhasznált kiinduló adatok a következők:

$$q_0 = 0,575 \text{ kcal/hm}^3 \text{ } ^\circ\text{C}, H = 10 \text{ h};$$

$$\frac{Q_0 s}{\text{cgm}} = \frac{1}{w_f m} = 0,0254 \text{ 1/h},$$

$$\varrho_{\text{ber.}}^* = 1/3 \cdot 10 \text{ kg/m}^3, c_{\text{ber.}} = 0,65 \text{ kcal/kg } ^\circ\text{C}, w_{\text{ber.}} = 3,75 \text{ h};$$

$$\varrho_{\text{lev.}} = 1,205 \text{ kg/m}^3, c_{\text{lev.}} = 0,24 \text{ kcal/kg } ^\circ\text{C}, w_{\text{lev.}} = 0,505 \text{ h}.$$

Öntött vas radiátor melegvízfűtésnél korábbi vizsgálataink [8] kiinduló adataival:

$$F_f = 0,0023 \text{ m}^3/\text{kcal}, W_{\text{orv}} = 8,8 \text{ kcal/} ^\circ\text{C}, \text{ m}^3; \text{ és így } w_{rv} = 0,715 \text{ h}.$$

$t_k = -10^\circ\text{C}$, illetőleg 0°C külső hőmérsékletnél: $\tau_1 = 70^\circ\text{C}$, illetőleg $55,3^\circ\text{C}$.
Ilyenképpen említett tanulmányunk [8] 1. ábrája szerint

$$[\tau]_0^H = 52^\circ\text{C}, \text{ illetőleg } [\tau]_0^H = 36,5^\circ\text{C}.$$

Ezzel az értékkel és 20°C induló hőmérséklettel 10 óra múlva a lehűlés mértékét $^\circ\text{C}$ -ban, a különböző tényezők figyelembevételével az I. táblázat adja meg.

I. táblázat

Lehűlés értéke különböző tényezők figyelembevételével

Számításnál figyelembe vett elemek	$t_k = -10^\circ\text{C}$	$t_k = 0^\circ\text{C}$
Épület egymagában	6,78	4,52
Épület és központi fűtési rendszer . . .	5,93	3,95
Épület és belső berendezés	6,23	4,16
Épület, belső berendezés és belső levegő	6,15	4,12
Épület, központi fűtés és belső berendezés	5,47	3,63
Épület, központi fűtés, belső berendezés és belső levegő	5,4	3,59

Amint látjuk, a központi fűtési rendszer figyelembevétele *érdemlegesen*, a belső berendezés figyelembevétele *érzékenyebben*, a helyiségben levő levegő figyelembevétele *elhanyagolhatóan* befolyásolja a lehűlés számított értékét. A számok részletezése nélkül kovácsoltvas melegvízfűtésű radiátorok, vagy 0°C körüli külső hőmérsékletnél gőzfűtésű öntöttvas radiátorok hatása a lehűlésre kb. fele az előbb ismertett melegvízfűtésű öntöttvas radiátorok hatásának. Gyorsan hűlő (pl könnyű szerkezetű) épületeknél az épületen túlmenő tényezők relatív hatása a lehűlés mértékére az előbbiekhöz képest nő.

VI. Lehülés szempontjából különleges helyiségek, hőmérsékleteloszlása helyiségen belül

Ha a korábban ismertetett képleteket alkalmazzuk egy teljes épületre, az épület átlagos lehülését fogjuk megkapni. Ténylegesen ez a lehülés jelentkezik a helyiségek zömében. Nincs érdemleges eltérés különböző szintek között (lapos tető esetén a felső szintet nem vizsgáltuk, a szél változásától a magasság függvényében ugyancsak eltekintettünk). A sarokhelyiségek lehülése azonban érdemlegesen eltér a többi helyiségek lehülésétől. Ne feledkezzünk meg ugyanis arról, hogy a sarokhelyiségeknél az épületanyag mennyisége kismértékben nő, ezzel szemben a lehülési felület és ezzel együtt a hőveszteség is kerekén megkétszereződik a szokásos helyiségekhez képest. Kétségtelen, hogy ennek megfelelően a radiátorfelület is megkétszereződik, hatása azonban — amint a képletek számszerű vizsgálatából megállapítható — lényegesen kisebb.

