

1. A csőszigetelések szerepe az épületek energiafelhasználásában

A fűtési költségek a háztartások költségeinek igen jelentős részét teszik ki. A teljes primer energia felhasználás közel egyharmadát teszi ki a fűtés, illetve a használati melegvíz előállítás. Egy épület energia felhasználásának csökkentésére első sorban a külső határoló szerkezetek szigetelését javasolják. A csővezetékek utólagos szigetelésének hatását ez idáig egy-két kivételtől eltekintve elhanyagolták. Gyakran a régi kazánok cseréjét követően a régi elégtelenül szigetelt csővezetékek a helyükön maradtak. Nemcsak gyakran elégtelenül szigetelt csővezetékekkel, hanem teljesen szigeteletlen vezetékkel is sűrűn találkozhatunk. Az energiataúsítás részére a primer energiaszükséglet a legfontosabb. A fűtés és a melegvíz-előállítás energiaszükséglete mellett rögzíti a primerenergia felhasználás a veszteségeket is, melyek az energiahordozók kinyerésétől, az épülethez való szállításig keletkeznek.

A primerenergia szükségletet egyszerűen és kis költség ráfordítás mellett lényegesen redukálja a csőszigetelés.

Egy csővezeték hőleadásának központi eleme a hossza vonatkoztatott hőátbocsátási tényező (U_1). Közelítő értéke:

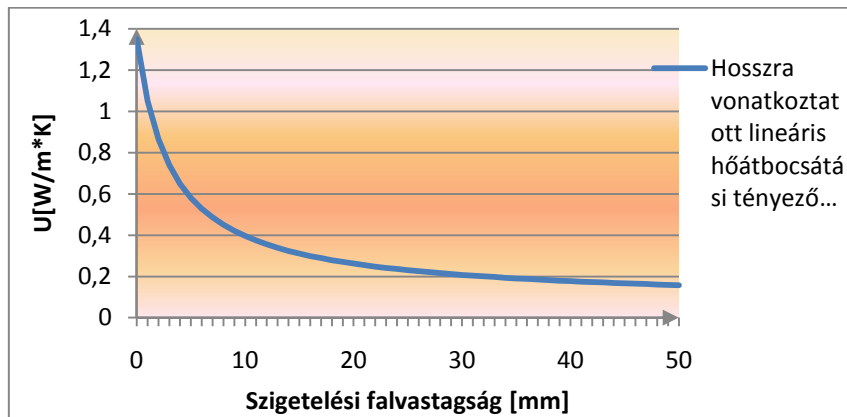
$$(1) \quad U_l = \frac{\pi}{\frac{1}{h_i \cdot D_i} + \frac{1}{2 \cdot \lambda} \cdot \ln\left(\frac{D_e}{D_i}\right) + \frac{1}{h_{se} \cdot D_e}} \quad \left[\frac{W}{m \cdot K} \right]$$

ahol	h_i	- a cső belső felületének hőátviteli együtthatója $\left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$
	h_{se}	- a külső felület hőátviteli együtthatója $\left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$
	λ	A szigetelőréteg „üzemi”, hővezetési tényezője $\left[\frac{W}{m \cdot K} \right]$
	D_i	A cső külső átmérője = szigetelőréteg belső átmérője [m]
	D_e	A szigetelés külső átmérője [m]

Megadja, hogy, milyen hőteljesítményt ad le a 1 m hosszúságú csőszakasz 1 K közeg és környezeti hőmérséklet különbség következtében. A számítási képletben szembeötlő a szigetelési falvastagság logaritmikus befolyása. A csővezeték esetén, ellentétben a síkfelületekkel a növekvő szigetelőréteg vastagság növeli a hőleadó felületet. Ezen okból csővezetékek szigetelési falvastagságának a növelése kisebb mértékben csökkenti a hőátbocsátási tényezőt, mint síkfelület esetében. A szigetelőréteg befolyását a hőátbocsátási tényezőre a 4. ábra mutatja egy szokványos csőátmérőnél.

