

Debreceni Egyetem
Műszaki Kar
Épületgépészeti és Létesítménymérnöki
Tanszék



Különböző komfortkategóriájú irodaépületek energetikai vizsgálata

Tudományos diákköri dolgozat

Készítette:

Vigh Ádám

II. évfolyamos létesítménymérnök hallgató

Témavezető:

Dr. Kalmár Ferenc Ph.D.

tanszékvezető, főiskolai tanár

DE MK Épületgépészeti és Létesítménymérnöki Tanszék

Lezárva: 2013.11.15.

Debrecen
2013.

TARTALOMJEGYZÉK:

1.0	BEVEZETÉS	3.
1.1	A dolgozat célja	4.
2.0	ENERGETIKAI SZABÁLYOZÁS	5.
2.1	Az EPBD főbb pontjai	5.
2.2	Jelenleg érvényben lévő szabályozás	6.
2.2.1	A hőátbocsátási tényezőkre vonatkozó követelmények	7.
2.3	Tervezett követelményszintek	8.
2.4	Közel nulla energiaigényű épületek követelményrendszere	10.
2.4.1	A közel nulla energiaigényű épület értelmezése	10.
2.4.2	A közel nulla energiafogyasztás értelmezése	12.
2.4.3	Követelményértékek hőátbocsátási tényezőkre	13.
3.0	A BELSŐ KÖRNYEZET KRITÉRIUMAI	14.
3.1	Vonatkozó szabványok	14.
3.1.1	Az MSZ CR 1752:2000 szabvány előírásai	14.
3.1.2	Az MSZ EN ISO 7730:1998 szabvány előírásai	16.
3.1.3	Az MSZ EN 15251:2007 előírásai	18.
4.0	ENERGETIKAI VIZSGÁLAT	20.
4.1	A vizsgált épület általános ismertetése	21.
4.1.1	Határoló szerkezetek	22.
4.2	Energetikai felújítás	24.
4.3	Hőszükségletek számítása	25.
4.3.	A hőleadók kiválasztása	26.
4.4	A belső környezet paramétereinek vizsgálata	27.
4.4.1	Operatív hőmérsékletek	28.
4.4.1.1	Besugárzási tényezők	29.
4.4.1.2	Lehülő felületek és hőmérsékleteik	30.
4.4.1.3	Az operatív hőmérsékletek alakulása a fűtési idényben	31.
4.5	A helyiségek komfortkategóriába sorolása	35.
4.6	A szükséges fűtési energiaigény számítása	36.
4.6.1	A hőtároló tömeg	36.
4.6.2	A direkt sugárzási nyereségek	37.
4.6.3	Az egyensúlyi hőmérséklet különbség	38.

4.6.4	A fűtési határhőmérsékletek a helyiségekben	38.
4.6.5	A fűtési hőfokhidak meghatározása	39.
4.6.6	A fűtési energiaigény számítása	42.
4.7	Az "A" komfortkategóriához szükséges energia	44.
5.0	ÖSSZEFOGLALÁS	50.
6.0	SUMMARY	51.
7.0	JÖVŐBENI KUTATÁSOK	52.
8.0	KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	53.
9.0	HIVATKOZÁSOK	54.
	JELÖLÉSEK JEGYZÉKE	56.

1.0 BEVEZETÉS

Magyarország a 2004-es Európai Unióhoz való csatlakozásakor vállalta, hogy a közösség irányelveit követve az Épületenergetikában is bevezesse az Unióban érvényes követelményeknek megfelelő szabályozást. Magyarországon tehát most már kizárólag - ahogyan az építőipar minden területén - a CEN (Európai Szabványügyi Bizottság) által kiadott szabványsorozatok van érvényben. Az Európai Unióban mindenütt ezeket a szabványokat használják, így elvárható, hogy hazánkban is hasonlóan alacsony energiafogyasztású létesítmények épüljenek, mint szerte Európában. Így olyan új energetikai számítási módszerek jöttek létre, amik jelentősen eltérnek a régi MSZ 04-140-2 szabvány előírásaitól.

Az építőipari tevékenység célja különböző rendeltetésű épületek létrehozása, az épületekben a rendeltetésnek megfelelő terek kialakítása, illetve az épületek illesztése a természetes vagy az épített környezetbe. A létrehozott épületben a határoló szerkezetek által körülhatárolt tér biztosítja az emberek számára a munkájukkal kapcsolatos tevékenységek elvégzéséhez szükséges feltételeket, de az épület rendeltetésétől függően a térnek biztosítania kell a pihenéshez, alváshoz és szórakozáshoz szükséges körülményeket is. A belső terek kialakításának elsődleges célja tehát az ember életfunkcióival kapcsolatos objektív vagy szubjektív igényeinek kielégítése. [2.]

