

Debreceni Egyetem
Műszaki Kar
Épületgépészeti és Létesítménymérnöki Tanszék



Fűtési hőigények és hőveszteségek vizsgálata különböző hőleadási módok esetén

Szerző: Győri Sándor Tamás BSc hallgató

Témavezető: Prof. Dr. Kalmár Ferenc
Tanszékvezető: Prof. Dr. Lakatos Ákos

Debrecen
2024.

Tartalomjegyzék

1.	Bevezetés.....	1
2.	A kutatás célja	2
3.	A vizsgált helyiségek bemutatása, és fűtési rendszereik bemutatása	3
4.	A számítások során alkalmazott módszertan bemutatása:	5
5.	9/2023 ÉKM rendelet padló számítási módszer bevezetése	6
5.1	<i>A rendeletben meghatározott számítási módszertan [27]:</i>	7
6.	A meglévő-, és az új hőveszteség értékek összehasonlítása:	8
7.	A vizsgált helyiségek fűtési hőigényeinek alakulása a fűtési idény során:	10
7.1	Radiátoros fűtés:.....	10
7.2	Padlófűtés:	12
7.3	Padló-, és mennyezetfűtés:	14
7.4	Hőveszteségek energiaigényének alakulása évenként	16
8.	Az alkalmazott rendszerek veszteségei, a helyiségbe szükséges bevezetendő energiamennyiségek	18
8.1	A vizsgált padlófűtések rendszerveszteségei:	19
8.2	A vizsgált padló-, és mennyezetfűtések rendszerveszteségei:	23
9.	A különböző fűtési módok energiaigényeinek összehasonlítása a vizsgált évek szerint .	28
9.1	Földszintes épület helyisége	29
9.2	Emeletes épület helyisége	30
10.	A fűtési idényre számított szellőzési hőveszteségek különbsége a radiátoros fűtési módhoz viszonyítva.....	31
10.1	Földszintes épület.....	31
10.2	Emeletes épület	32
11.	A sugárzó fűtések alkalmazása esetén tapasztalt nyereségek és veszteségek összehasonlítása	33
12.	Összegzés	34

1. Bevezetés

Az Európai Unió egyik kiemelt célja, hogy a 2050-es évre tagállamaival elérje a nettó zéró üvegházhatásúgáz-kibocsátást [1], ezzel klímasemleges kontinensé válását. Az elmúlt évtizedekben az ezirányú törekvések keretein belül megalkották a „KNE”, azaz közel nulla energiaigényű épület fogalmát [2,3], mivel a kimutatások és a mérések szerint a tagállamok energiafelhasználásának jelentős hányadáért a lakó-, és egyéb más rendeltetésű épületek fűtési- és hűtési rendszerei a felelősek [4]. A célkitűzés teljesítéséhez az idő előrehaladtával egyre szigorodtak hazánkban is az épületekkel és a bennük található gépészeti rendszerekkel szemben támasztott követelmények [5].

A jogszabályi környezet szigorodása [6] mellett a modern társadalmak emberének is egyre fontosabbak a fenttartható, és energiahatékony megoldások alkalmazásai, látva az őt körülvevő közvetlen környezetének és időjárásának gyors és egyre szélsőségesebb változásait [7]. A lakossági-, és vállalati szektort vizsgálva az energiatudatos gondolkodás rohamos térnyerése figyelhető meg az EU országokban, melynek másik fő mozgatórugója a tagállamok jelentős mértékű energiaimport-kitettsége [8].

Az alacsony hőmérsékletű sugárzó fűtés optimális megoldás lehet a KNE épületek számára, megfelelő komfortot biztosítva a beltéri terekben [9]. Oravec et al. [10] összehasonlító vizsgálatot végzetthatféle sugárzó fal-, padló-, és mennyezetfűtési rendszer esetében. A vizsgálat tárgyát képezték a hőteljesítmény, a szükséges fűtőfelület területe, szabályozhatóság, rövid és hosszútávú energiatárolás, meglévő épületekbe való beépítésre való alkalmasság és az építési költségek. Bebizonyosodott, hogy a padlófűtés teljesített legjobban minden értékelt szempont tekintetében.

Számos tanulmány kimutatta, hogy az alacsony hőmérsékletű sugárzó fűtési rendszerek 10-30%-os energiamegtakarítást és jobb hőkomfortot biztosítanak, mint a levegős fűtési rendszerek [11]. Bojic et al. elvégezte a padló-, fal-, mennyezet-, és padló- és mennyezetfűtés energetikai, környezeti és gazdasági teljesítményvizsgálatát [12].

Megállapítást nyert, hogy bár a kombinált- padló és mennyezetfűtési rendszer a legalacsonyabb exergia hatásfokkal rendelkezik, de a legjobb teljesítményt nyújtja: a legalacsonyabb az energiafogyasztása, illetve az üzemeltetési költségek és a kazán névleges teljesítménye.

Ugyanakkor ezen tények ismerete mellett az is kijelenthető, hogy a modern társadalmak embere számára az otthona komfortjával kapcsolatban támasztott elvárásai is az évek során egyre emelkedtek, mindezt megfizethető üzemeltetési költségek igényével.

A Debreceni Egyetem Épületgépészeti és Létesítménymérnöki Tanszékén az elmúlt években kiemelt figyelmet kapnak az épületenergetikai kutatások. Számos publikáció készült a napjainkban alkalmazott hőszigetelőanyagok tulajdonságainak vizsgálatáról [13-15], illetve az aerogél – mint a jövő lehetséges hőszigetelőanyaga – hőtechnikai tulajdonságait is vizsgálták [16-19]. Ezek mellett az épületgépészeti rendszerek energiahatékony megvalósításával és üzemeltetésével kapcsolatban is készültek publikációk és tanulmányok [20-25].

Az épületek hőtechnikai paramétereinek folyamatos jogszabályi szigorításai az energiafelhasználás csökkenését eredményezték, ugyanakkor vetődik fel a kérdés, hogy különböző központi fűtési megoldások esetén a felhasznált energiának mekkora hányada az, ami valójában hasznosul?

2. A kutatás célja

A „Szellőzési hőveszteségek vizsgálata különböző fűtési módok esetén” című korábbi TDK munkám célja a radiátoros és az alacsony hőmérsékletű sugárzó fűtési rendszerek szellőzési hőveszteségeinek elemzése volt. A jelen kutatásom célja, hogy az előző munkám során vizsgált épületekben kiválasztott, hasonló alapterületű helyiségek rendszereinek hőveszteségeit határozzam meg és elemezzem, az objektív kép kialakításának érdekében. A kutatás során az előző munkámban alkalmazott hőtechnikai jellemzőket, és a 20°C-os operatív belső hőmérsékletet alkalmazom. Az ott kapott eredmények felhasználásával végzem el az összehasonlítást. Az általam vizsgált fűtési megoldások: hagyományos radiátoros-, és kétféle alacsony hőmérsékletű sugárzó fűtés: padló-, illetve kombinált padló-, és mennyezetfűtés.

A kutatás elvégzéséhez saját, már meglévő adatokat tartalmazó excel táblázatokat és a rendelkezésemre álló szakirodalmat használtam fel, melyek segítségével további új diagramokat, és kimutatásokat készítettem.

A bemenő adatok ismeretében vetődik fel a kérdés, hogy a sugárzó fűtések alkalmazása esetén elért magasabb komfort jár-e többletenergiafelhasználással, illetve, ha igen, akkor hogyan viszonyul ez a szellőzési veszteségeken elért megtakarításhoz?

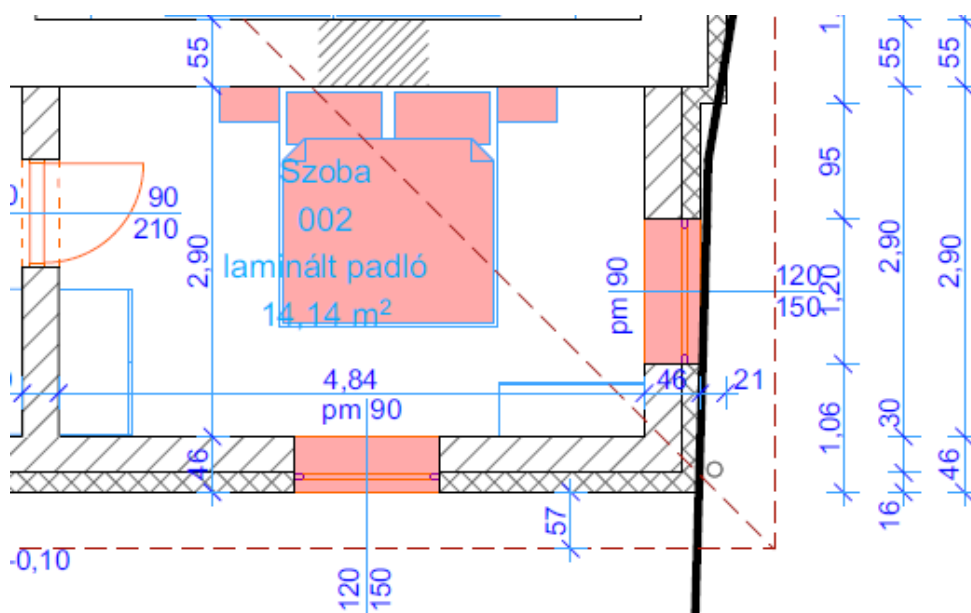
3. A vizsgált helyiségek bemutatása, és fűtési rendszereik bemutatása

A jelenlegi munkám során az előző TDK kutatásomban használt épületek kerülnek felhasználásra, ugyanakkor jelen esetben már csak a két kiválasztott közel azonos alapterületű helyiségre, és azok rendszereire összpontosítok.

Az első a földszintes családi ház 002 Szoba helyisége, amely $14,14 \text{ m}^2$ alapterületű, és az épület délkeleti sarkán helyezkedik el.

A helyiség fűtését radiátoros megoldásnál 2 db 600 mm építési magasságú 720 mm hosszúságú Vogel&Noot VONOVA 22K látja el, amelyek a nyílászárók alatt, azok középvonalában helyezkednek el, a padlószinttől 150 mm -re.

Az épület fűtési idényének hossza a 2002-es paraméterek mellett 220 nap, 2012-ben 203 nap és 2022 esetén 180 nap .

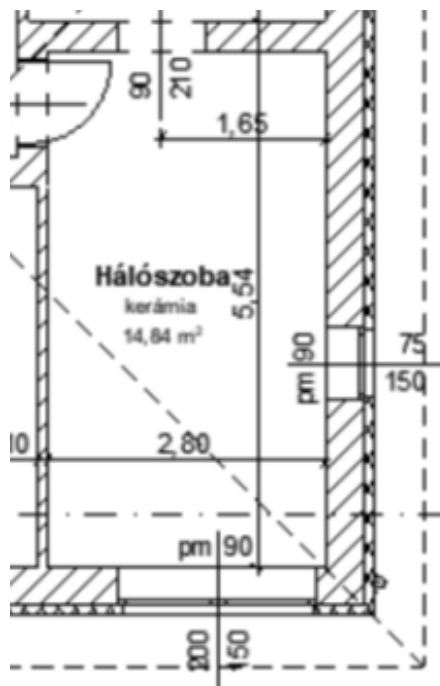


3.1 ábra: A vizsgált földszinti helyiség alaprajza

A másik helyiség az emeletes családi ház felső szintjén található 106 Hálószoza rendeltetésű helyisége, melynek nettó alapterülete $14,84 \text{ m}^2$. Ez a helyiség az adott épület délkeleti sarkán helyezkedik el.

Ennek a helyiségnek a fűtését radiátoros megoldásnál 1 db 400 mm , és 1db 920 mm hosszúságú Vogel&Noot VONOVA 22K radiátor látja el, amelyből a rövidebb, a keskenyebb, a hosszabb pedig a szélesebb ablak alatt található a helyiség padlójától 150 mm -re.

Az épület fűtési idényének hossza a 2002-es paraméterek mellett 210 nap, 2012-ben 190 nap és 2022 esetén 170 nap .



3.1 ábra: A vizsgált emeleti helyiség alaprajza

A számításokat három különböző időszakban érvényes hőtechnikai követelményekre vonatkozóan végeztem el. Az elmúlt két évtizedben ugyanis jelentősen szigorodtak a határolószervezetre vonatkozó követelmények. A 2006 év előtti követelmények, a 2006-ban bevezetett követelmények, illetve a KNE épületekre vonatkozó követelmények teljesítése különböző hőszükségleteket eredményeznek. Így azt feltételeztem a továbbiakban, hogy a vizsgált épületek 2002-ben, 2012-ben vagy 2022-ben épültek. A helyiségek $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ külsőhőmérséklet mellett eredetileg meghatározott hőszükségleteit az alábbi táblázat tartalmazza:

Vizsgált év	002 Szoba	106 Hálósoba
2002	1538 W	1424 W
2012	1140 W	988 W
2022	883 W	753 W

3.1 táblázat: A vizsgált helyiségek hőveszteségei méretezési állapotban

$20\text{ }^{\circ}\text{C}$ léghőmérséklet esetén

A radiátoros fűtés esetén az alkalmazott hőmérsékletek:

2002	$90^{\circ}\text{C}/70^{\circ}\text{C}$
2012	$60^{\circ}\text{C}/45^{\circ}\text{C}$
2022	$50^{\circ}\text{C}/40^{\circ}\text{C}$

3.2 táblázat: A radiátoros fűtési rendszer vizsgált tervezési előremenő és visszatérő hőmérsékletei

A sugárzó fűtési módok esetén a hőmérsékletek az aktuális hőigény szerinti fűtővíz középhőmérséklettel kerültek vizsgálatra.

A padlófűtés Ø16 mm-es-, a mennyezetfűtés Ø10 mm-es fűtőcsővel és 150 mm-es osztásközzel került számításra.

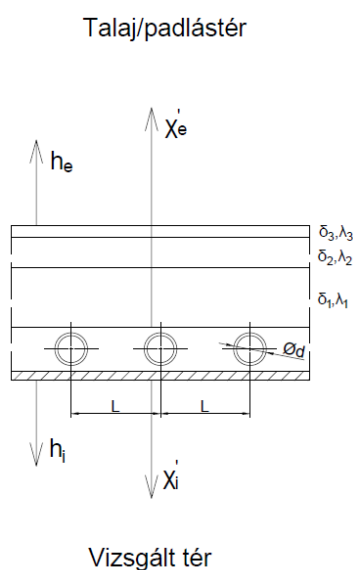
A számítások során alkalmazott padló-, és mennyezetfűtési megoldás esetén a hőszükségletet a padló és mennyezet 2/3-1/3 arányban fedezi. Ennek szakmai indoka az, hogy a mennyezet felületi hőmérsékletét minél alacsonyabban szerettem volna tartani úgy, hogy a padló hőmérséklete ne haladja meg a 29 °C értéket.

4. A számítások során alkalmazott módszertan bemutatása:

Az alkalmazott fűtési rendszerek összehasonlításához elengedhetetlen a hőveszteségek minél pontosabb meghatározása a helyiséget, illetve az adott rendszert illetően.

A három vizsgált évet tekintve minden esetben a radiátoros fűtést tekintetem a kiinduló állapotnak. Ennek oka, hogy a rendszer vesztesége ez esetben minimálisnak tekinthető, illetve az elosztó-hálózaton keletkező hőveszteségek szinte egésze az adott helyiségek levegőjének adódik át, és csak közvetve távozik a helyiségből.