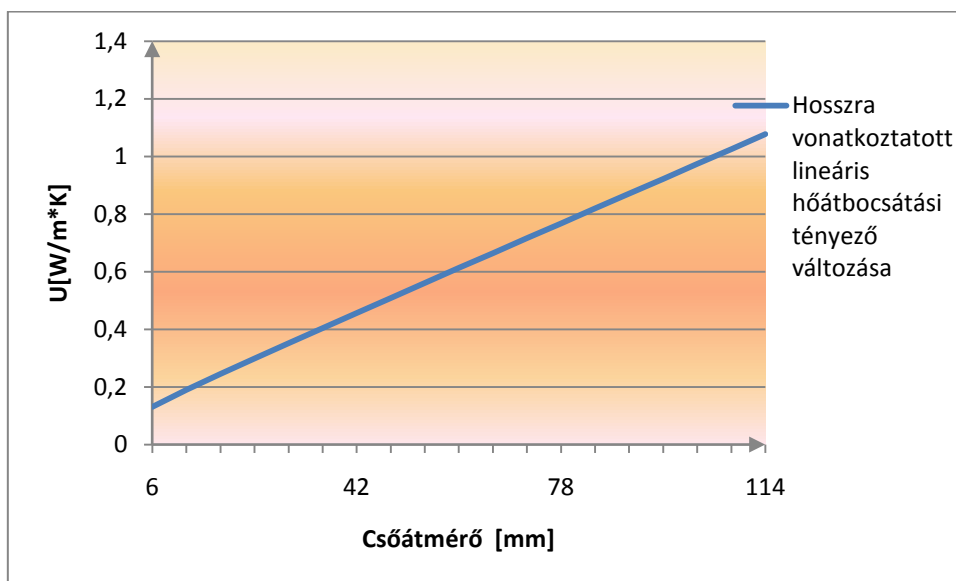
- Függetleges fűtésű DN 25 mm
- Fűtővíz hőmérséklete: 60 °C
- Szigetelő anyag hővezetési tényezője: 0,035 (W/m·K)
- Szigetelő anyag emissziós tényezője: 0,90

Az ábrából kitűnik, hogy milyen jelentős a hőátbocsátási tényező csökkenése az első mm szigetelésnél. 20 mm-es szigetelési falvastagság esetén a szigeteletlen cső hőátbocsátási tényezője 1,36 W/(m·K) csökken 0,2 W/(m·K)-re. (kb. 85 %-os csökkenés)



1. ábra: A lineáris hőátbocsátási tényező csökkenése a szigetelési falvastagság függvényében.

Hasonló paraméterű rendszer esetében a lineáris hőátbocsátási tényező változását a csőátmérő függvényében az 5. ábra mutatja be. Ekkor a hőátvitel hőellenállása csökken exponenciálisan.



2. ábra: A lineáris hőátbocsátási tényező változása az átmérő függvényében.

A csővezetékek hővesztesége az alábbiak szerint számítható:

Fűtési vezeték esetén:

$$(2) \quad Q_{H,d,i} = \frac{1}{1000} \cdot U_i \cdot L_i \cdot (\vartheta_{HK,m} - \vartheta_{U,m}) \cdot f_a \cdot f_b \cdot t_{HP} \cdot Z \quad \left[\frac{kWh}{a} \right]$$

ahol

$Q_{H,d,i}$	- a csőszakasz hőleadása $\left[\frac{kWh}{a} \right]$
U_i	- hosszmenti / lineáris / hőátbocsátási tényező $\left[\frac{W}{m \cdot K} \right]$
L_i	- a csőszakasz hossza [m]

$\vartheta_{HK,m}$	- a csőszakasz átlagos hőmérséklete [°C]
$\vartheta_{U,m}$	- a környezet átlagos hőmérséklete [°C]
f_a	- a hőveszteség tényezők [-]
f_b	- rész fűtési faktor [-]
t_{HP}	- a fűtési időszak hossza [d/a]
z	- a keringtető szivattyú napi működési ideje [h/d]

Használati melegvíz vezetékek esetében:

$$(3) \quad Q_{HMV,d,i} = \frac{1}{1000} \cdot U_i \cdot L_i \cdot (\vartheta_{HMV,m} - \vartheta_{U,m}) \cdot t_{HMV} \cdot z \quad \left[\frac{kWh}{a} \right]$$

ahol	$Q_{HMV,d,i}$	- a csőszakasz hőleadása $\left[\frac{kWh}{a} \right]$
	U_i	- hosszmenti / lineáris / hőátbocsátási tényező $\left[\frac{W}{m \cdot K} \right]$
	L_i	- a csőszakasz hossza [m]
	$\vartheta_{HMV,m}$	- a csőszakasz átlagos hőmérséklete [°C]
	$\vartheta_{U,m}$	- a környezet átlagos hőmérséklete [°C]
	t_{HMV}	- a HMV rendelkezésre állási ideje [d/a]
	z	- a keringtető szivattyú napi működési ideje [h/d]