A pusztán biológiai igényeken túlmenően, az élet minőségének, a kényelemérzet javításának érdekében, az épített terekben – legalábbis az év egy jelentős részében – olyan állapotokat kell fenntartanunk, amelyek a külső környezettől különböznek. Ez csak úgy lehetséges, ha egyrészt az épületben energiát használunk fel, másrészt építészeti-épületszerkezeti eszközökkel célszerű módon befolyásoljuk az épületen belüli, valamint az épület és a környezet közötti energiaáramokat. [1.]

A világ energiafogyasztása rohamosan nő, míg a rendelkezésre álló fosszilis energiahordozó készletek kifogyóban vannak. A szakmában nagy az egyetértés azzal kapcsolatban, hogy az épületszektor energiahatékonyságának javítása a klímavédelem egyik legkívánatosabb eszköze. Ugyanis a globális energiafelhasználásunk több mint 40%-át az épületek teszik ki. Ha az épületek energiaigénye csökken, akkor annak hatása van a széndioxid-kibocsátásra, az energiaellátás biztonságára, az emberek komfortérzetére. További előny középületek esetén a közpénzek megfelelő hasznosulása. Továbbá olyan járulékos

hasznokkal jár, mint a munkahelyteremtés és az energiatudatosság növekedése. Az EU épületenergetikai direktíváinak célja, ennek a folyamatoknak az elősegítése.

Magyarországon az épületállomány nagyságrendileg 4 milliót számlál, míg lakásokból évente körülbelül 10-20 ezer lakás épül. Az épületek többségét gyenge energetikai paraméterek és pazarló energiaszükséglet jellemzi. Éppen ezért az energiahatékony, minőségi és tényleges megtakarítást hozó felújítások ösztönzése a célja az EU tagállamok vezetésének. [5.]

1.1 A dolgozat célja

Jelen dolgozat keretein belül a célom volt meghatározni azt, hogy az egyes szabványban rögzített, zárt terekre vonatkozó komfortkategóriák elérése érdekében mennyi fűtési energiát kell bevinni egy adott épület fűtési rendszerébe. Továbbá számításokkal és vizsgálatokkal rámutatni arra, hogy egy érvényben lévő szabályozás szerinti felújítás után, illetve egy a 2010-es Uniós direktíva szerinti tervezett követelmények alapján történő felújítás során mennyi energiába fog kerülni a komfortfokozat fenntartása. Továbbá a célok között szerepel az, hogy különböző energetikai követelményrendszerek alapján vizsgáljam az épület hőveszteségeit, illetve energia szükségleteit, feltárva azt, hogy az egyes szabályozások szerinti felújítások milyen mértékben csökkentik egy rossz hőtechnikai jellemzőkkel bíró épület energiaigényét. A dolgozatban vizsgálat tárgyát képezi az is, hogy egyes helyiségek helyzete az épületen belül milyen hatással van a hőveszteségekre, ezáltal a szükséges fűtési energiaigényre.

2.0 ENERGETIKAI SZABÁLYOZÁS

A **2002/91/EK** számú Épületenergetikai direktíva (Energy Performance of Building Directive - EPBD) 2003. január 4-én jelent meg az Európai Közösség Hivatalos Lapjában, hatályba lépése is ezen a napon történt. A direktíva szerint a tagállamoknak 2006. január 4-ig létre kell hozniuk azokat a rendeleteket, törvényeket, amelyek biztosítják, hogy az ismertetett célkitűzések megvalósuljanak. [1.]

A direktívával kapcsolatban a legmagasabb szintű hazai szabályozás a rendeletek. Hazánkban a 2006. május 24-én megjelent **7/2006 (V.24.) TNM rendelet** fekteti le azokat a követelményeket, melyekkel igyekeznek biztosítani direktíva célkitűzéseinek megvalósulását, továbbá részletezi az energetikai számítási módszereket. Az EPBD nyomán, Magyarországon még a következő kormányrendeletek születtek meg:

- 176/2008. (VI. 30.) Korm. rendelet az épületek energetikai jellemzőinek tanúsításáról
- 264/2008. (XI. 6.) Korm. rendelet a hőtermelő berendezések és légkondicionáló rendszerek energetikai felülvizsgálatáról