Az alacsony hőmérsékletű sugárzó fűtések esetén a méretezés során annak a határolófelületnek a helyiségből a külső térbe jutó hőveszteségét zérusnak tekintetem, amelybe az adott rendszer beépítésre került. Ennek oka, hogy a határoló szerkezet felületi hőmérséklete magasabb, mint a helyiség léghőmérséklete, így a belső térből ezen a szerkezeten keresztül nem jut át hőáram. Az itt keletkező veszteségek az adott sugárzó rendszer, és nem a helyiség veszteségeinek tekinthetők.



4.1 ábra: A sugárzó fűtések hőleadásának szemléltetésére szolgáló ábra

A rendszerek által a vizsgált téren kívül* leadott fűtőteljesítmények meghatározásához szükséges összefüggések [26]:

$$\dot{Q}_e = \dot{q}_e \cdot A$$

ahol:

- $\dot{Q}_e$ a vizsgált helyiség szempontjából külső tér felé keletkező hőveszteség
- $\dot{q}_e$ a vizsgált helyiség szempontjából a külső tér felé keletkező fajlagos hőveszteség
- A a vizsgált helyiség nettó alapterülete

$$\dot{q}_e = \frac{t_{\text{felület}} - t_{\text{külső tér}}}{R}$$

ahol:

- $\dot{q}_e$ a vizsgált helyiség szempontjából a külső tér felé keletkező fajlagos hőveszteség
- $t_{\text{felület}}$ a sugárzó fűtéssel ellátott szerkezet belső felületének hőmérséklete
- $t_{\text{külső tér}}$ a sugárzó fűtéssel ellátott szerkezet túloldalán lévő tömésérték (padlófűtés esetén a talaj-, mennyezetfűtés esetén a padlástér hőmérséklete)

*Az emeletes épület esetén fontos megemlíteni, hogy az itt alkalmazott sugárzó rendszerek padlófűtéséből származó veszteségek csak a vizsgált tér szempontjából tekinthetők valójában veszteségnek, a földszinten „hulladékhő” formájában hasznosulhatnak. Ennek okán ezekre az értékekre a továbbiakban „relatív veszteségként” fogok hivatkozni.

A fűtési idény során keletkező energiamennyiség:

$$Q = \dot{Q}_e \cdot \text{idő}$$

5. 9/2023 ÉKM rendelet padló számítási módszer bevezetése

A KNE épületek számítása során hosszú ideig meghatározó szerepet töltött be a 7/2006 TNM rendelet, amely számítási módszerében nagyrészt az 1991-es MSZ 140-es szabványcsaládra épül. Az itt meghatározott eljárás a mindennapos szakmai gyakorlatban kiváló szolgálatot tett a fűtési rendszerek méretezése esetében, ugyanakkor a padló hőveszteségének megállapítása esetén is elmondható róla, hogy biztonságot szem előtt tartva igen túlméretez. Ennek ismeretében a számítások nulladik lépéseként megvizsgáltam ezen kívül még két számítási módszert, ami után arra jutottam, hogy a jelenleg is érvényben lévő 9/2023 ÉKM rendelet 1. mellékletében található számítási módszert alkalmazom, illetve az így újonnan számított értékeket használom fel.

5.1 A rendeletben meghatározott számítási módszertan [27]:

„A padló hőátbocsátási tényezőjének meghatározásához számítandó a talajon fekvő padló karakterisztikus mérete a következő összefüggéssel:

$$B = \frac{A}{0,5P}$$

ahol:

- B a padló karakterisztikus mérete [m]
- A a kondicionált tér padlójának területe [m²]
- P a padló kitett területe, melybe beleszámítandó a külső környezettől vagy a szomszédos fűtetlen tértől elválasztó csatlakozások hossza [m]

A padló egyenértékű vastagsága (a padlószerkezet hővezetési ellenállásával azonos hővezetési ellenállású talajréteg vastagsága) a csatlakozó fal vastagsága és a padló hővezetési ellenállása alapján:

$$d_p = d_f + \lambda_{talaj}(R_{si} + R_p + R_{se})$$

ahol:

- d_p a padló egyenértékű vastagsága [m]
- d_f a csatlakozó külső falak teljes vastagsága [m]
- λ_{talaj} a talaj hővezetési tényezője [W/mK]
- R_p a padlószerkezet hővezetési ellenállása, figyelembe véve a padlón, padló alatt vagy a padlóban elhelyezett teljes felületű hőszigetelést [m²K/W]
- R_{si} a belső felületi hőátadási ellenállás [m²K/W]
- R_{se} a külső felületi hőátadási ellenállás [m²K/W]

„A talajon fekvő padló (talaj hatását is tartalmazó) egyenértékű hőátbocsátási tényezője a padló egyenértékű vastagságától és a padló terepszinttől számított z mélységétől függően számítható a következő összefüggések segítségével:

- Ha $(d_p + 0,5z) < B$ (hőszigetelés nélküli vagy mérsékelten hőszigetelt padló):
-

$$U_{T,p} = \frac{2 \cdot \lambda_{talaj}}{\pi \cdot B + d_p + 0,5 \cdot z} \ln \left(\frac{\pi \cdot B}{d_p \cdot 0,5 \cdot z} + 1 \right)$$

- $H_a (d_p + 0,5z) \geq B$ (jól hőszigetelt padló):

-

$$U_{T,p} = \frac{2 \cdot \lambda_{talaj}}{0,457 \cdot B + d_p + 0,5 \cdot z}$$

amely összefüggésekben:

- $U_{T,p}$ a padló szerkezet hőátbocsátási tényezője [W/m^2K]
- λ_{talaj} a talaj hővezetési tényezője [W/mK]
- B a padló karakterisztikus mérete [m]
- d_p a padló egyenértékű vastagsága [m]
- z a padló terepszinthez viszonyított magassága (mélysége) [m]

Amennyiben a padló mélysége a külső terepszinthez képest változó, az átlagértéket kell figyelembe venni. Terepszint közelében elhelyezkedő padlónak a külső terepszinthez képest $\pm 0,5$ m szintkülönbségen belül elhelyezkedő padlót nevezzük, ekkor $z=0$.”

6. A meglévő-, és az új hőveszteség értékek összehasonlítása:

Radiátoros fűtés esetén az eredeti hőszükségletek $20^\circ C$ operatív belső hőmérséklet mellett:

Vizsgált év	002 Szoba	106 Hálószoza
2002	1555 W	1442 W
2012	1146 W	995 W
2022	886 W	757 W

6.1 táblázat: Az eredeti hőveszteség értékek méretezései állapotban, $20^\circ C$ operatív belső hőmérséklet tartása esetén

Radiátoros fűtés alkalmazásánál a hőszükségletek $20^\circ C$ operatív belső hőmérséklet mellett:

Vizsgált év	002 Szoba	106 Hálószoza
2002	1460 W	1442 W
2012	1028 W	995 W
2022	792 W	757 W

6.2 táblázat: Az új hőveszteség értékek méretezései állapotban, $20^\circ C$ operatív belső hőmérséklet tartása esetén

Vizsgált év	Eredeti hőveszteség	Újra számolt hőveszteség	Eltérés
2002	1 555 W	1 460 W	-6,5%
2012	1 146 W	1 028 W	-11,5%
2022	886 W	792 W	-11,9%

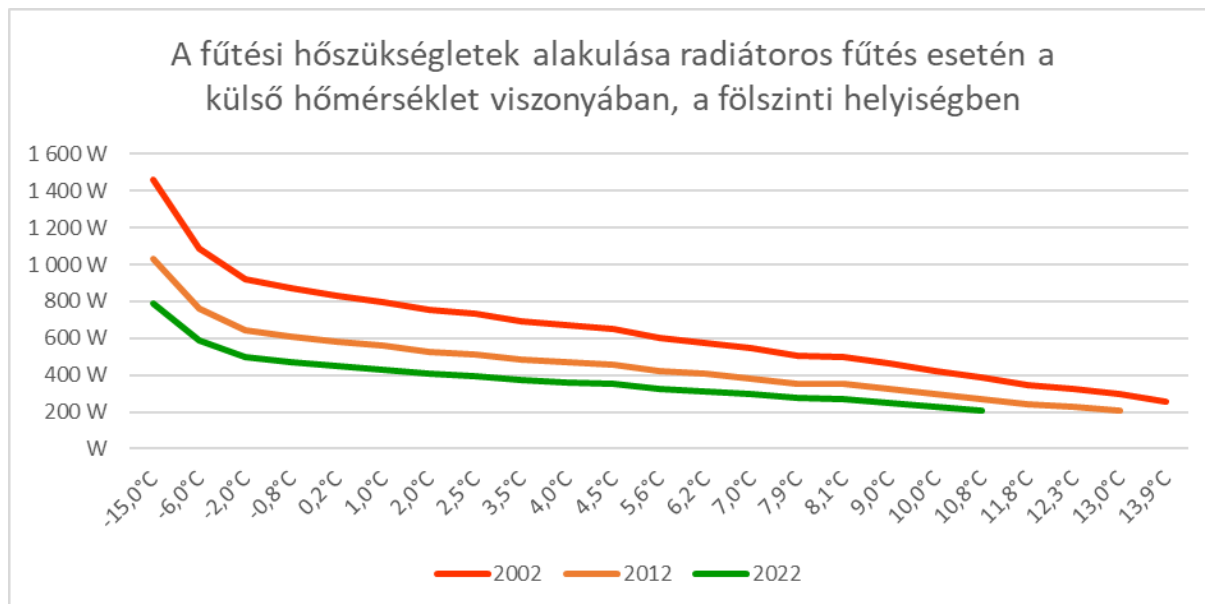
6.3 táblázat: A helyiség hőveszteségeinek összehasonlítása az ÉKM rendelet padló számítása után, földszintes épület

Az előző három táblázatból megállapítható, hogy a jelenleg hatályban lévő rendeletben foglalt számítási mód szerint a kutatás szempontjából releváns eltérés mutatkozik bizonyos esetekben. Értelemszerűen az emeletes épület helyiségének hőszükségletét nem befolyásolja ezen számítási mód, mivel abban az esetben az emeletközi födém az alsó határoló szerkezet.

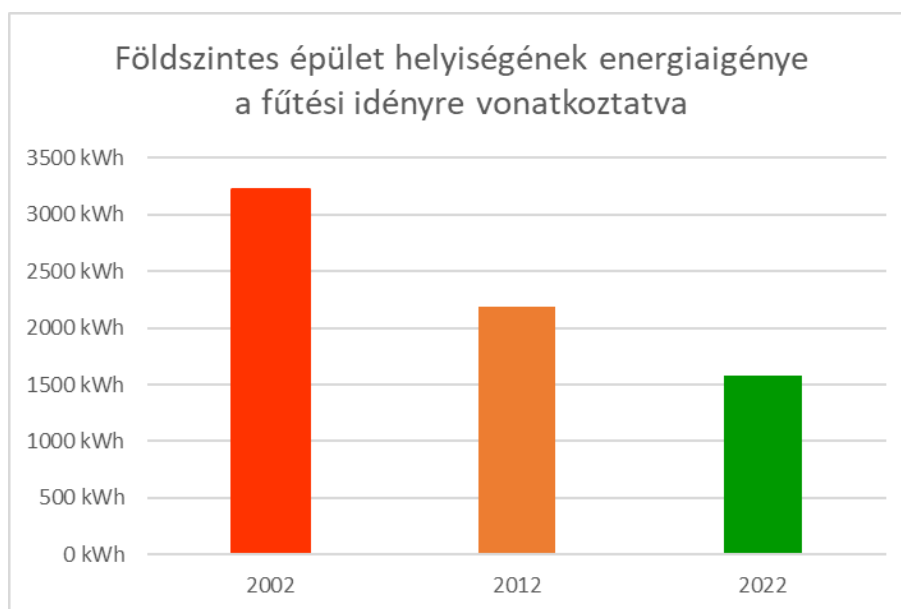
A további számítások során a padló hőveszteségét az ÉKM rendelet számításai szerinti értékkel veszem figyelembe, így a 6.2 táblázat adatai lesznek az összehasonlítás kiinduló adatai a továbbiakban.

7. A vizsgált helyiségek fűtési hőigényeinek alakulása a fűtési idény során:

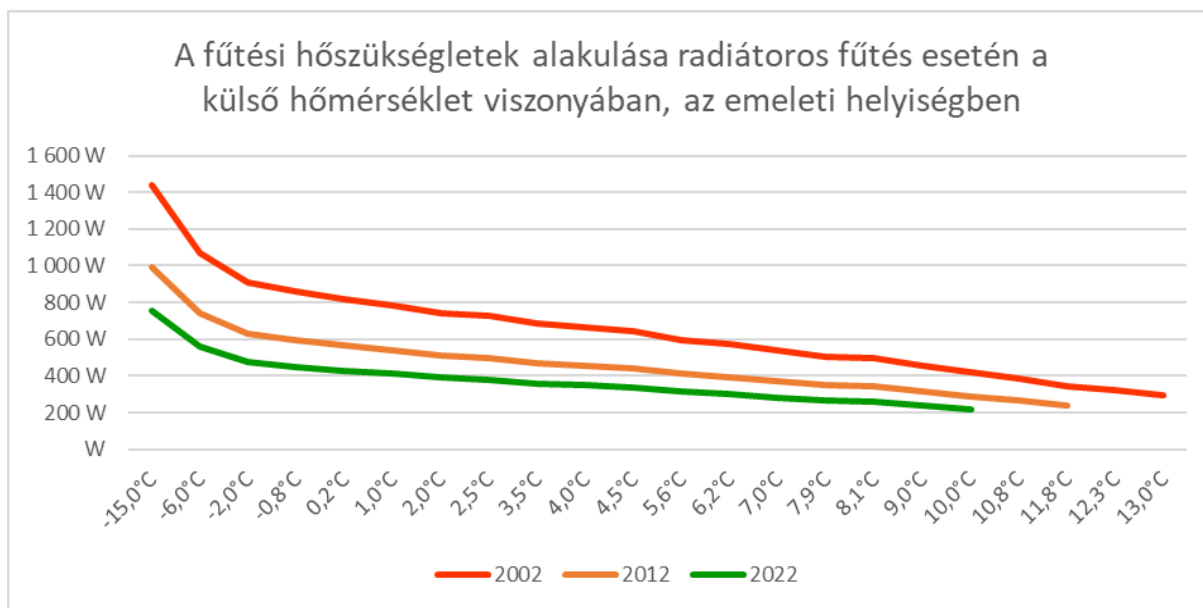
7.1 Radiátoros fűtés:



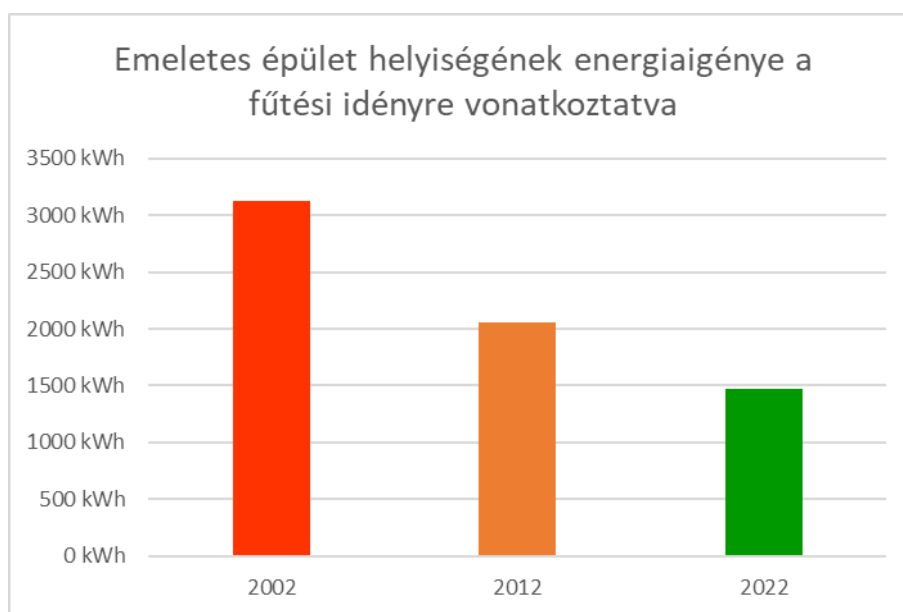
7.1.1 ábra: A fűtési hőszükségletek alakulása radiátoros fűtés esetén, földszinti helyiség



7.1.2 ábra: A fűtési idény során a helyiség kifűtésére fordítandó energiamennyiség a földszinti helyiség esetén radiátoros fűtés mellett

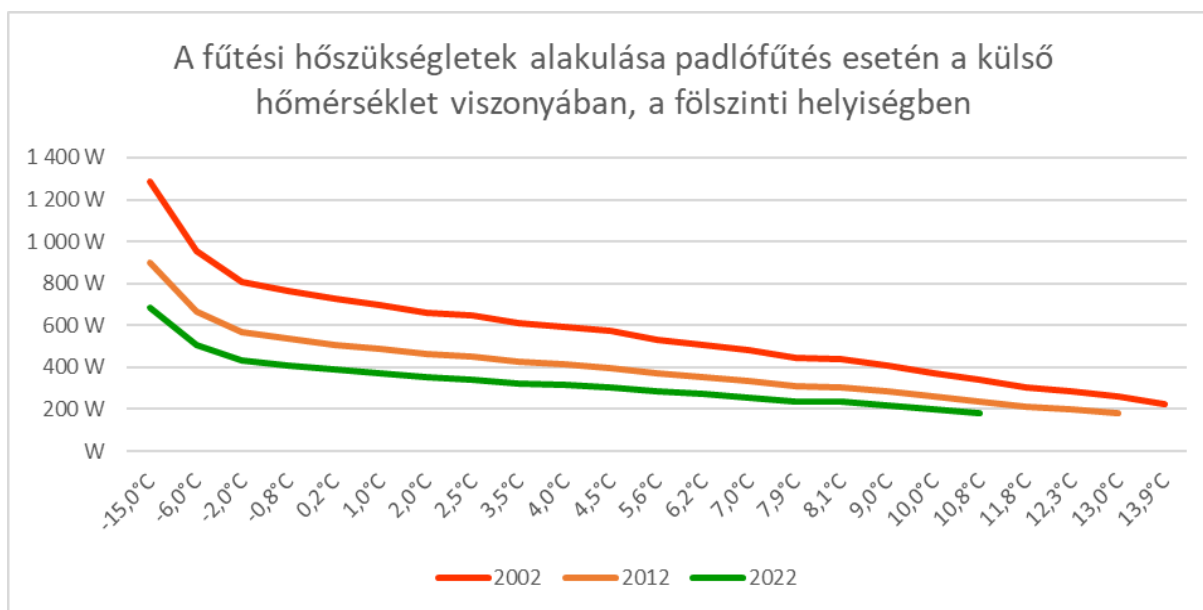


7.1.3 ábra: A fűtési hőszükségletek alakulása radiátoros fűtés esetén, emeleti helyiség

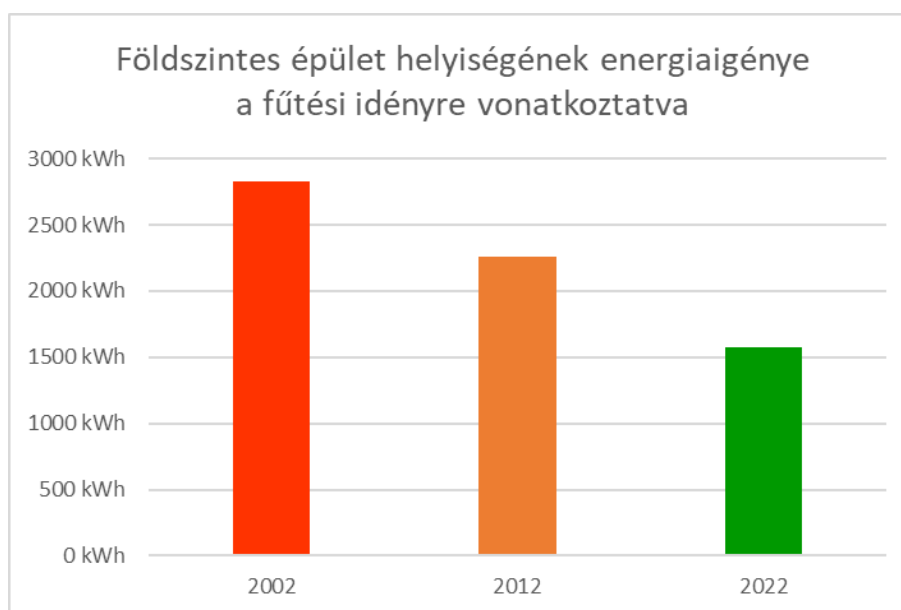


7.1.4 ábra: A fűtési időny során a helyiség kifűtésére fordítandó energiamennyiség az emeleti helyiség esetén radiátoros fűtés mellett

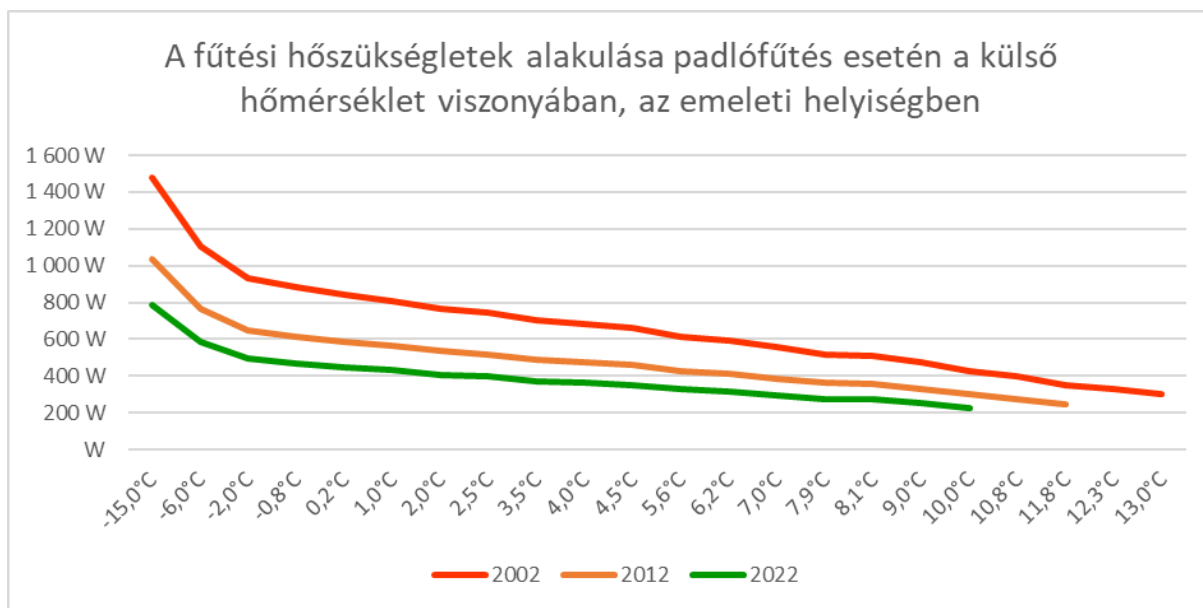
7.2 Padlófűtés:



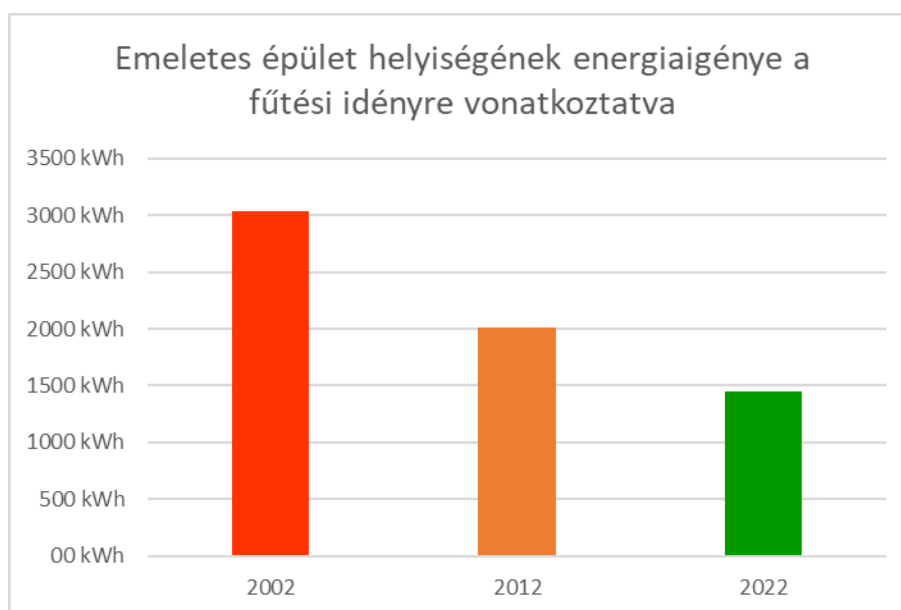
7.2.1 ábra: A fűtési hőszükségletek alakulása padlófűtés esetén, földszinti helyiség



7.2.2 ábra: A fűtési időny során a helyiség kifűtésére fordítandó energiamennyiség a földszinti helyiség esetén padlófűtés alkalmazásával

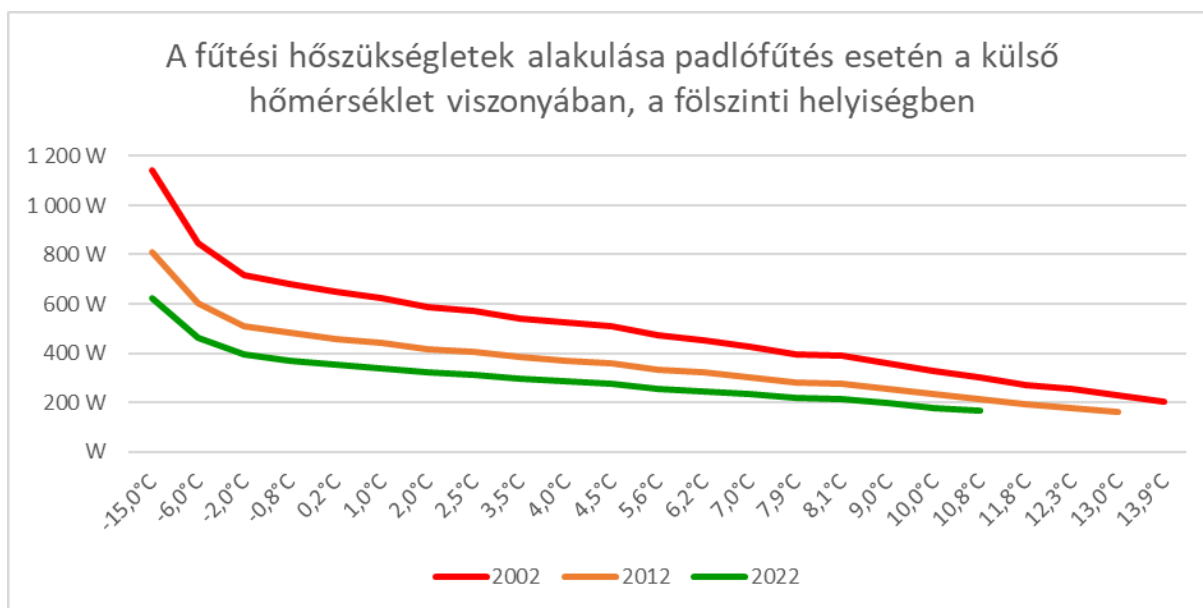


7.2.3 ábra: A fűtési hőszükségletek alakulása padlófűtés esetén, emeleti helyiség

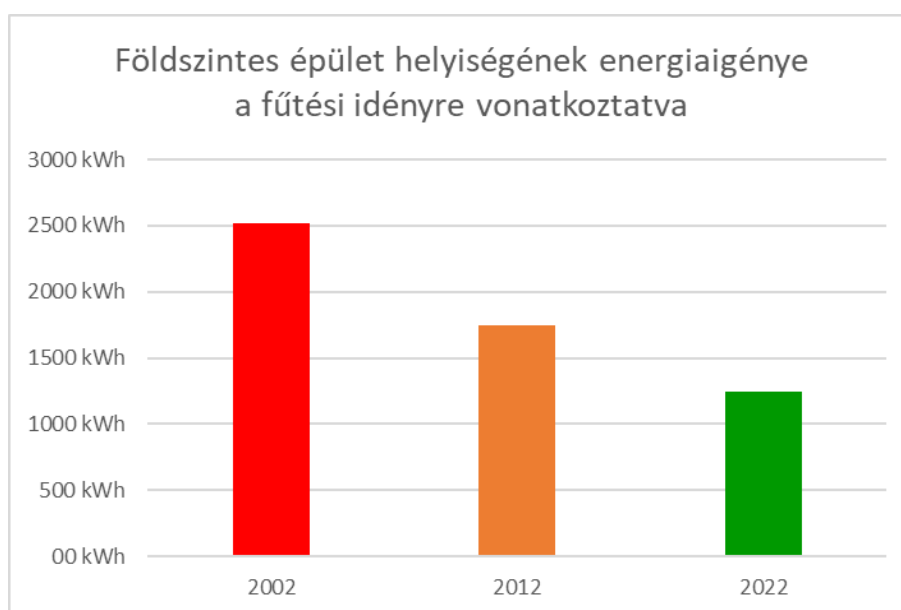


7.2.4 ábra: A fűtési idény során a helyiség kifűtésére fordítandó energiamennyiség az emeleti helyiség esetén padlófűtés alkalmazásával