A következő példában a sarokhelyiség jellemzőit $'$ -vel jelöljük és a többi helyiségek jellemzőit pedig vessző nélkül. Felvesszük továbbá, hogy $w'_m' = 0,6 w m$, továbbá $w'_{rv} = w_{rv}$; $t_k = 0$ °C-nál az egyéb jellemzőket változtatlanul az előző, V. fejezet adataival számítva a sarokhelyiség lehülése 10, illetőleg 6 óra alatt 5,3, illetőleg 3,1 °C az átlagos lehülés 3,6, illetőleg 2 °C értékével szemben. A sarokhelyiségek légtérfogatban mérve az összes helyiségek 10–20%-át teszik ki. Természetesen, ha különleges intézkedéseket nem teszünk, ennek a nem elhanyagolható volumennek a lehülése fogja megszabni a részleges vagy teljes üzemszünetnek maximális időtartamát. Ha nagyobb mértékben alkalmazzuk azokat a távfűtő erőmű megoldásokat, amelyeknél villamos csúcsidőben leállítjuk a fűtést, úgy valószínűleg célszerű különleges megoldások alkalmazása a sarokhelyiségek fokozott lehülésének lassítására.

Ehelyütt két megoldást említünk. Az egyik lehetőség az, hogy sarokhelyiségeknél nagyobb vízterű radiátorokat alkalmazunk. Így pl. ha a mai lapos keresztmetszetű radiátorok helyett — mint szélső esetet — körkeresztmetszetű elemeket alkalmazunk, úgy a w_{rv} érték kb. 5-szörösére nő. A másik ilyen lehetőség azoknál az épületeknél is, ahol általában a szokásos öntött vas radiátorokat alkalmazzák, a sarokhelyiségekben a már előrehaladott stádiumban levő betonradiátor alkalmazása. Természetesen mind a két megoldásnak ma két hátránya van: az egyik az, hogy ugyanabban az épületben kétféle radiátortípust alkalmazunk, a másik hátrány pedig az, hogy ezeknek a nagyobb vízértékű radiátoroknak a helyfoglalása is nagyobb. Megvizsgálható még a sarokhelyiségek külső oldalról történő hőszigetelése, amivel a hőveszteség is csökken.

Sarokhelyiség az épületek többségében van, ezekkel a távfűtő rendszer üzemvitelénél feltétlenül számolni kell. Vannak azonban ritkábban előforduló, a lehülés szempontjából különleges helyiségek is. Gondoljunk pl. egy éttermi

vagy kávéházi sarokhelyiségre, ahol nagy felületű egyszeres üveglakok vannak; vagy egy műteremházra, esetleg ugyancsak egyszeres üvegezéssel. Ha e miatt a néhány helyiség miatt az átlag épületek hőtárolása adta lehetőséget csak töredék részben használjuk ki a csúcsidejű villamosenergia érdekében, úgy komoly mértékben csökkentjük a távhőszolgáltatás össz-gazdaságosságát. Ezért ezeknél a kivételes épületeknél még inkább arra kell törekednünk, hogy műszaki megoldásokkal hidaljuk át a lehüléseket. A lehülés kérdése egy további szempont, hogy ne egyszeres üvegezést, hanem kettős üvegezést alkalmazzanak (a nyugati államokban állítólag ilyen helyeken néhol már háromszoros üvegezést is alkalmaznak). A másik lehetőség az, hogy példaképpen egy éttermi vagy kávéházi sarokhelyiség fűtése céljából külön hőtárolót építünk be, amelynek legegyszerűbb formája 1 m^3 nagyságrendű melegvíztároló, megfelelő kialakítással (és kezeléssel).

2–3 órás villamos csúcsüzem vitelénél (kiugró csúcsok) az említett különleges helyiségeknél sincs semmiféle különleges intézkedésre szükség, még hideg időben sem.

A témával kapcsolatban megemlítjük, hogy a lehülés a helyiségek különböző pontjain nem azonos, éppen úgy, mint ahogy stacionárius állapotban sem azonos a hőmérsékleteloszlás. A helyiség magasabb szintjein stacionárius hőállapotnál a hőmérséklet magasabb. Ez a különbség lakóhelyiségeknél is elérhet 2°C vagy ennél nagyobb értéket is. A fűtött helyiség lehülésénél (általában még mielőtt korábban érintett tényezők hatása gyakorlatilag érzékelhető mértéket ér el) kiegyenlítődés következik be olyképpen, hogy a felső szintek hőmérséklete megközelítőleg az alsó szintek hőmérsékletére hűl le. Hosszabb ideig tartó lehüléseket befolyásolja a külső hőmérséklet napi változása, illetőleg más tényezők, pl. a napsugárzás is.