2.1 Az EPBD főbb pontjai

Az irányelv keretrendeletnek tekintendő abban az értelemben, hogy a számítási és vizsgálati módszerek részletes előírását, a tervezési adatok, a követelményértékek és a minőségi osztályok határértékeinek meghatározását minden tagországnak magának kell elvégeznie az éghajlati adottságok, az építőipari feltételek, az energiahordozók struktúrájának figyelembevételével. Az irányelv főbb pontjai a következők:

- Az új épületek energiafogyasztását az észszerűség határain belül korlátozni kell.
- Az energiafogyasztást primer energiában kell kifejezni, értékének meghatározása során az épület rendeltetésszerű használatához szükséges valamennyi rendszert (fűtés, hűtés, szellőztetés, világítás, melegvízellátás) figyelembe kell venni.
- Meglévő, 1000 m²-nél nagyobb nettó fűtött alapterületű épületek lényeges felújítása esetén ugyanazokat a követelményeket kell alkalmazni, mint az új épületek esetében.
- Az 1000 m²-nél nagyobb nettó fűtött alapterületű új épületek esetében meg kell vizsgálni az alternatív energiaellátás célszerűségét.

- Valamennyi új épületet használatbavételekor, valamennyi meglévő épületet tulajdonjogának változásakor energetikai minőségtanúsítvánnyal kell ellátni, amelynek érvényességi időtartama tíz év.
- Az 1000 m²-nél nagyobb nettó fűtött alapterületű, nagy közönségforgalmú középületekben ezt a tanúsítványt közszemlére kell tenni.
- A minőségtanúsítást végző szakemberek tevékenységét és a tevékenységre vonatkozó jogosítvány megszerzésének feltételeit szabályozni kell.

Az új szabályozással kapcsolatban a tagországoknak kötelező az, hogy:

- a követelményérték az épület valamennyi épületgépészeti és világítási rendszerének összesített energiafogyasztására vonatkozik,
- az összesített energiafogyasztást primer energiában kell kifejezni,
- 1000 m² hasznos alapterületet meghaladó épületek lényeges felújítása esetén a felújított épületre ugyanazokat a követelményeket kell alkalmazni, mint az új épületek esetében. [1.]

2.2 Jelenleg érvényben lévő szabályozás

Az épületenergetikai követelmények tekintetében a **7/2006 (V.24.) TNM rendelet** van jelenleg hatályban. Az irányelv alapján létrehozott **2010/31/EU rendelet** előírja a tagországoknak, hogy az energetikai szabályozásra vonatkozó rendeleteket, legalább 5 évente vizsgálják felül. [7.] Hazánkban ez a **40/2012 BM rendeletben** testesült meg, ami a hatályban lévő TNM rendelet módosításáról szól. Ez a rendelet nem módosította az energetikai követelményeket, csak a belső tér komfortjára és egyes épületgépészeti rendszerekre vonatkozóan adott meg új követelményeket. A követelményekkel kapcsolatban a rendelet hatálya kiterjed:

- Valamennyi huzamosan használt épületre
- Huzamosan használt épületekre, melyek fűtött alapterülete 1000 m²-nél nagyobb és lényeges felújításra kerül. [19.]

Ezzel kapcsolatban egy fontos fogalom magyarázatra szorul, ami nem más, mint a "lényeges felújítás".

A **lényeges felújítás** ismérve: az épület külső határolásának és gépészeti rendszereinek felújítására fordított összeg meghaladja az épület – telekár nélkül számított – értékének 25%-át vagy a felújítása határolás felületének legalább 25%-át érinti. [1.]

Azokat a kivételeket, melyekre a rendelet hatálya nem terjed ki, maga a rendelet 1.§. 2. pontjában találhatjuk meg. A kivételek a következők:

- az 50 m^2 -nél kevesebb hasznos alapterületű, illetve évente 4 hónapnál rövidebb használatra szánt épületre,
- a felvonulási épületre, a legfeljebb 2 évi használatra tervezett épületre,
- hitéleti célra használt épületre,
- műemlék, illetve a helyi védelem alatt álló építményre
- az ipari épületre, ha a technológiából származó belső hőnyereség a rendeltetésszerű használat időtartama alatt nagyobb, mint 20 W/m^2 , vagy a fűtési idényben több mint 20 szoros légcserre szükséges, illetve alakul ki,
- a sátorszerkezetre,
- a sajátos építményfajtákra. [19.]