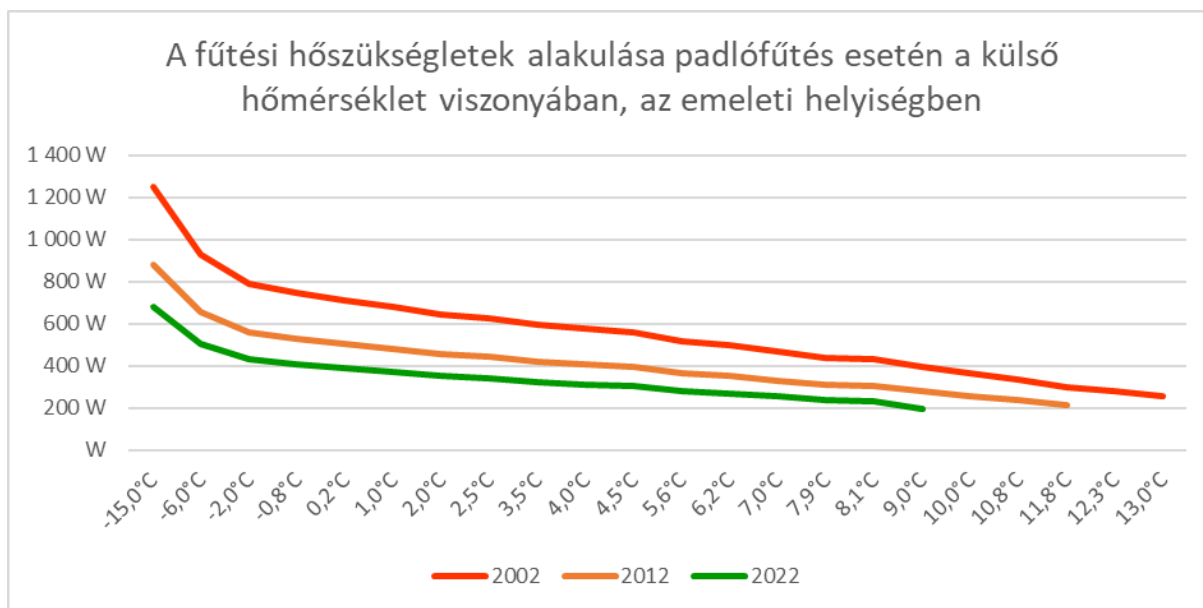
7.3 Padló-, és mennyezetfűtés:



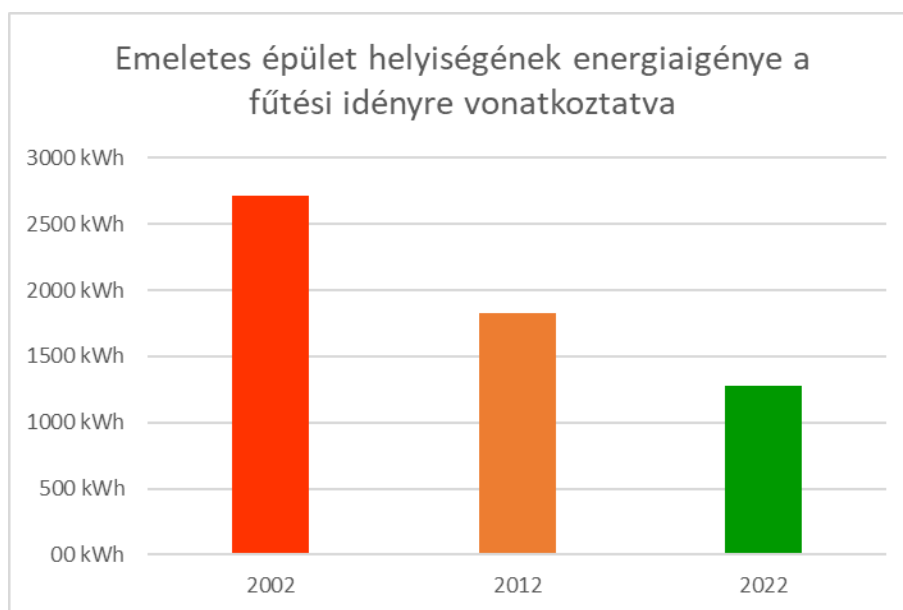
7.3.1 ábra: A fűtési hőszükségletek alakulása padló-, és mennyezetfűtés esetén, földszinti helyiség



7.3.2 ábra: A fűtési időny során a helyiség kifűtésére fordítandó energiamennyiség a földszinti helyiség esetén padló-, és mennyezetfűtés alkalmazásával



7.3.3 ábra: A fűtési hőszükségletek alakulása padló-, és mennyezetfűtés esetén, emeleti helyiség



7.3.4 ábra: A fűtési idény során a helyiség kifűtésére fordítandó energiamennyiség az emeleti helyiség esetén padló-, és mennyezetfűtés alkalmazásával

7.4 Hővesztések energiaigényének alakulása évenként

Ahogy a 7. bekezdés első három alpontjában bemutatott diagramokból kivehető, minden fűtési mód esetén helyénvaló az az állítás, hogy az idő előrehaladtával csökken a vizsgált helyiségek hővesztése. Ugyanakkor ezek az épületgépészeti rendszerek vizsgálatának szempontjából nem a legtöbbet eláruló adatok, mivel ez a jelenség az épületek hőtechnikai paramétereivel szemben támasztott egyre szigorodó követelmények eredménye.

A vizsgált rendszerek évenkénti összehasonlítása ebből a szempontból több releváns információt tartalmaz.

Földszintes épület 2002		
Fűtési mód	Fűtési energiaigény	Különbség a radiátoros megoldáshoz képest
Radiátoros	3210,86 kWh	-
Padlófűtés	2831,71 kWh	-11,8%
Padló-, és mennyzetfűtés	2513,57 kWh	-21,7%

7.4.1 táblázat: A földszinti helyiség fűtési energiaigényének alakulása 2002

Földszintes épület 2012		
Fűtési mód	Fűtési energiaigény	Különbség a radiátoros megoldáshoz képest
Radiátoros	2181,76 kWh	-
Padlófűtés	1908,53 kWh	-12,5%
Padló-, és mennyzetfűtés	1720,61 kWh	-21,1%

7.4.2 táblázat: A földszinti helyiség fűtési energiaigényének alakulása 2012

Földszintes épület 2022		
Fűtési mód	Fűtési energiaigény	Különbség a radiátoros megoldáshoz képest
Radiátoros	1568,65 kWh	-
Padlófűtés	1374,54 kWh	-12,4%
Padló-, és mennyzetfűtés	1248,09 kWh	-20,4%

7.4.3 táblázat: A földszinti helyiség fűtési energiaigényének alakulása 2022

A földszintes épület helyiségénél azt figyelhetjük meg, hogy ha a radiátoros megoldás hővesztéseivel viszonyítjuk a sugárzó fűtések esetén kapott értékeket, akkor minden esetben a sugárzó fűtésekkel szerelt verziók fűtési energiaigénye az alacsonyabb. Jelentős, legalább 10%-os eltérést tapasztalunk padlófűtés, és minimum 20%-os különbséget a kombinált padló- és mennyzetfűtés alkalmazása esetén.

Emeletes épület 2002		
Fűtési mód	Fűtési energiaigény	Különbség a radiátoros megoldáshoz képest
Radiátoros	3122,63 kWh	-
Padlófűtés	3036,65 kWh	-2,8%
Padló-, és mennyzetfűtés	2710,00 kWh	-13,2%

7.4.4 táblázat: Az emeleti helyiség fűtési energiaigényének alakulása 2002

Emeletes épület 2012		
Fűtési mód	Fűtési energiaigény	Különbség a radiátoros megoldáshoz képest
Radiátoros	2051,47 kWh	-
Padlófűtés	2015,61 kWh	-1,7%
Padló-, és mennyzetfűtés	1824,56 kWh	-11,1%

7.4.5 táblázat: Az emeleti helyiség fűtési energiaigényének alakulása 2012

Emeletes épület 2022		
Fűtési mód	Fűtési energiaigény	Különbség a radiátoros megoldáshoz képest
Radiátoros	1469,34 kWh	-
Padlófűtés	1449,65 kWh	-1,3%
Padló-, és mennyzetfűtés	1272,56 kWh	-13,4%

7.4.6 táblázat: Az emeleti helyiség fűtési energiaigényének alakulása 2022

Az emeleti helyiség esetén ugyan az megfigyelhető, mint a földszintes épületben vizsgált szobánál, hogy a sugárzó fűtésekkel ellátott tér hővesztesége alacsonyabb, mint a radiátorosé. Viszont itt a tisztán padlófűtést alkalmazó esetekben az ugyanaz évi radiátoros megoldáshoz képest minimális hőszükséglet-csökkenés társul. Ennek oka, hogy az alsó határoló szerkezet egy emeletközi födém, melynek a helyiség szempontjából nézve túloldalán lévő tér hőmérséklete kevésbé tér el a vizsgált helyiség léghőmérsékletétől. Így különbséget csak az eltérő közepes sugárzási hőmérsékletből eredő léghőmérséklet-elérés alapján létrejövő szellőzési hőveszteség csökkenés okozza. A kombinált padló-, és mennyzetfűtés esetén szintén alacsonyabb az eltérés aránya, mint a földszintes épületnél, mert az előzőekben felvázolt jelenség befolyással van a helyi hőveszteségére. Itt már nem csak ez alkotja a különbséget, ezért az eltérés nagyságrendben magasabb, mint a tisztán padlófűtéses esetben ugyanennél az épületnél.

8. Az alkalmazott rendszerek veszteségei, a helyiségbe szükségesen bevezetendő energiamennyiségek

Ahogy az már a számítási módszertan bemutatása esetén felvezettem előzetesen, a 4.1 ábra elve, és az összefüggések alapján történt a helyiségben nem hasznosuló energiamennyiségek meghatározása az üzemeltetési időre a sugárzó fűtések esetén. A radiátoros fűtés alkalmazása mellett a rendszer elosztási veszteségei minimálisak, illetve azok jelentős hányada is a helyiségekben adódik le, így ezeket zérusnak tekintetem.

Az a tény könnyen belátható, hogy egy helyiség fűtési hőszükségletének fedezéséhez az alkalmazott rendszer veszteségeit is be kell vezetni a helyiségbe az éppen aktuális hőszükséglet mellett. Így a két érték ismeretében egy egyszerű összeadással meghatározható a helyiségbe bevezetendő hőteljesítmény, amely egy fűtési időre vetítve megadja a szükségesen felhasználható energia mennyiségét. Ugyanakkor a hőtermelőben előállított hőmennyiség több, mivel ott már figyelembe kell venni a hőtermelés és a helyiségig történő hőszállítás veszteségeit is.

A kapott eredményeket ezek alapján a radiátoros megoldás esetén az alábbi táblázatok számszerűsítik:

Radiátoros fűtés, földszinti helyiség			
Vizsgált év	Fűtési energiaigény	Össz. bevezetendő	Eltérés (többlet)
2002	3210,86 kWh	3210,86 kWh	0,0%
2012	2181,76 kWh	2181,76 kWh	0,0%
2022	1582,39 kWh	1582,39 kWh	0,0%

8.1 táblázat: A fűtési energiaigény és a bevezetendő energia aránya a földszinti helyiség esetén radiátoros fűtésnél

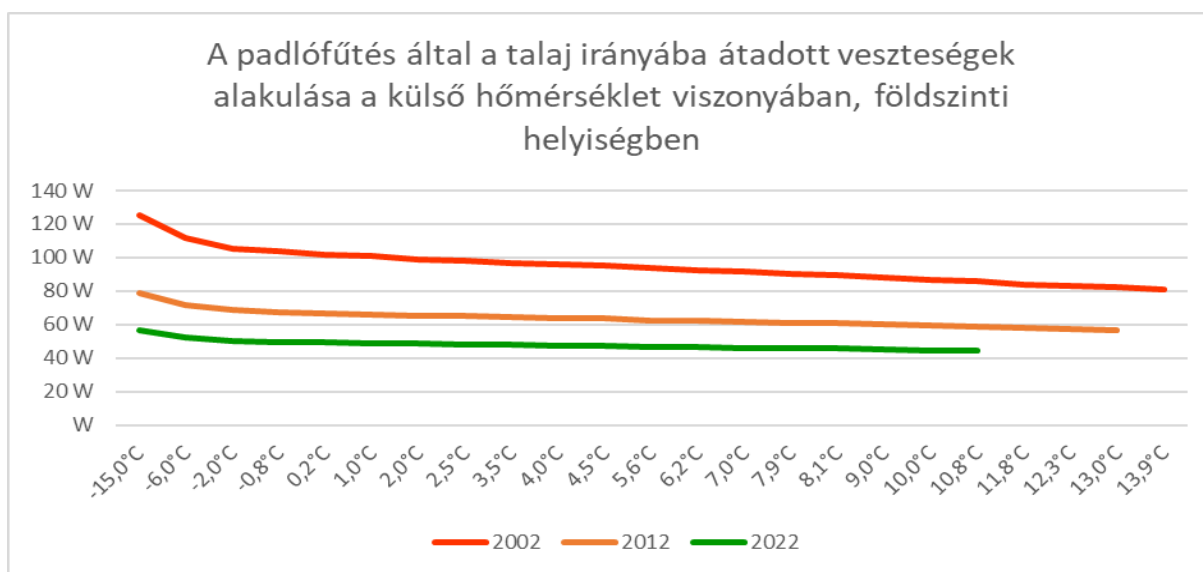
Radiátoros fűtés emeleti helyiség			
Vizsgált év	Fűtési energiaigény	Össz. bevezetendő	Eltérés (többlet)
2002	3122,63 kWh	3122,63 kWh	0,0%
2012	2051,47 kWh	2051,47 kWh	0,0%
2022	1469,34 kWh	1469,34 kWh	0,0%

8.2 táblázat: A fűtési energiaigény és a bevezetendő energia aránya az emeleti helyiség esetén radiátoros fűtésnél

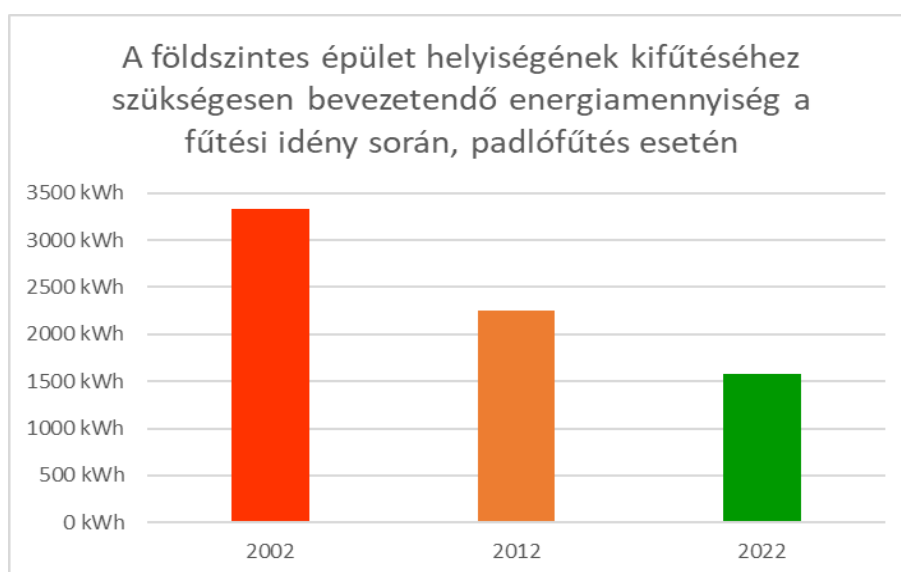
Az elvégzett számítások, előző bekezdésben bemutatott diagrammok, és a fenti táblázatok azt mutatják, hogy az összehasonlítás alapján az következtethető, hogy egyik vizsgált helyiség esetén sem keletkezik a radiátoros rendszernek akkora mértékű vesztesége, amely jelentősen megnövelné a bevezetendő energiaigényt.