Hő „jóváírás,, a HMV esetében:

$$(4) \quad Q_{h,HMV,d,i} = \frac{t_{HP}}{t_{HMV}} \cdot (1 - f_a) Q_{HMV,d,i} \quad \left[\frac{kWh}{a} \right]$$

ahol	$Q_{h,HMV,d,i}$	- hőleadás jóváírás $\left[\frac{kWh}{a} \right]$
	t_{HP}	- a fűtési időszak hossza [d/a]
	t_{HMV}	- a HMV rendelkezésre állási ideje [d/a]
	$Q_{HMV,d,i}$	- a csőszakasz hőleadása $\left[\frac{kWh}{a} \right]$

Jelentős befolyása van a cső fizikai hőleadásában a konkrét hőveszteség meghatározásakor a f_a hőveszteség faktornak. Ez fejezi ki ugyanis a csővezeték tényleges beépítési körülményeit. Ha a csővezeték hőleadása az épületen (termikus épületburkon) kívül van 100% a hőveszteség, épületen belül ez az érték természetesen kisebb.

1.1. Az új épületenergetikai szabályozás és a csőszigetelés kapcsolata

Ha az elosztó vezetékek fűtetlen térben haladnak, akkor hőleadásuk egyértelműen veszteség. Ha fűtött térben belül haladnak, akkor is veszteséget jelent a hőleadás, mert szabályozatlan módon történik. A fűtött helyiségekben időnként túlmelegedést okoznak, ezért a hőleadás egy részét ugyancsak veszteségnek kell tekinteni.

Ebből a szempontból nem kell foglalkozni azokkal a vezetékkel, melyek az adott helység hőleadójának bekötésére szolgálnak. Ilyenkor a helységenkénti szabályozás a hőleadó teljesítményének csökkentésével kompenzálja a csővezeték hőleadását.

Az elosztó vezetékrendszer hőleadását az alábbi összefüggéssel lehet számítani (Baumann, és mtsai., 2006):

$$(5) \quad Q_{f,v} = Z_f \cdot \sigma \cdot \sum(L_i \cdot Q_i) \quad \left[\frac{kWh}{a} \right]$$

ahol:

Z_f	- fűtési idény hosszának ezredrésze $\left[\frac{h}{1000 \cdot a} \right]$,
σ	- a szakaszos üzemvitel hatását kifejező korrekciós tényező [-]
L_i	- az i-ik csőszakasz hossza [m]
Q_i	- az i-ik csőszakasz fajlagos hőleadása

A vezeték hőleadását az alábbi összefüggéssel lehet becsülni:

$$(6) \quad Q = Q_{50} \cdot \frac{(t_{v,köz} - t_{i,átl})}{50} \quad \left[\frac{W}{m} \right]$$

ahol:

Q_{50}	- a vezeték hőleadása 50 °C hőmérsékletkülönbség mellett $\left[\frac{W}{m} \right]$
$t_{v,köz}$	- a vezetékben áramló fűtővíz átlagos hőmérséklete [°C]
$t_{i,átl}$	- a vezeték körüli átlagos környezeti hőmérséklet [°C]

A vezetékben áramló fűtővíz átlagos hőmérsékletét a fűtési idény átlagos külső hőmérsékletéhez tartozó előremenő és visszatérő hőmérsékletének átlaga. Ha a rendszer nem rendelkezik időjárás függő központi szabályozással, akkor ez a méretezési állapothoz tartozó előremenő és visszatérő hőmérsékletek átlaga. Időjárásfüggő szabályozás esetében az átlagos vízhőmérséklet pontosabb adat hiányában becsülendő az alábbi összefüggéssel:

$$(7) \quad t_{v,köz} = \left(\frac{t_{v,előre} - t_{v,vissza}}{2} - t_i \right) \cdot \frac{t_i - t_{e,átl}}{t_i - t_{e,m}} \quad [°C]$$

ahol:

$t_{v,előre}$	- a fűtővíz előremenő hőmérséklete méretezési állapotban [°C],
$t_{v,vissza}$	- a fűtési visszatérő hőmérséklete méretezési állapotban [°C],
t_i	- az átlagos beltéri hőmérséklet [°C],
$t_{e,átl}$	- a fűtési idény átlagos külső hőmérséklete [°C],
$t_{e,m}$	- a méretezési külső hőmérséklet [°C]

Azonban elkülönítve kell számolni az épület fűtött légterén kívül és belül haladóvezetékek hőleadását. A fűtött téren kívül haladó vezeték hőveszteségét 100 %-ban, a fűtött téren belül haladó vezetékét 30 %-ban kell veszteségként felvenni. A fajlagos veszteségeket úgy kapjuk, hogy a számított veszteséget a rendszerhez tartozó alapterülettel elosztjuk:

$$(8) \quad q_{f,v} = \frac{Q_{f,v,külső} + 0,3 \cdot Q_{f,v,belső}}{A_N} \quad \left[\frac{kWh}{m^2 \cdot a} \right]$$

ahol:

$Q_{f,v,külső}$	- a fűtött téren kívül haladó vezeték hővesztesége $\left[\frac{kWh}{a} \right]$
$Q_{f,v,belső}$	- a fűtött téren b haladó vezeték hővesztesége $\left[\frac{kWh}{a} \right]$
A_N	- a nettó fűtött szintterület [m ²]

A használati melegvíz cirkulációs vezetéknek energetikailag kétféle hatása van. Egyrészt keringtetéssel elkerülhető az a probléma, hogy huzamosabb idejű fogyasztási szünet után először ki kell folytatni a melegvíz vezetékben levő kihűlt vizet, hogy meleget tudjunk fogyasztani. Ez nem csupán vízpazarlással jár együtt, hanem hővesztéssel is, mert a melegvíz termelőtől mindvégig melegvizet indítottunk. Ha ezután ismét hosszabb fogyasztási szünet következik, akkor a vezetékben maradt melegvíz ismét le fog hűlni a következő fogyasztásig.

Nem szabad azonban arról sem megfeledkezni, hogy a cirkuláció segítségével a melegvíz és a cirkulációs vezeték hőmérsékletét magasabb értéken tartjuk, ezért azoknak folyamatosan hővesztése van a környezet felé.

Ha egy meglévő épületben a használati melegvíz rendszerkiterjedése ismert, akkor pontosabban lehet a veszteségeket becsülni. A hővesztések számítása hasonló, mint a fűtési rendszer esetében.

A HMV és a cirkulációs rendszer hőleadása az alábbi összefüggéssel számítható (Baumann, és mtsai., 2006):

$$(9) \quad Q_{f,v} = Z_f \cdot \sigma \cdot \sum(L_i \cdot Q_i) \quad \left[\frac{kWh}{a} \right]$$

ahol:

Z_f	- a szolgáltatási idény hosszának ezredrésze $\left[\frac{h}{1000 \cdot a} \right]$
σ	- a szakaszos üzemvitel hatását kifejező korrekciós tényező [-]
L_i	- az i-ik csőszakasz hossza [m]
Q_i	- az i-ik csőszakasz fajlagos hőleadása

teljes éves HMV szolgáltatás esetén az idényhosszúság $Z_a=8,76$ [h/1000a] értékkel vehető figyelembe.

A σ korrekciós tényező értékét az alábbiak szerint kell felvenni:

- Ha nincsen cirkulációs rendszer $\sigma=0,25$
- Ha a cirkuláció folyamatosan üzemel $\sigma=1$
- Ha a cirkuláció szakaszosan üzemel a korrekciós tényező értéke az alábbiak szerint alkalmazható:

$$(10) \quad \sigma = \frac{z_c + 2}{24}$$

ahol z_c - a cirkulációs szivattyú napi üzemórása $\left[\frac{h}{d} \right]$

A vezeték fajlagos hőleadása az alábbi képlettel becsülhető:

$$(11) \quad Q = Q_{50} \cdot \frac{(t_{v,HMV} - t_{i,átl})}{50} \quad \left[\frac{W}{m} \right]$$

ahol: Q_{50} - a vezeték hőleadása 50 °C hőmérsékletkülönbség mellett $\left[\frac{W}{m} \right]$

$t_{v,HMV}$	- a vezetékben áramló fűtővíz átlagos hőmérséklete [°C],
$t_{i,at}$	- a vezeték körüli átlagos környezeti hőmérséklet [°C]

Az új épületenergetikai szabályozás a fűtési csővezeték hőveszteségét igen felületesen kezeli (TNM, 2006). Természetesen a fűtési primer energiaigény összefüggésében szerepel az elosztó vezetékek fajlagos vesztesége, de meghatározásukat és mértéküket két táblázatra bízta :

- A hőeloszlás fajlagos veszteségei ($q_{f,v}$) az alapterület és a rendszer méretezési hőfoklépcső függvényében. Vízszintes elosztó vezetékek a fűtött téren **kívül**.
- A hőeloszlás fajlagos veszteségei ($q_{f,v}$) az alapterület és a rendszer méretezési hőfoklépcső függvényében. Vízszintes elosztó vezetékek a fűtött téren **belül**.