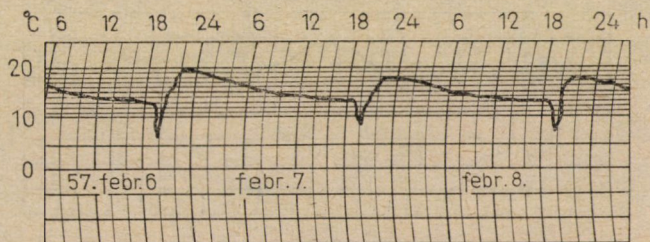
VII. Épületlehülések ellenőrzése mérésekkel

Célszerűnek látszott a lehülés értékének számítással való megállapítása mellett a mérésekkel való ellenőrzése is. Erre a célra 1953–1963. között több száz mérést végeztünk, különböző épületeknél. 1956 óta a méréseket regisztráló hőmérőkkel végeztük. Néhány jellemző diagramot mellékelünk. Az épületek típusának fő jellemzőit az egyes mérési diagramok ismertetésénél megadjuk. A mérések lefolyásának és körülményeinek részletesebb ismertetésére nem térünk ki, csak a következő általános jellemzőket említjük meg:

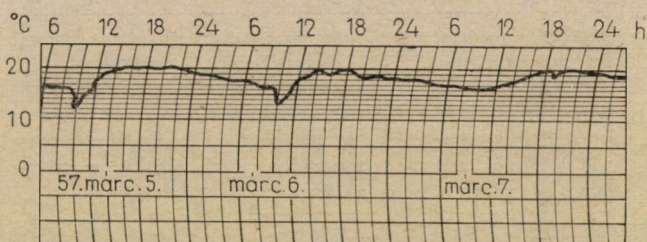
A helyiségeket a mérés alatt rendeltetésüknek megfelelően használták, tehát az irodákban és lakásokban dolgoztak, aludtak, világítottak szokás szerint. A bútorok elhelyezése is változatlan maradt, emiatt általában a hőmérsékletmérés nem a szoba közepén történt, de minden esetben $0,7\text{--}1 \text{ m}$ -nél nagyobb távolságra a helyiség határoló falaitól. A műszer vagy hőmérő elhe-

lyezési magassága 1—2 m között változott. A lakó- és irodahelyiségek magassága az új típusú épületeknél 3 m, a régi típusúaknál 5 m körül volt. Igyekeztünk különböző típusú épületek mérési eredményeit összefoglalni.

Elsősorban központi fűtéses házakkal foglalkoztunk, de összehasonlításként néhány egyéb fűtési megoldásra (vaskályha, cserépkályha) vonatkozó mérési diagramot is bemutatunk. Amint az az ábrákból látszik, mindenütt több napon át folytak a mérések.



a)



b)

1. ábra. Új típusú lakóépület hőfok lefolyási diagramja, vaskályha fűtésnél (a); új típusú lakóépület hőfok lefolyási diagramja, cserépkályha fűtésnél (b)

A lehülési diagramok jellemzői a következők, megjegyezve, hogy a lényeges meteorológiai adatoknál t_k °C a külső hőmérsékletet, w m/sec pedig az átlagos szélsébséget jelenti:

Az 1. ábra a) diagramja új típusú lakóépületre vonatkozik egyaknás vaskályha erősen takarékos fűtése esetén, ha a feltüntetett napok sorrendjében a lényeges meteorológiai adatok a következők voltak:

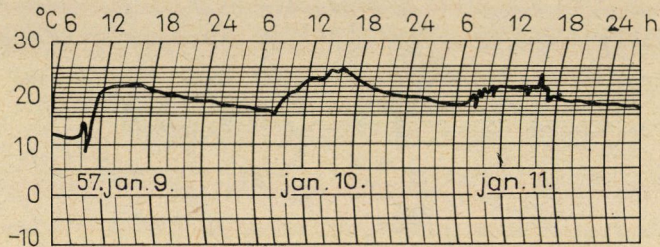
t_k [°C]	1,8	4,2	3,7;
w [m/sec]	1,5	1,7	1,1.