8.1 A vizsgált padlófűtések rendszervesztései:

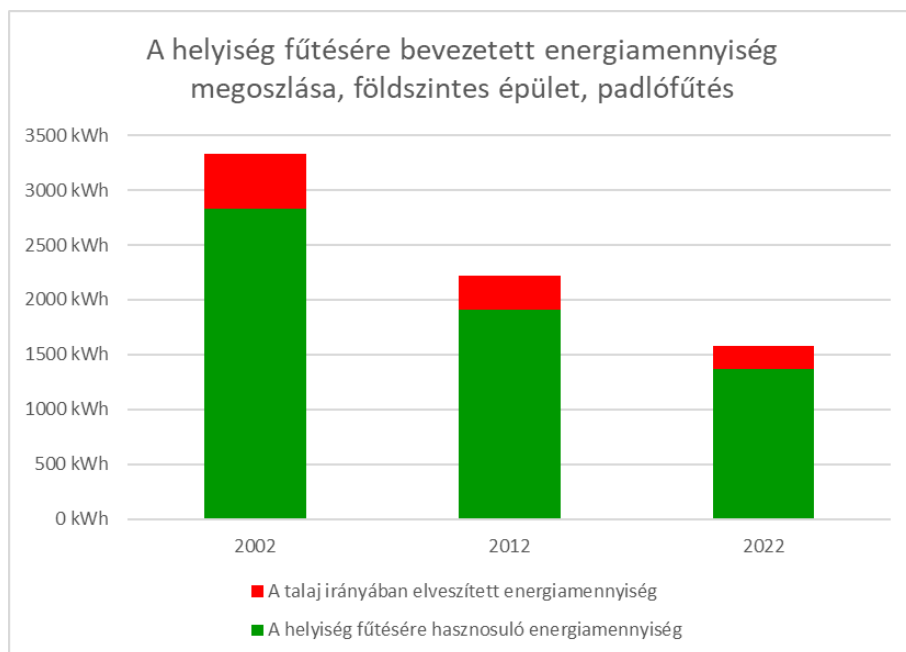
A számítási módszertanról szóló bekezdés 4.1 ábrája jó szemléltetést nyújt egy sugárzó fűtés rétegeinek értelmezéséhez. Egy padlófűtés esetén a magasabb hőmérsékletű fűtőréteg irányából a hőáramok az alacsonyabb hőmérsékletű terek felé haladnak, ezzel a helyiség hőigényét kiszolgálják. Ugyanakkor egy talajra fektetett padlóban elhelyezett rendszer esetén a szerkezet alatt elhelyezkedő talaj hőmérséklete is alacsonyabb, így a beépített hőszigetelés vastagságától függ a feltöltés és a talaj felé* átadott hővesztés, amely a rendszer és a helyiség szempontjából veszteségként értelmezhető.



8.1.1 ábra: A padlófűtés által a talaj irányába átadott hővesztések alakulása a fűtési idény alatt a földszinti helyiségben, padlófűtés alkalmazása mellett



8.1.2 ábra: A földszinti helyiség kifűtéséhez szükséges bevezetendő energiamennyiség fűtési idény során padlófűtés alkalmazásával



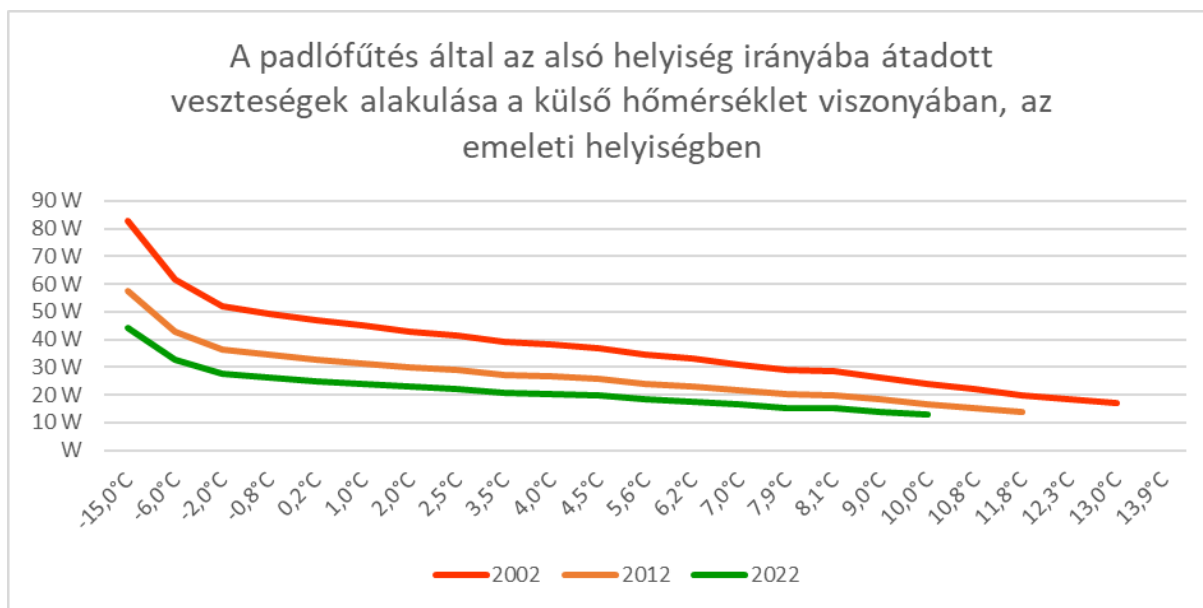
8.1.3. ábra: A földszintes épület vizsgált helyiségébe bevezetett energiamennyiség megoszlása 20°C operatív belső hőmérséklet mellett, fűtési idényre vetítve padlófűtés esetén

Padlófűtés, földszinti helyiség			
Vizsgált év	Fűtési energiaigény	Össz. bevezetendő	Eltérés (többlet)
2002	2831,71 kWh	3327,28 kWh	+17,5%
2012	1908,53 kWh	2216,46 kWh	+16,1%
2022	1374,54 kWh	1580,53 kWh	+15,0%

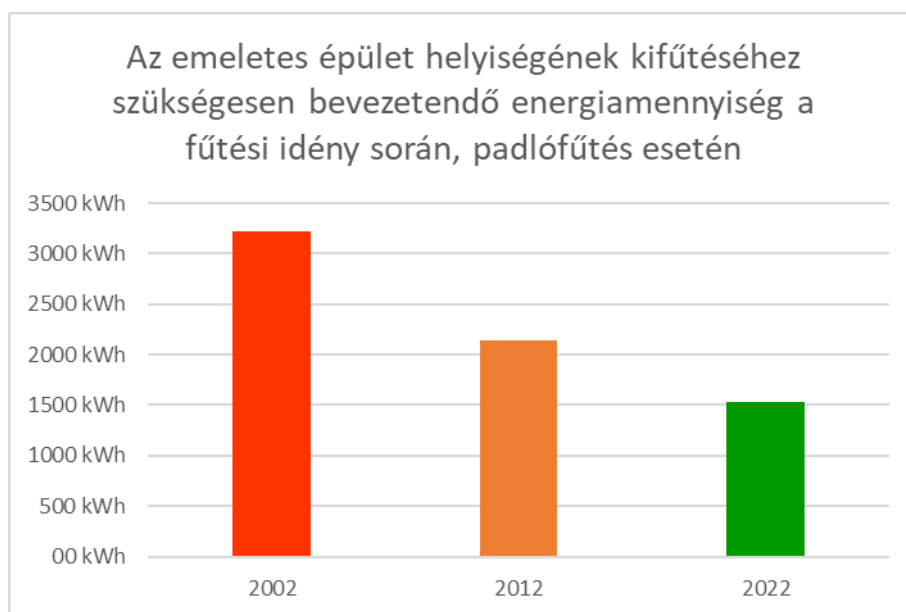
8.1.1 táblázat: A fűtési energiaigény és a bevezetendő energia aránya a földszinti helyiség esetén padlófűtésnél

A kapott adatokból jól kivehető, hogy alapvetően az épületekkel szemben támasztott hőtechnikai követelmények szigorodásával a helyiség hővesztesége mellett abszolút értékben, és százalékos arányban is csökken a padlófűtés rendszervesztesége. Így a táblázatban látható mértékekben emelve a fűtési rendszer „hatásfokát”.

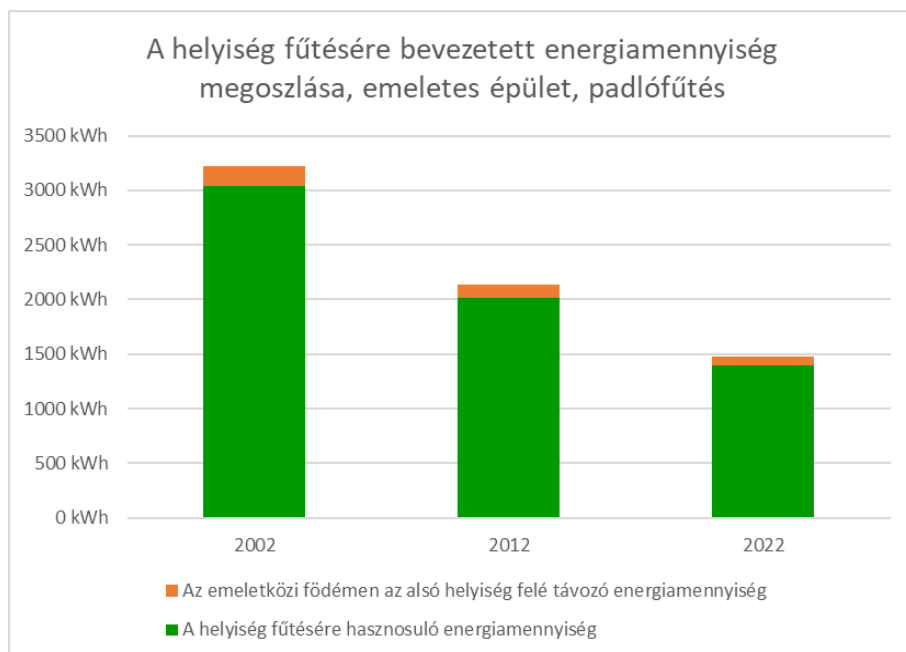
*Az emeletes helyiség padlófűtése esetén az alatta lévő helyiség hőmérsékletétől függ az oda rendszerveszteségeként távozó, bevezetett energia. A jelenlegi esetben az általam feltételezett hőmérséklet a vizsgált helyiségével megegyező 20°C.



8.1.4 ábra: A padlófűtés által az alsó helyiség irányába átadott hőveszteségek alakulása a fűtési idény alatt az emeleti helyiségben, padlófűtés alkalmazása mellett



8.1.5 ábra: Az emeleti helyiség kifűtéséhez szükséges bevezetendő energiamennyiség fűtési idény során padlófűtés alkalmazásával



8.1.6 ábra: Az emeletes épület vizsgált helyiségébe bevezetett energiamennyiség megoszlása 20°C operatív belső hőmérséklet mellett, fűtési időnyre vetítve padlófűtés esetén

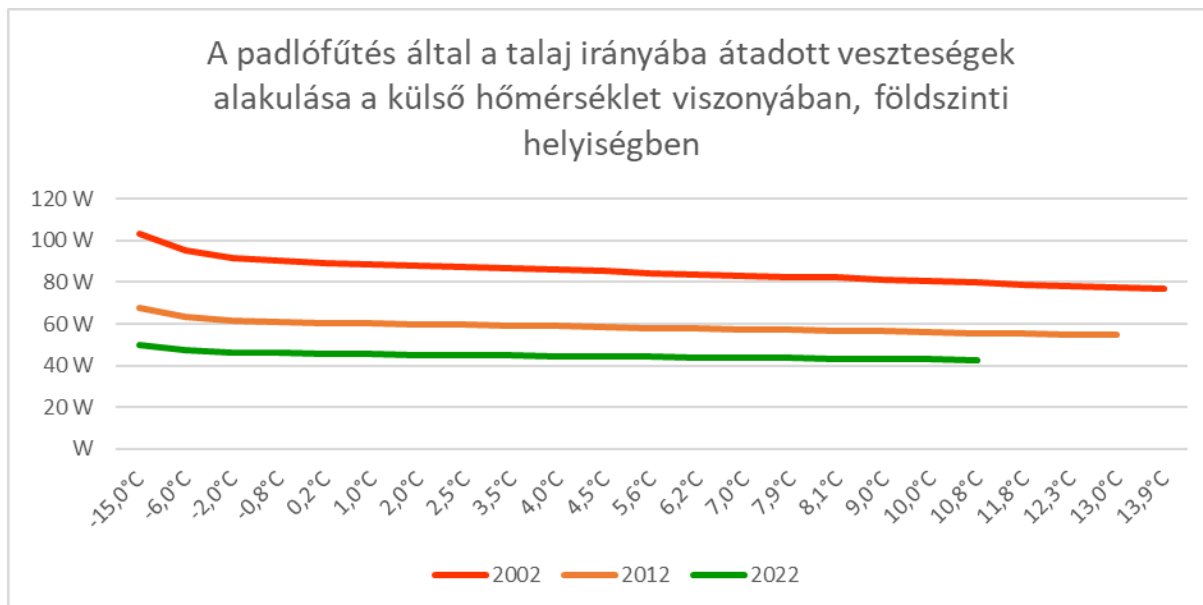
Padlófűtés emeleti helyiség			
Vizsgált év	Fűtési energiaigény	Össz bevezetendő	Eltérés (többit)
2002	3036,65 kWh	3216,20 kWh	+5,9%
2012	2015,61 kWh	2134,79 kWh	+5,9%
2022	1449,65 kWh	1535,36 kWh	+5,9%

8.1.2 táblázat: A fűtési energiaigény és a bevezetendő energia aránya az emeleti helyiség esetén padlófűtésnél

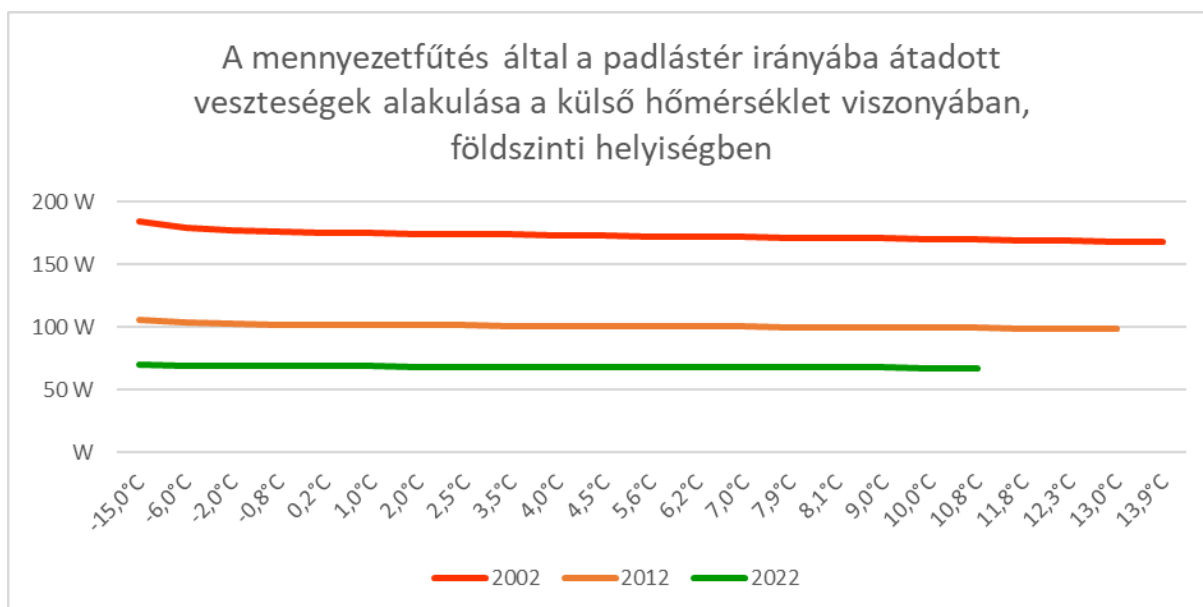
Ebben az utóbbi esetben nyer értelmet a számolási módszertan bemutatásánál bevezetett „relatív veszteség” fogalma, amely akkor tartogat számunkra valós információtartalmat, ha a helyiség-központú perspektíva helyett az épület-központút helyezzük előtérbe. Ugyanis ezzel a szemlélettel azt állapítható meg, hogy az így keletkező rendszervesztés valójában az épületben marad, hőnyereséget eredményezve az alatta lévő szinten elhelyezkedő helyiségben. A bemutatott diagramok, illetve a táblázat alapján megállapíthatjuk, hogy a padlófűtés vesztesége egy ilyen helyiség esetén az alatta elhelyezkedő helyiség belső hőmérsékletétől függ, de közel konstans, alacsony hányadát teszi ki az összesen bevezetésre kerülő energiamennyiségnek.