Hasonló a helyzet a HMV vezetékek hőveszteségével, ugyanis a HMV előállítás primer energia igény meghatározásában szerepel a melegvíz eloszlás fajlagos vesztesége ($q_{HMV,v}$) meghatározása szintén egy táblázatra szorítkozik. (A melegvíz elosztó és cirkulációs vezetékek fajlagos energia igénye.)

Szembeötlő mindkét esetben, hogy a táblázatok nem is utalnak a csőszigetelések meglétére és milyenségére! Ez azt támasztja alá, hogy az új épületenergetikai szabályozás csak igen kis teret, illetve fontosságot szentel a fűtési vezetékek, illetve a HMV vezetékek hőveszteségére és egyáltalán nem segíti a minőség csőszigetelést. Németországbeli vizsgálatok bemutatták, hogy kedvezőtlen esetben (fűtött téren kívül haladó fűtési vezetékek, melegvíz cirkuláció) a szigetetlen csővezetékek okozta hőveszteség a fűtési hőveszteségre vonatkoztatva megközelítheti akár az 50 %-ot is, mely az ENEV szerint történő utólagos szigeteléssel cca. 17 %-ra lecsökkenthető (Koch, és mtsai., 2003). Szigetetlen csővezetékek esetén egy az 1960-as években épült ház esetén a hőveszteség cca. 50-60 kWh/hasznos alapterület m^2 . Ez megfelel egy új építésű „A” minőségi besorolású „azaz energiatakarékos épület összenergia felhasználásának.

Hasonló eredményt hozott, amely hat európai (Svédország, Lengyelország, Németország, Anglia, Olaszország és Spanyolország) országra terjedt ki (Chielarski, 2008): Az enyhe éghajlatú országokban is a rosszul vagy a nem szigetelt csővezetékek által okozott nem visszanyerhető hőveszteség megnövekedett a nettó fűtési energiaigény 40 %-ig. A vezetékek szigetelésével ez a veszteséget 12 %-ra lehetett csökkenteni. Meglepő módon a déli országokban még nagyobb hőveszteséget tapasztaltak a használati melegvíz esetében. A CO₂

kibocsajtás megtakarítási lehetőség a számítások szerint $3,3 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$, ez egy átlagos 160 m^2 alapterületű ház esetében $330 \text{ kg}/\text{év}$.

A csőszigetelések fontosságát hangsúlyozza, hogy az ENEC (Energieeinsparverordnung) egyértelműen meghatározza a fűtési és a HMV vezetékek esetében felhasználható csőszigetelő-anyagok típusait és falvastagságait. Sőt az ENEC 2009-ben a műszaki szigetelések tekintetében jelentős újdonság, hogy már a hőelosztó vezetékekkel analóg módon a helyiséglevegő-technikai rendszerek és klíma-hűtőrendszerek hidegelosztó- és hidegvíz-vezetékeit is szigetelni kell. Ugyanis az energetikai szempontok a szellőző-, klíma- és hűtéstechnikában is még fontosabbak, hiszen a hűtés megközelítőleg 3-szor akkora energiafelhasználással jár, mint a fűtés. Ezen berendezések szigeteléseit ezért nem csak a párakicsapódás megakadályozása, hanem az optimális energia megtakarítás szempontjából is méretezni kell. A hűtéstechnikai berendezések szigetelésének tervezése során feltétlenül nagyobb szigetelési vastagságokat kell előírni, mint ami az a párakicsapódás elkerüléséhez szükséges.

Bár az új hazai épületenergetikai szabályozás légtechnikai rendszer esetében meghatározza a levegő eloszlás hőveszteségét, mely

- kör keresztmetszetű légsatorna esetében hosszegységre vonatkoztatva:

$$(12) \quad Q_{LTv} = U_{kör} \cdot l_v \cdot (t_{l,köz} - t_{i,átl}) \cdot f_v \cdot Z_{LZT}$$

- négyszög keresztmetszetű légsatorna esetén felületre vonatkoztatva:

$$(13) \quad Q_{LTv} = U_{nsz} \cdot 2 \cdot (a + b) l_v \cdot (t_{l,köz} - t_{i,átl}) \cdot f_v \cdot Z_{LZT}$$

Ezen számításoknál az U hőátbocsátási tényező szintén táblázatból történő meghatározásakor – ellentétben a fűtési és a HMV vezetékek hőveszteség számításával- már valóban, bár kissé leegyszerűsítve, de tartalmazza a szigetelések falvastagságát is.

Viszont az új hazai épületenergetikai szabályozás, ellentétben más országbeli szabályozással nem foglalkozik hűtési rendszerek esetében az elégtelen csőszigetelés okozta igen jelentős hőveszteségekkel. sem.