A b) diagram új típusú lakóépületre vonatkozik cserépkályha fűtés esetén. A feltüntetett napok sorrendjében a lényeges meteorológiai adatok a következők voltak:

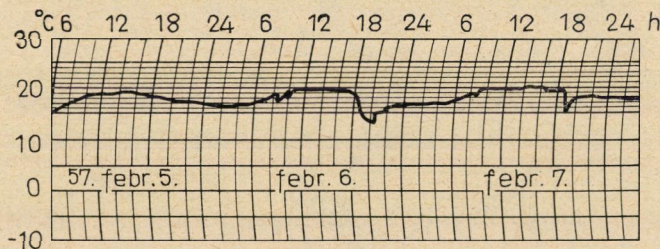
t_k [°C]	2,6	3,7	4,7;
w [m/sec]	1,4	1,4	1,3.

A 2. ábra a) diagramja régi típusú, nehéz építkezésű gőzfűtéses középületre vonatkozik, kb. 8 órás fűtési üzemi idő és öntöttvas radiátorok esetén. A feltüntetett napok sorrendjében a lényeges meteorológiai adatok a következők voltak:

t_k [°C]	4,1	-1,67	2,45;
w [m/sec]	1,5	2,00	6,20.



a.)



b.)

2. ábra. Régi típusú épület hőfok lefolyási diagramja, gőzfűtésnél (a); régi típusú épület hőfok lefolyási diagramja, melegvízfűtésnél (b)

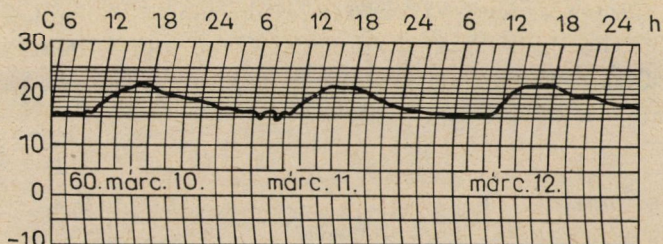
A b) diagram régi típusú, nehéz építkezésű, melegvízfűtéses középületre vonatkozik kb. 10 órás fűtési üzemi idő és öntöttvas radiátorok esetén. A feltüntetett napok sorrendjében a lényeges meteorológiai adatok a következők voltak:

t_k [°C]	2,4	1,8	4,2;
w [m/sec]	1,0	1,5	1,7.

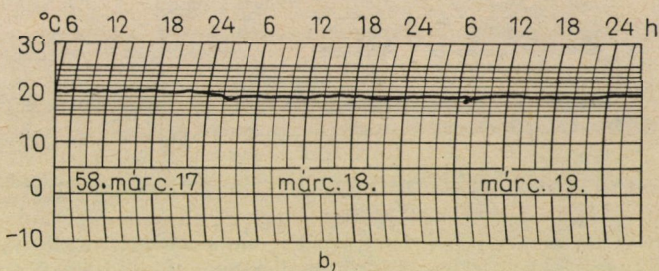
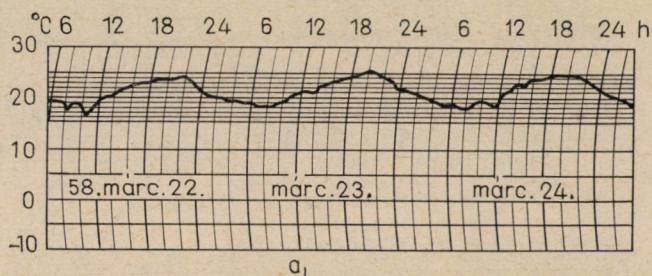
Mindkét épületnél a megadott időpontban az ablakok zárása nem volt megfelelő.

A 3. ábra diagramja 1930 körüli építkezésű, igen takarékosan kivitelezett gőzfűtéses épületre vonatkozik, kb. 8 órás fűtési üzemi idő és öntöttvas radiátorok esetén. A feltüntetett napok sorrendjében a lényeges meteorológiai adatok a következők voltak:

t_k [°C]	3,0	5,3	4,6;
w [m/sec]	2,8	3,1	3,6.