8.2 A vizsgált padló-, és mennyezetfűtések rendszerveszteségei:

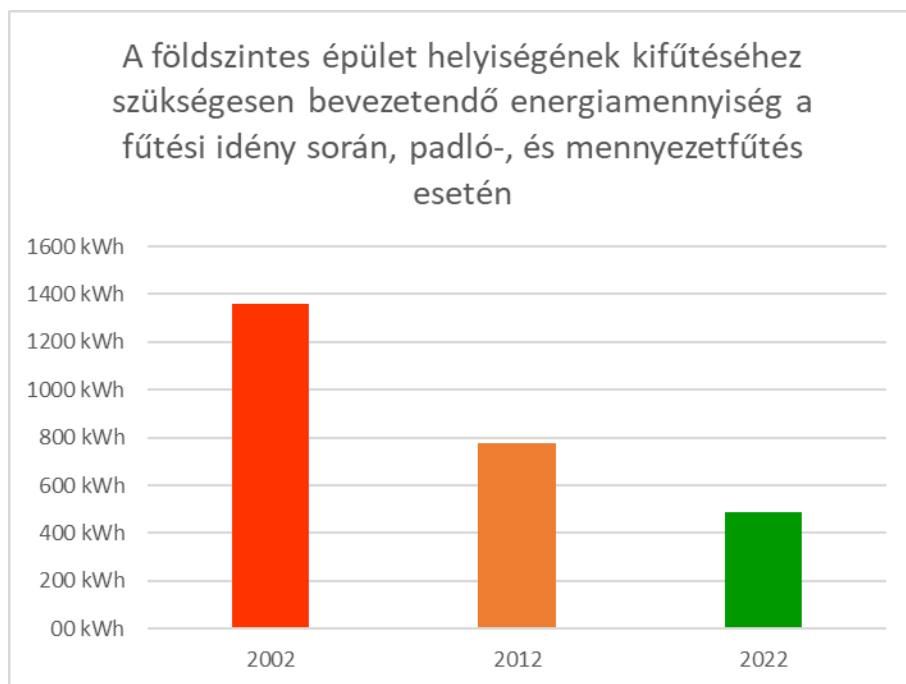
A padló-, és mennyezetfűtés esetén a rendszer hővesztesége az azt alkotó rendszerek hőveszteségeinek összessége. Jelen vizsgált esetekben a helyiség hőveszteséget kétharmad-egyharmad arányban fedezik, melyből a padlófűtés adja le a nagyobb fűtési teljesítményt.



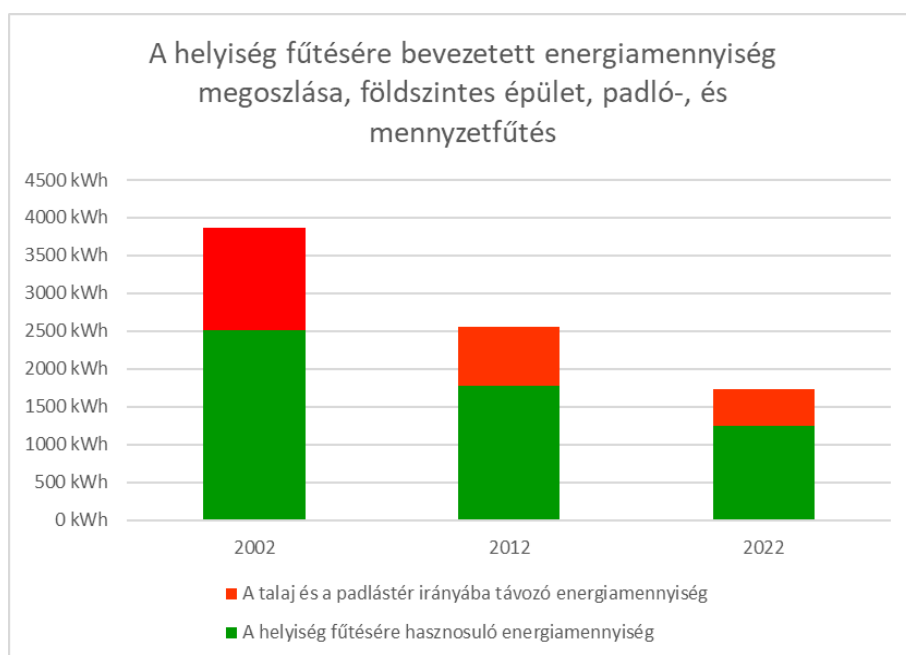
8.2.1 ábra: A padlófűtés által a talaj irányába átadott hőveszteségek alakulása a fűtési idény alatt a földszinti helyiségben, padló-, és mennyezetfűtés alkalmazása mellett



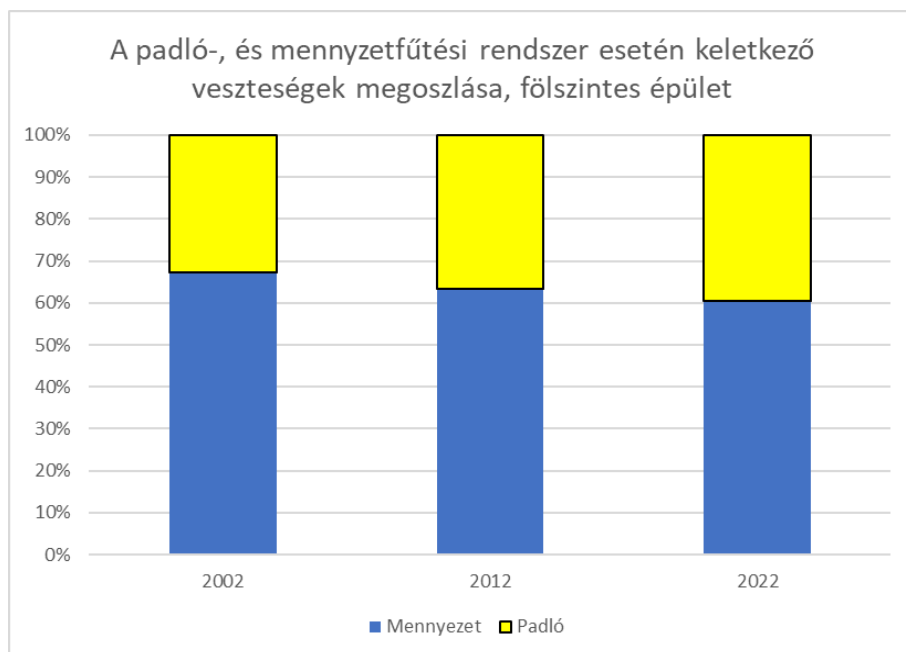
8.2.2 ábra: A mennyezetfűtés által a padlástér irányába átadott hőveszteségek alakulása a fűtési idény alatt a földszinti helyiségben, padló-, és mennyezetfűtés alkalmazása mellett



8.2.3 ábra: A földszintes helyiség kifűtéséhez szükséges bevezetendő energiamennyiség fűtési idény során padló-, és mennyezetfűtés alkalmazásával



8.2.4 ábra: A földszintes épület vizsgált helyiségébe bevezetett energiamennyiség megoszlása 20°C operatív belső hőmérséklet mellett, fűtési idényre vetítve padló-, és mennyezetfűtés esetén



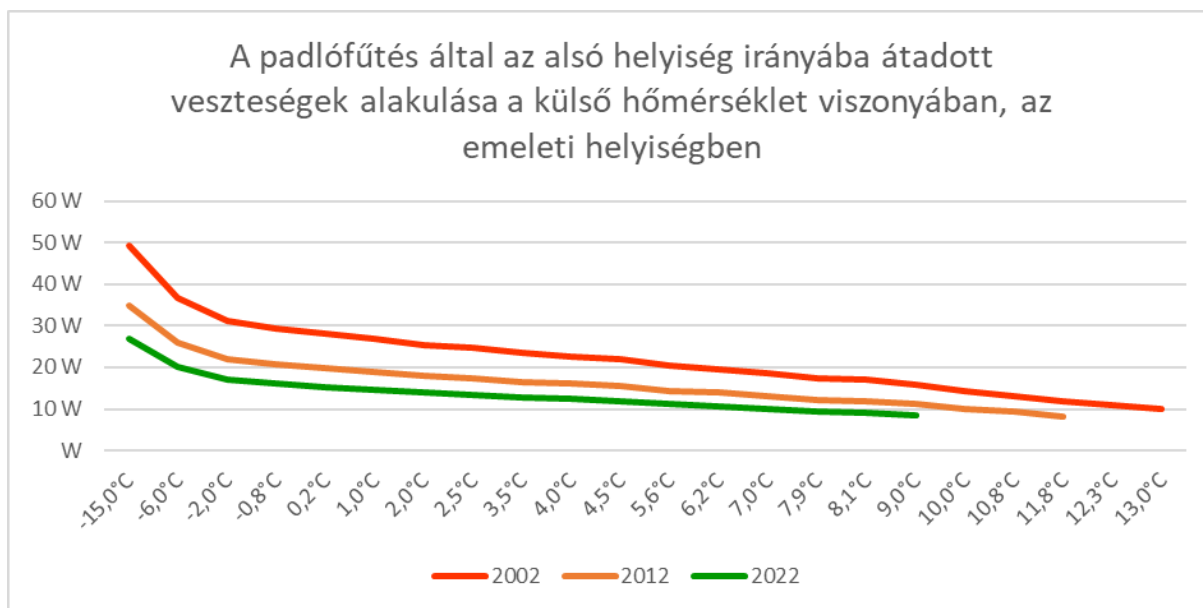
8.2.5 ábra: A földszintes épület helyiségében a rendszerveszteségek eloszlása padló-, és mennyezetfűtés esetén

Padló-, és mennyezetfűtés, földszinti helyiség			
Vizsgált év	Fűtési energiaigény	Össz. bevezetendő	Eltérés (többlet)
2002	2513,57 kWh	3873,41 kWh	+54,1%
2012	1748,08 kWh	2550,12 kWh	+45,9%
2022	1248,09 kWh	1735,95 kWh	+39,1%

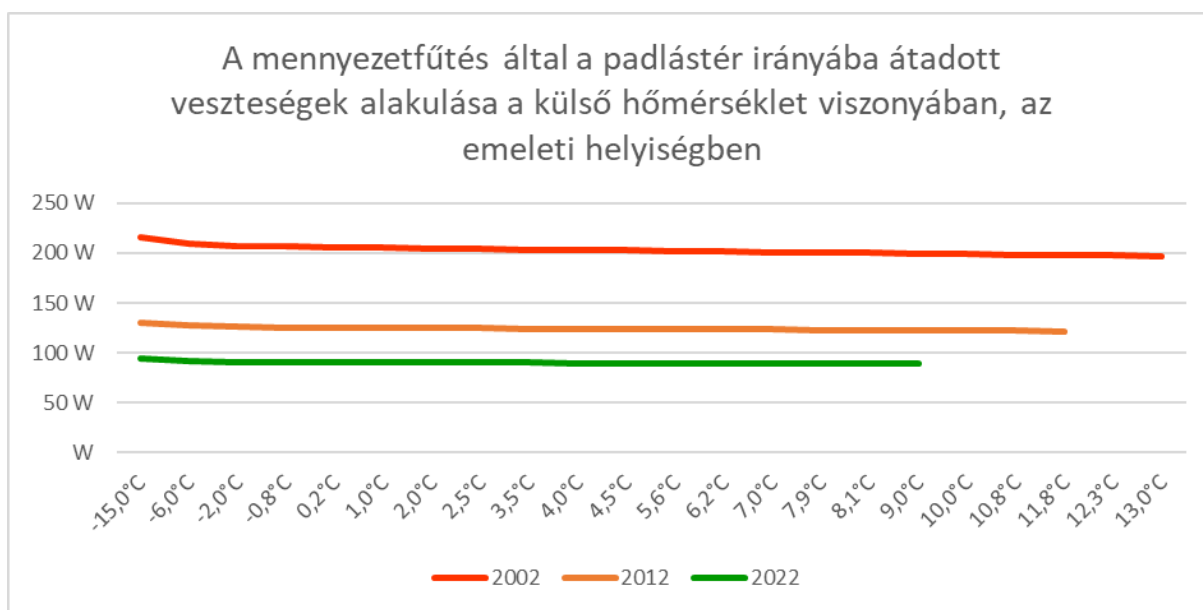
8.2.1 táblázat: A fűtési energiaigény és a bevezetendő energia aránya a földszinti helyiség esetén padló-, és mennyezetfűtés alkalmazásánál

A kapott eredményekből látható, hogy a sugárzó fűtések esetén a fűtőfelület nagysága egyenes arányban van a rendszer veszteségével. Továbbá az is megállapítható, hogy ebben az esetben a mennyezetfűtés felelős a rendszeren keletkező veszteségek nagyobb százalékáért, mivel a padlásfödém túlföldalán alacsonyabb hőmérséklet található, mint a talaj hőmérséklete.

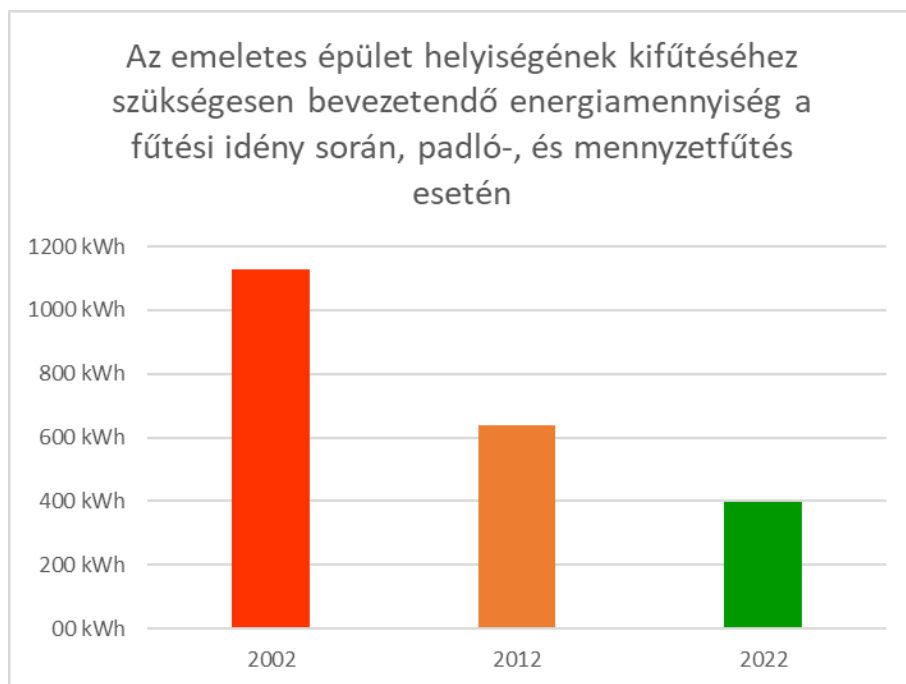
A hőtechnikai követelmények szigorodása mellett a veszteségek százalékos aránya elkezd elmozdulni a padlófűtés irányába, mivel a padlásfödém egyre jelentősebb mértékű hőszigeteléssel van ellátva a veszteségek minimalizálása érdekében.



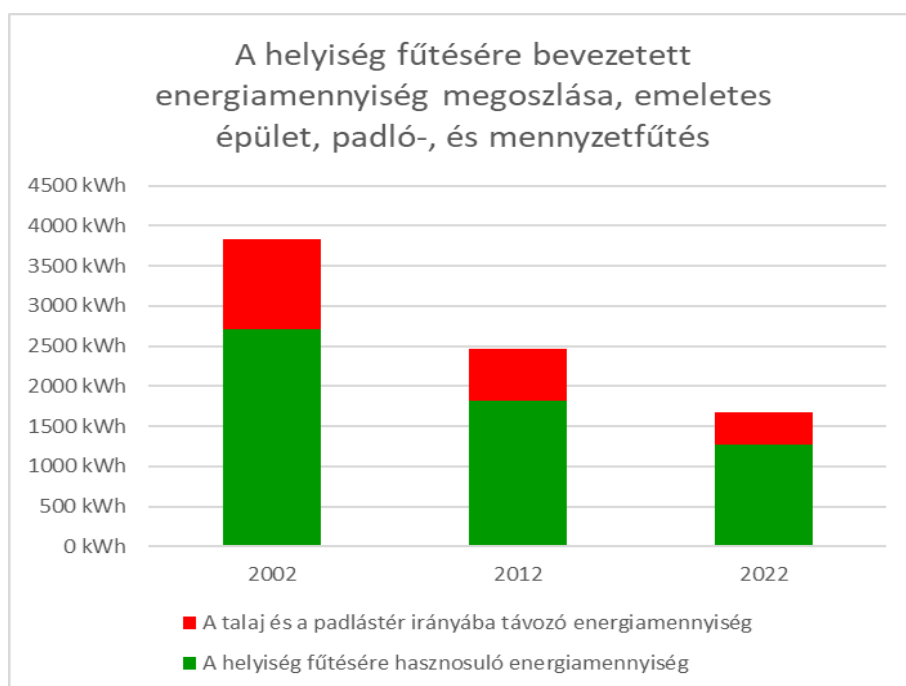
8.2.6 ábra: A padlófűtés által az alsó helyiség irányába átadott hőveszteségek alakulása a fűtési időny alatt az emeleti helyiségben, padló-, és mennyezetfűtés alkalmazása mellett



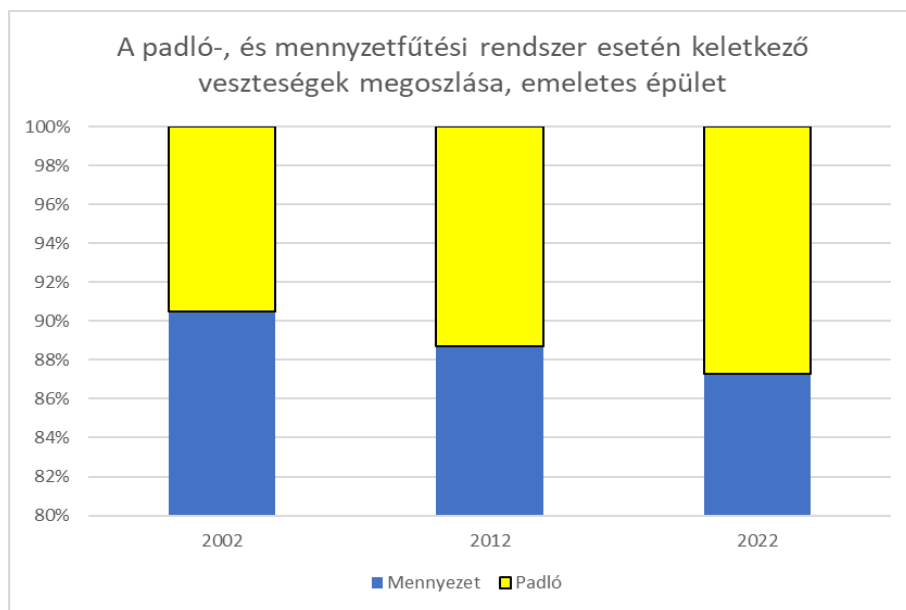
8.2.7 ábra: A mennyezetfűtés által a padlástér irányába átadott hőveszteségek alakulása a fűtési időny alatt az emeleti helyiségben, padló-, és mennyezetfűtés alkalmazása mellett



8.2.8 ábra: Az emeleti helyiség kifűtéséhez szükséges bevezetendő energiamennyiség fűtési idény során padló-, és mennyezetfűtés alkalmazásával



8.2.9 ábra: Az emeletes épület vizsgált helyiségébe bevezetett energiamennyiség megoszlása 20°C operatív belső hőmérséklet mellett, fűtési idényre vetítve padló-, és mennyezetfűtés esetén



8.2.10 ábra: Az emeletes épület helyiségében a rendszerveszteségek eloszlása padló-, és mennyezetfűtés esetén

Padló-, és mennyezet fűtés emeleti helyiség			
Vizsgált év	Fűtési energiaigény	Össz bevezetendő	Eltérés (többlet)
2002	2710,00 kWh	3836,12 kWh	+41,6%
2012	1824,56 kWh	2462,24 kWh	+34,9%
2022	1272,56 kWh	1668,71 kWh	+31,1%

8.2.2 táblázat: A fűtési energiaigény és a bevezetendő energia aránya az emeleti helyiség esetén padló-, és mennyezetfűtés alkalmazásánál

Az emeletes épület esetén a rendszer hőveszteségeinek eloszlása még inkább a mennyezetfűtés irányába tolódik el, mint a földszintes épületnél volt ez tapasztalható. Ennek magyarázata az alatta található, fűtött, magasabb belső hőmérséklettel rendelkező helyiségnek köszönhető nagyrészt, hogy a padlófűtés hővesztesége ezesetben szignifikánsan alacsonyabb, mint a mennyezetben található sugárzó fűtőmezőé. Ez a veszteség szintén felfogható egyfajta relatív veszteségként, mivel az épület egy másik pontján hasznosulhat.

9. A különböző fűtési módok energiaigényeinek összehasonlítása a vizsgált évek szerint

Ahogy az előző két bekezdés adataiból és diagramjaiból látható, a radiátoros fűtésekhöz képest az alacsony hőmérsékletű sugárzó rendszerek esetében az adott helyiségekbe a fűtési idény során több energiát kell bevinni. Ugyanakkor ennek a többletnek a mértéke épülettípusonként és az adott kornak megfelelő hőszigetelést vastagságnak függvényében változhat.

9.1 Földszintes épület helyisége

2002 Földszintes épület			
Fűtési mód	Össz. bevezetendő energia	Különbség a radiátoros fűtési módhoz viszonyítva	A különbség százalékban
Radiátoros	3210,86 kWh	-	-
Padlófűtés	3327,28 kWh	116,42 kWh	+3,63%
Padló-, és mennyzetfűtés	3873,41 kWh	662,54 kWh	+20,63%

9.1.1 táblázat: A 2002-es földszintes épület helyiségének kifűtéséhez szükséges energiamennyiségek a különböző fűtési módok esetén

2012 Földszintes épület			
Fűtési mód	Össz. bevezetendő energia	Különbség a radiátoros fűtési módhoz viszonyítva	A különbség százalékban
Radiátoros	2181,76 kWh	-	-
Padlófűtés	2216,46 kWh	34,69 kWh	+1,59%
Padló-, és mennyzetfűtés	2496,86 kWh	315,09 kWh	+14,44%

9.1.2 táblázat: A 2012-es földszintes épület helyiségének kifűtéséhez szükséges energiamennyiségek a különböző fűtési módok esetén

2022 Földszintes épület			
Fűtési mód	Össz. bevezetendő energia	Különbség a radiátoros fűtési módhoz viszonyítva	A különbség százalékban
Radiátoros	1568,65 kWh	-	-
Padlófűtés	1580,53 kWh	11,88 kWh	+0,76%
Padló-, és mennyzetfűtés	1735,95 kWh	167,30 kWh	+10,67%

9.1.3 táblázat: A 2022-es földszintes épület helyiségének kifűtéséhez szükséges energiamennyiségek a különböző fűtési módok esetén

A fenti táblázatok értékeiből megállapítható, hogy a sugárzó fűtések alkalmazása minden esetben üzemeltetés terén több energiát igényel a radiátorosnál, ugyanakkor az épület korszerűsödésének köszönhetően a többletenergiafelhasználás mértéke is csökken.

9.2 Emeletes épület helyisége

2002 Emeletes épület			
Fűtési mód	Össz. bevezetendő energia	Különbség a radiátoros fűtési módhoz viszonyítva	A különbség százalékban
Radiátoros	3122,63 kWh	-	-
Padlófűtés	3216,20 kWh	93,57 kWh	+3,00%
Padló-, és mennyzetfűtés	3836,12 kWh	713,49 kWh	+22,85%

9.2.1 táblázat: A 2002-es emeletes épület helyiségének kifűtéséhez szükséges energiamennyiségek a különböző fűtési módok esetén

2012 Emeletes épület			
Fűtési mód	Össz. bevezetendő energia	Különbség a radiátoros fűtési módhoz viszonyítva	A különbség százalékban
Radiátoros	2051,47 kWh	-	-
Padlófűtés	2134,79 kWh	83,32 kWh	+4,06%
Padló-, és mennyzetfűtés	2462,24 kWh	410,77 kWh	+20,02%

9.2.2 táblázat: A 2012-es emeletes épület helyiségének kifűtéséhez szükséges energiamennyiségek a különböző fűtési módok esetén

2022 Emeletes épület			
Fűtési mód	Össz. bevezetendő energia	Különbség a radiátoros fűtési módhoz viszonyítva	A különbség százalékban
Radiátoros	1469,34 kWh	-	-
Padlófűtés	1535,36 kWh	66,02 kWh	+4,49%
Padló-, és mennyzetfűtés	1668,71 kWh	199,38 kWh	+13,57%

9.2.3 táblázat: A 2022-es emeletes épület helyiségének kifűtéséhez szükséges energiamennyiségek a különböző fűtési módok esetén

A kapott értékek a földszintes épületnél tapasztaltakkal látszólagosan bizonyos esetekben ellentmondásosan viselkednek, ha a különbség százalékos értelmezését vesszük alapul. Az biztosan kijelenthető ennek a helyiségnek az esetén is, hogy az épület korszerűsödésével az energiafelhasználása csökken, ezzel párhuzamosan a sugárzó fűtési rendszerek veszteségei is. A látszólagos ellentmondás a padlófűtések 10 éves távlatban való elemzésénél kerül előtérbe, ugyanakkor erre a magyarázat egyszerű. Emeleti helyiség révén, az alsó határoló felületen keresztül a radiátoros fűtés esetén csekély hőveszteség keletkezik, a szerkezet két oldalán kialakuló alacsony hőmérsékletkülönbség végett. Azt viszont könnyen be lehet látni, hogy egy működő padlófűtés esetén az emeletközi födém szerkezetében elhelyezett fűtőcsövek hatására a fűtőréteg hőmérséklete jelentősen megemelkedik, ezzel intenzívebbé téve az alsó helyiség felé történő hőátadást.

Ugyan ez a jelenség a padló-, és mennyezetfűtés esetében azért nem áll fenn, mivel az alacsonyabb hőmérsékletű, fűtetlen padlástér felé a mennyezetfűtés jelentősen több veszteséggel rendelkezik, így nagyobb súlya révén a százalékos arány csökkenését eredményezi.

10. A fűtési idényre számított szellőzési hőveszteségek különbsége a radiátoros fűtési módhoz viszonyítva

10.1 Földszintes épület

2002 Földszintes épület			
Fűtési mód	Szellőzési hőveszteség fűtési idény alatt	Különbség a radiátoros fűtési módhoz viszonyítva	Eltérés
Radiátoros	556,45 kWh	-	-
Padlófűtés	541,34 kWh	-15,11 kWh	-2,79%
Padló-, és mennyezetfűtés	546,53 kWh	-9,92 kWh	-1,82%

10.1.1 táblázat: A 2002-es földszintes épület helyiségében jelentkező szellőzési hőveszteség kifűtésére fordítandó energiamennyiségek különbsége a fűtési idényekben

2012 Földszintes épület			
Fűtési mód	Szellőzési hőveszteség fűtési idény alatt	Különbség a radiátoros fűtési módhoz viszonyítva	Eltérés
Radiátoros	532,80 kWh	-	-
Padlófűtés	523,77 kWh	-9,03 kWh	-1,72%
Padló-, és mennyezetfűtés	527,14 kWh	-5,66 kWh	-1,07%

10.1.2 táblázat: A 2012-es földszintes épület helyiségében jelentkező szellőzési hőveszteség kifűtésére fordítandó energiamennyiségek különbsége a fűtési idényekben

2022 Földszintes épület			
Fűtési mód	Szellőzési hőveszteség fűtési idény alatt	Különbség a radiátoros fűtési módhoz viszonyítva	Eltérés
Radiátoros	500,04 kWh	-	-
Padlófűtés	493,36 kWh	-6,68 kWh	-1,35%
Padló-, és mennyezetfűtés	495,60 kWh	-4,44 kWh	-0,90%

10.1.3 táblázat: A 2022-es földszintes épület helyiségében jelentkező szellőzési hőveszteség kifűtésére fordítandó energiamennyiségek különbsége a fűtési idényekben

10.2 Emeletes épület

2002 Emeletes épület			
Fűtési mód	Szellőzési hőveszteség fűtési idény alatt	Különbség a radiátoros fűtési módhoz viszonyítva	Eltérés
Radiátoros	574,60 kWh	-	-
Padlófűtés	558,70 kWh	-15,90 kWh	-2,85%
Padló-, és mennyzetfűtés	564,28 kWh	-10,32 kWh	-1,83%

10.2.1 táblázat: A 2002-es emeletes épület helyiségében jelentkező szellőzési hőveszteség kifűtésére fordítandó energiamennyiségek különbsége a fűtési idényekben

2012 Emeletes épület			
Fűtési mód	Szellőzési hőveszteség fűtési idény alatt	Különbség a radiátoros fűtési módhoz viszonyítva	Eltérés
Radiátoros	544,00 kWh	-	-
Padlófűtés	534,44 kWh	-9,56 kWh	-1,79%
Padló-, és mennyzetfűtés	537,99 kWh	-6,01 kWh	-1,12%

10.2.2 táblázat: A 2012-es emeletes épület helyiségében jelentkező szellőzési hőveszteség kifűtésére fordítandó energiamennyiségek különbsége a fűtési idényekben

2022 Emeletes épület			
Fűtési mód	Szellőzési hőveszteség fűtési idény alatt	Különbség a radiátoros fűtési módhoz viszonyítva	Eltérés
Radiátoros	510,54 kWh	-	-
Padlófűtés	503,63 kWh	-6,91 kWh	-1,37%
Padló-, és mennyzetfűtés	506,15 kWh	-4,39 kWh	-0,87%

10.2.3 táblázat: A 2022-es emeletes épület helyiségében jelentkező szellőzési hőveszteség kifűtésére fordítandó energiamennyiségek különbsége a fűtési idényekben

Az előző táblázatokban felvázolt adatok alapján kijelenthető, hogy minden esetben a radiátoroshoz megoldáshoz képest a sugárzó fűtések alkalmazása esetén a szellőzésen energiamegtakarítás érhető el, ami az épületek korszerűsödésével párhuzamosan csökken a rövidebb fűtési idénynek köszönhetően.