3. ábra. 1930 körüli épület hőfok lefolyási diagramja gőzfűtésnél



4. ábra. Új típusú lakóépület hőfok lefolyási diagramja gőz távfűtéssel, melegvíz helyi központi fűtéssel (a); új típusú lakóépület hőfok lefolyási diagramja forróvíz távfűtéssel (b)

A 4. ábra a) diagramja új típusú lakóépületre vonatkozik, gőzüzemű távfűtés, melegvíz-üzemű helyi központi fűtés és lemez radiátorok esetén. A feltüntetett napok sorrendjében a lényeges meteorológiai adatok a következők voltak:

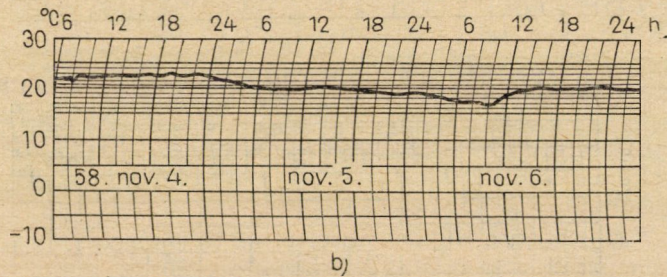
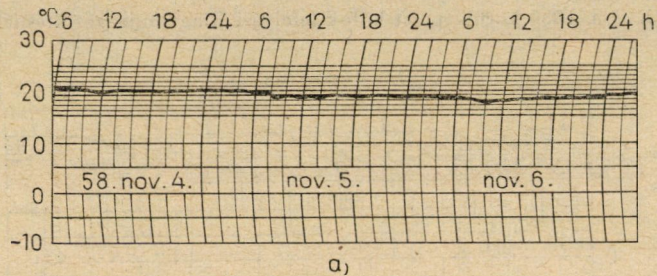
t_k [°C]	-3,4	-1,2	-0,6;
w [m/sec]	6,7	1,9	1,7.

A b) diagram új típusú lakóépületre vonatkozik, szabad északi homlokzat, védett ablakok, forróvíz távfűtés és melegvíz helyi rendszer esetén. A feltüntetett napok sorrendjében a lényeges meteorológiai adatok a következők voltak:

t_k [°C]	0,3	1,9	2,1;
w [m/sec]	3,0	1,4	0,9.

Az 5. ábra a 4. ábra b) diagramjával azonos lakóépületre és műszaki adatokra vonatkozik, de az a) diagramnál üzemi javítás miatt bekövetkezett hosszabb leállás esetén. A feltüntetett napok sorrendjében a lényeges meteorológiai adatok a következők voltak:

t_k [°C]	8,4	8,7	5,8;
w [m/sec]	1,2	1,3	0,7.



5. ábra. Új típusú lakóépület hőfok lefolyási diagramja forróvíz távfűtéssel, hosszabb leállásnál (a); új típusú lakóépület hőfok lefolyási diagramja forróvíz távfűtéssel, sarokhelyiség (b)

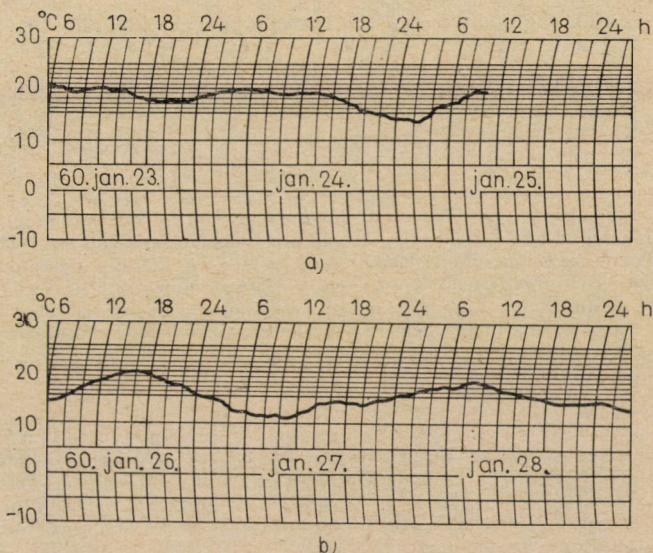
A b) diagram sarokhelyiségre vonatkozik, egyebekben az adatok azonosak az a) diagram adataival.

A 6. ábra. a) diagramja nagy gépgyár régi faszervezetű csarnokára vonatkozik bordás fűtőtestek esetén. A feltüntetett napok sorrendjében a lényeges meteorológiai adatok a következők voltak:

t_k [°C]	-4,4	-2,6	0,4;
w [m/sec]	0,9	1,8	1,6.