11. A sugárzó fűtések alkalmazása esetén tapasztalt nyereségek és veszteségek összehasonlítása

Ahogy a 9. és 10. pontban bemutatásra került, a padló-, illetve a padló- és mennyezetfűtés alkalmazása esetén a szellőzési hőveszteségen alacsony energiamegtakarítás keletkezik. Ezzel ellentétben a helyiség hőigényének kiszolgálásához szükséges felhasználandó energiában már egy jelentős növekmény tapasztalható a legtöbb esetben a radiátoros fűtési módhoz viszonyítva.

A konkrét különbségeket az alábbi táblázatok számszerűsítik:

2002 Földszintes épület				
Fűtési mód	A radiátoros fűtéshez képes elért energiamegtakarítás a szellőzési hőveszteségen	Rendszerveszteségből eredő többletenergiafelhasználás a radiátoros fűtési módhoz képest	Különbözet	A különbség aránya az energiaigényhez képest
Padlófűtés	15,11 kWh	116,42 kWh	-101,31 kWh	-3,58%
Padló-, és mennyezetfűtés	9,92 kWh	662,54 kWh	-652,62 kWh	-25,96%

11.1 táblázat: A szellőzési hőveszteségen keletkező megtakarítás és a rendszerveszteségek összevetése a 2002-es földszintes családi ház helyiségének sugárzó rendszereinél

2012 Földszintes épület				
Fűtési mód	A radiátoros fűtéshez képes elért energiamegtakarítás a szellőzési hőveszteségen	Rendszerveszteségből eredő többletenergiafelhasználás a radiátoros fűtési módhoz képest	Különbözet	A különbség aránya az energiaigényhez képest
Padlófűtés	9,03 kWh	34,69 kWh	-25,66 kWh	-1,34%
Padló-, és mennyezetfűtés	5,66 kWh	315,09 kWh	-309,43 kWh	-24,79%

11.2 táblázat: A szellőzési hőveszteségen keletkező megtakarítás és a rendszerveszteségek összevetése a 2012-es földszintes családi ház helyiségének sugárzó rendszereinél

2022 Földszintes épület				
Fűtési mód	A radiátoros fűtéshez képes elért energiamegtakarítás a szellőzési hőveszteségen	Rendszerveszteségből eredő többletenergiafelhasználás a radiátoros fűtési módhoz képest	Különbözet	A különbség aránya az energiaigényhez képest
Padlófűtés	6,68 kWh	11,88 kWh	-5,20 kWh	-0,38%
Padló-, és mennyezetfűtés	4,44 kWh	167,30 kWh	-162,86 kWh	-13,05%

11.3 táblázat: A szellőzési hőveszteségen keletkező megtakarítás és a rendszerveszteségek összevetése a 2022-es földszintes családi ház helyiségének sugárzó rendszereinél

2002 Emeletes épület				
Fűtési mód	A radiátoros fűtéshez képes elért enegiamegtakarítás a szellőzési hőveszteségen	Rendszerveszteségből eredő többletenergiafelhasználás a radiátoros fűtési módhoz képest	Különbözet	A különbszet aránya az energiaigényhez képest
Padlófűtés	15,90 kWh	93,57 kWh	-77,66 kWh	-2,56%
Padló-, és mennyezetfűtés	10,32 kWh	713,49 kWh	-703,17 kWh	-25,95%

11.4 táblázat: A szellőzési hőveszteségen keletkező megtakarítás és a rendszerveszteségek összevetése a 2002-es emeletes családi ház helyiségének sugárzó rendszereinél

2012 Emeletes épület				
Fűtési mód	A radiátoros fűtéshez képes elért enegiamegtakarítás a szellőzési hőveszteségen	Rendszerveszteségből eredő többletenergiafelhasználás a radiátoros fűtési módhoz képest	Különbözet	A különbszet aránya az energiaigényhez képest
Padlófűtés	9,56 kWh	83,32 kWh	-73,76 kWh	-3,66%
Padló-, és mennyezetfűtés	6,01 kWh	410,77 kWh	-404,76 kWh	-22,18%

11.5 táblázat: A szellőzési hőveszteségen keletkező megtakarítás és a rendszerveszteségek összevetése a 2012-es emeletes családi ház helyiségének sugárzó rendszereinél

2022 Emeltes épület				
Fűtési mód	A radiátoros fűtéshez képes elért enegiamegtakarítás a szellőzési hőveszteségen	Rendszerveszteségből eredő többletenergiafelhasználás a radiátoros fűtési módhoz képest	Különbözet	A különbszet aránya az energiaigényhez képest
Padlófűtés	6,91 kWh	66,02 kWh	-59,11 kWh	-4,08%
Padló-, és mennyezetfűtés	4,39 kWh	199,38 kWh	-194,99 kWh	-15,32%

11.6 táblázat: A szellőzési hőveszteségen keletkező megtakarítás és a rendszerveszteségek összevetése a 2022-es emeletes családi ház helyiségének sugárzó rendszereinél

12. Összegzés

Ahogy a 11. bekezdés hat bemutatott táblázatának legutolsó oszlopaiban látható, mindkét vizsgált helyiség esetén a sugárzó fűtések alkalmazásával járó megnövekedett bemenő energiaigényből adódó többlet magasabb, mint az alkalmazásukkal elérhető megtakarítás az alacsonyabb levegőhőmérséklet tartásából származó szellőzési hőveszteségen való megtakarítás. Ugyan vannak olyan esetek, amelyeknél az eltérés negatív előjelű, de a mértékéből fakadóan az üzemeltetési gyakorlatban egy fűtési idényre vetítve jelentéktelennek tekinthető.

Pusztán a számszaki kérdést szem előtt tartva így azt az eredményt tapasztalhatjuk, hogy az azonos belső operatív hőmérséklet tartásához a radiátoros megoldás a legmegfelelőbb, ha csak és kizárólag az energiamérleget vizsgáljuk. Amennyiben a nyers szám adatok gyakorlati jelentőségét is figyelembe vesszük, abban az esetben az is kiderül, hogy a földszintes családi

ház esetében a 2012-es és 2022-es állapotban a padlófűtés alkalmazása is egy jó megoldás, ha a minél alacsonyabb fűtési energiafelhasználás elérése a cél.

Az viszont tagadhatatlanul látszik a kapott eredményekből, hogy az Európai Unió és globális energetikai korszerűsítésre való törekvések, ezzel együtt a KNE épületekre való szabályozások jelentős fűtési energiafelhasználásban való megtakarítást eredményeztek a vizsgált 20 éves távlatot tekintve.

A jelen kutatásban felvonultatott eredmények bizonyos korlátok mellett érvényesek, egy kivitelezés során a helytelenül, vagy kevésbé optimálisan kialakított rendszerek (pl: alacsonyabb minőségű, mennyiségű hőszigetelés) lényegesen nagyobb veszteségekkel rendelkezhetnek.

Az előző TDK munkám végére a padlófűtés alkalmazásának előnyös mivolta került eredményképpen, a mostani vizsgálat szemszöge a nyers szám adatok alapján a radiátoros fűtés alkalmazásának energetikai előnyeire hívja fel a figyelmet.

Ahhoz, hogy végleges és valós érvényű következtetéseket lehessen levonni, hogy egy adott épületbe milyen fűtési rendszer telepítése célszerű, ahhoz a jelenleg rendelkezésre álló adatok nem feltétlenül elégségesek. Fontos tényező a felhasználó, és az üzemeltetési stratégia, Egy, az optimális belső környezet minőségének fenntartására, és alacsony energiafelhasználásra optimalizált rendszer tervezésénél további jelentős befolyásoló tényező a beruházó igénye, illetve az aktuális globális és környező energiapiaci helyzet. Ez utóbbiak az üzemeltetés során felhasznált villamos áram és a hőtermelő oldalon a hőenergia előállítása során felhasznált technológia és az alkalmazott energiahordozó figyelembevételével alakítható ki az objektív kép.

Köszönetnyilvánítás

A TKP2021-NKTA-34 számú projekt az Innovációs és Technológiai Minisztérium Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, a TKP2021-NKTA pályázati program finanszírozásában valósult meg.

Felhasznált szakirodalom

- [1] Regulation (EU) 2021/1119 of the European Parliament and of the Council of 30 June 2021 establishing the framework for achieving climate neutrality and amending Regulations (EC) No 401/2009 and (EU) 2018/1999 ('European Climate Law') 2. cikk, 1. bekezdés
- [2] Kurnitski J, Technical definition for nearly zero energy buildings, REHVA Journal – May, 2013.
- [3] Annunziata E, Frey M, Rizzi F, Towards nearly zero-energy buildings: The state-of-art of national regulations in Europe, Energy, 57, 2013, 125-133.
- [4] Tsemekidi Tzeiranak, S., Bertoldi, P., Paci, D., Castellazzi, L., Ribeiro Serrenho, T., Economidou, M. and Zangheri, P., Energy Consumption and Energy Efficiency trends in the EU-28, 2000-2018, EUR 30328 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2020, ISBN 978-92-76-21074-0, doi:10.2760/847849, JRC120681.
- [5] 7/2006 TNM rendelet az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról (2006.05.29-2023.10.31)
- [6] Zangheri, P., Castellazzi, L., D'agostino, D., Economidou, M., Ruggieri, G., Tsemekidi-Tzeiranaki, S., Maduta, C. and Bertoldi, P., Progress of the Member States in implementing the Energy Performance of Building Directive, EUR 30469 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2021, ISBN 978-92-76-25200-9, doi:10.2760/914310, JRC122347.
- [7] Feyen, L., Ciscar Martinez, J., Gosling, S., Ibarreta Ruiz, D., Soria Ramirez, A., Dosio, A., Naumann, G., Russo, S., Formetta, G., Forzieri, G., Girardello, M., Spinoni, J., Mentaschi, L., Bisselink, B., Bernhard, J., Gelati, E., Adamovic, M., Guenther, S., De Roo, A., Cammalleri, C., Dottori, F., Bianchi, A., Alfieri, L., Voudoukas, M., Mongelli, I., Hinkel, J., Ward, P., Gomes Da Costa, H., De Rigo, D., Liberta', G., Durrant, T., San-Miguel-Ayanz, J., Barredo Cano, J., Mauri, A., Caudullo, G., Ceccherini, G., Beck, P., Cescatti, A., Hristov, J., Toreti, A., Perez Dominguez, I., Dentener, F., Fellmann, T., Elleby, C., Ceglar, A., Fumagalli, D., Niemeyer, S., Cerrani, I., Panarello, L., Bratu, M., Després, J., Szewczyk, W., Matei, N., Mulholland, E. and Olariaga-Guardiola, M., Climate change impacts and adaptation in Europe, EUR 30180 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2020, ISBN 978-92-76-18123-1, doi:10.2760/171121, JRC119178.
- [8] Dalia Streimikiene, Indre Siksnyte-Butkiene, Vidas Lekavicius, Energy Diversification and Security in the EU: Comparative Assessment in Different EU Regions 2023, 11030083
- [9] Rhee KN, Kim KW, A 50 year review of basic and applied research in radiant heating and cooling systems for the built environment, Building and Environment 91 (2015) 166-190.
- [10] Oravec J, Sikula S, Krajčík M, Arıcı M, Mohapl M, A comparative study on the applicability of six radiant floor, wall, and ceiling heating systems based on thermal performance analysis, Journal of Building Engineering 36 (2021) 102133.
- [12] Bojic M, Cvetkovic D, Marjanovic V, Blagojevic M, Djordjevic Z, Performances of low temperature radiant heating systems, Energy and Buildings 61 (2013) 233–238.
- [13] Szodrai, F., Lakatos, Á.: Measurements of the thermal conductivities of some commonly used insulating materials after wetting. Environ. Eng. Manag. J. 13 (11), 2881-2886, 2014.
- [14] Lakatos, Á., Deák, I., Berardi, U.: Thermal characterization of different graphite polystyrene. Int. Rev. Appl. Sci. Eng. 9 (2), 163-168, 2018.
- [15] Lakatos, Á.: Thermal Conductivity of Insulations Approached from a New Aspect. J. Therm. Anal. Calorim. 133 (1), 329-335, 2018.

- [16] Lakatos Á, Investigation of the moisture induced degradation of the thermal properties of aerogel blankets: Measurements, calculations, simulations, *Energy and Buildings* 139, 2017, 506–516.
- [17] Lakatos Á, Csík A, Csarnovics I, Experimental verification of thermal properties of the aerogel blanket, *Case Studies in Thermal Engineering* 25, 2021, 100966.
- [18] Lakatos Á, Stability investigations of the thermal insulating performance of aerogel blanket, *Energy and Buildings*, 185, 2019, 103–111. [17] Lakatos Á, Investigation of the thermal insulation performance of fibrous aerogel samples under various hygrothermal environment: Laboratory tests completed with calculations and theory, *Energy and Buildings* 214, 2020, 109902.
- [19] Lakatos Á, Kovács Zs, Comparison of thermal insulation performance of vacuum insulation panels with EPS protection layers measured with different methods, *Energy & Buildings* 236, 2021, 110771.
- [20] L. Szabó G, Exergetic optimization of absorption chillers – A case study, *Case Studies in Thermal Engineering* 28, 2021, 101634.
- [21] L. Szabó G, Energetic and exergetic study of a potential interconnection of a natural gas engine, heat pumps with a thermal and a mechanical compressor, *Thermal Science and Engineering Progress* 36, 2022, 101525.
- [22] Csáky I, Kalmár T, Kalmár F, Operation Testing of an Advanced Personalized Ventilation System, *Energies* 2019, 12(9), 1596.
- [23] Szekeres Sz, Kostyák A, Szodrai F, Csáky I, Investigation of Ventilation Systems to Improve Air Quality in the Occupied Zone in Office Buildings, *Buildings*, 2022, 12(4), 493.
- [24] Csáky I, Air Terminal Devices Developed for Personal Ventilation Systems, *Energies* 2020, 13(7), 1688.
- [25] Kostyák A, Szekeres Sz, Csáky I, Investigation of Sensible Cooling Performance in the Case of an Air Handling Unit System with Indirect Evaporative Cooling: Indirect Evaporative Cooling Effects for the Additional Cooling System of Buildings, *Buildings* 2023, 13(7), 1800.
- [26] Kalmár T., Bodó B., Kalmár F., Heat losses of low-temperature radiant heating systems. *Energy Reports* 10, 1982-1995, 2023
- [27] 9/2023 (V.25.) ÉKM rendelet 1. függelék 32-33