A b) diagram nagy gépgyár vasbeton-épületére vonatkozik, kaloriferes fűtés esetén. A feltüntetett napok sorrendjében a lényeges meteorológiai adatok a következők voltak:

t_k [°C]	1,3	3,0	1,7;
w [m/sec]	0,6	0,7	0,5.



6. ábra. Régi gyárepület hőfok lefolyási diagramja, gőzfűtésnél (a); újabb gyárepület hőfok lefolyási diagramja kaloriferes fűtésnél (b)

VIII. Kapcsolódó témakörök

A szerző [8] alatti tanulmányában foglalkozott a központi fűtőrendszerek lehülési viszonyaival, e tanulmányban pedig a központi fűtéses épületek lehülésével. Ez a két vizsgálat, kiegészítve a tüzelőberendezés felfűtési és lehülési jellemzőivel, választ ad az egyedi központi fűtések és kisebb tömbfűtéseknel felmerülő a dolgozat elején jelzett kérdések egészére.

Nagyobb távfűtő rendszereknél a kérdést jelentős mértékben befolyásolja még a távfűtő hálózat tárolóképesége, hőszolgáltató erőmű esetén pedig a tüzelőberendezések tulajdonságain kívül a villamosenergia-termelő gépek (turbinák) típusa és a villamosenergia-rendszer, amelyben a gépek dolgoznak. A távfűtő hálózatok és a hőszolgáltató erőművek szakaszos üzem menetére a szerző által végzett vizsgálatok ismertetése terjedelménél fogva e tanulmány kereteit meghaladja.

IRODALOM

1. MACSKÁSY Á.: Az épületek hőveszteség számítása és azok alapját képező legkisebb külső hőfok megállapítása a hőfokhíd-elmélet segítségével. *Hő-, víz-, gáz-, légtechnika* 1 (1947).
2. MACSKÁSY Á.: A központi fűtőberendezés tüzelőanyagszükségletének megállapítása és a tüzelőanyag helyes beosztása hőfokhíd-elmélet alkalmazásával. *Hő-, víz-, gáz-, légtechnika* 1 (1947).
3. TAKSONY, GY.: A távfűtés jelenlegi helyzete és kilátásai Magyarországon. *Energia és Atomtechnika* 7 (1959).
4. МЕЛЕТЕЕВ, Л. А.: Руководящие указания по режимам эксплуатации теплофикационных систем; 1947.
5. FOKIN, K. F.: Épületszerkezetek hőtechnikája; 1956.
6. GRÖBER, H.—ERK, S.—GRIGULL, U.: Die Grundgesetze der Wärmeübertragung; 1955.

7. SCHMIDT, E.: Einführung in die technische Thermodynamik; 4. kiadás 1950.
8. TAKSONY, Gy.: Fűtési rendszerek lehűlési viszonyai. *MTA VI. Osztály Közleményei* 37 (1966).
9. BARCS, V.: Az épülethatároló szerkezetek szerepe a belső hőfok kialakulásában. *Épületgépészet* 7 (1958).
10. OROLIN, A.: Megszakításos fűtési üzem gazdaságosságának vizsgálata. *Épületgépészet* 10 (1961).

Abkühlung von Gebäuden im Zentralheizungssystem. Der Autor berechnet unter Verwendung seiner früher erhaltener Resultate die Abkühlungsverhältnisse von zentralgeheizten Gebäuden mit verschiedener Genauigkeit. Es läßt sich feststellen, daß das System selbst das Abkühlungsmaß meritorisch modifiziert. Diese Modifizierung erfährt eine weitere Änderung von ungefähr 10% durch die innere Einrichtung. Die Wärmemengen werden von dem Luftraum wenig beeinflußt, doch erfährt in gewissen Zeitperioden hievon die Temperatur eine fühlbare Modifizierung. Der Verfasser bringt einige treffende Beispiele aus der großen Anzahl der Messungen bezüglich der Abkühlungen.

Cooling of Central Heated Buildings. By making use of results obtained in a former paper of his own author calculates the cooling conditions of central heated buildings at different accuracies. As can be seen from the results, in due consideration of the central heating system the rate of cooling is sensibly modified. This rate is further altered to abt. 10% by the inner installation. The effect of the roomtemperature on the thermic quantities is not great, but it meritorily influences the temperature in some periods. Author shows some characteristic examples of the measurements concerning cooling.