2.2.1 A hőátbocsátási tényezőkre vonatkozó követelmények

A 2006-os követelményszint (**2.1 táblázat**) legtöbb értékét az akkori technikai és pénz-ügyi lehetőségeknek megfelelően határozták meg. Kivételt képez a homlokzati falakra előírt követelményérték ($U = 0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$), amely lényegileg a vázkerámia falazóelemek gyártóinak érdekeit tükrözte. Ennek alapján ugyanis lehetőség volt a kétoldalt normál (mész-cement kötésű) vakolatokkal ellátott, 30 cm nyersvastagságú vázkerámia falazatok alkalmazására, amely sorozatos épületkárosodásokhoz (főként penészkárokhöz) vezetett a falszerkezetbe beépített vasbeton szerkezetek (pillérek, áthidalók, koszorúk) elégtelen hőszigetelése miatt. [3.]

A követelményérték a rétegtervi hőátbocsátási tényezőre vonatkoznak, amely a maximális értéke az adott épülethatároló szerkezet *átlagos* hőátbocsátási tényezőjének, ezt tehát úgy kell értelmezni, hogy a szerkezet, vagy annak egy része több anyagból összetett vagyis több különböző hővezetési tényezőjű rétegből áll. A hőszigetelő rétegre történő rávakolásból adódó nedvességhatásokat, illetve a mechanikai rögzítő elemek miatt, ha pontszerű hőhidak alakulnak ki, akkor ennek a hatását is figyelembe kell venni. Ezeket a

hatásokat tapasztalati összefüggések alapján létrehozott korrekciós tényezőkkel tudjuk figyelembe venni.

A **2.1 Táblázat** a teljesség igénye nélkül tartalmazza a **7/2006 (V.24.) TNM rendeletben** rögzített rétegtervi hőátbocsátási tényezőkre vonatkozó követelményértékeket.

2.1 Táblázat: A hőátbocsátási tényező követelmény értékei

Épülethatároló szerkezet	Hőátbocsátási tényező követelmény értéke U [W/m ² K]
Külső fal	0,45
Lapostető	0,25
Padlásfödém	0,30
Alsó zárófödém árkád felett	0,25
Alsó zárófödém fűtetlen pince felett	0,50
Homlokzati üvegezett nyílászáró (Fa vagy PVC keretszerkezettel)	1,60
Homlokzati üvegezett nyílászáró (fém keretszerkezettel)	2,00
Homlokzati üvegfal	1,50
Tetőszík ablak	1,70
Fűtött és fűtetlen terek közötti fal	0,50
Szomszédos fűtött terek közötti fal	1,50
Talajra fektetett padló	0,50

Forrás: [19.]

2.3 Tervezett követelményszintek

Az Európai Parlament és Tanács már 2008-ban átfogó energiacsomagra tett javaslatot, amelyben az energiafogyasztás és az üvegházhatású gázkibocsátás 20–20%-os csökkentése, továbbá a megújuló energiaforrások alkalmazásának 2020-ig történő növelése szerepelt. Ezeket a célkitűzéseket az éghajlatváltozással kapcsolatban felmerült, egyre több tudományos bizonyíték, a magas energiaárak és az importált energiától való fokozódó függőség, továbbá ennek lehetséges geopolitikai következményei alapján fogadták el. Az energiafogyasztás csökkentése egyértelműen jelentős szerepet játszhat az említett célkitűzések megvalósításában. Az építőipari ágazat számos költséghatékony intézkedési lehetőséget tartogat, egyúttal pedig hozzájárul az európai uniós polgárok jólétéhez. [3.]

A már említett **2010/31/EU irányelv** előírja a tagállamoknak, hogy legkésőbb 2020. december 31-ig minden új épület, beleértve a családi házakat is, közel nulla energiafogyasztású épület legyen. A 2018. december 31. után épült középületek vagy hatóság által használt vagy tulajdonukban lévő új épületekre már szintén ez a követelmény fog vonatkozni.

Ugyanez vonatkozik a meglévő épületekre is, amennyiben ez műszaki, funkcionális és gazdasági szempontból megvalósítható. Ennek előkészítésére, időközi célnak a 2015 évet jelölték meg.

A Magyar Mérnöki Kamara kezdte meg a szabályozás korszerűsítését. A megbízott szakértőkből álló bizottság egyik első lépése a háromszintű követelményrendszer „alsó” szintjének kidolgozása volt, amely az épületeket határoló szerkezetek hőátbocsátási tényezőinek követelményértékeit tartalmazza 2012, 2015 és 2019 évi hatályba lépéssel. Ezt követte a fajlagos hőveszteségtényező és az átlagos hőátbocsátási tényező 2012. évi követelményszintjének kidolgozása. [3.] A 2.2 Táblázat tartalmazza a háromszintű követelményrendszer hőátbocsátási tényezőkre vonatkozó követelményértékeit. [3.]

2.2 Táblázat: Hőátbocsátási tényezőkre vonatkozó tervezett követelményértékek

Épülethatároló szerkezetek		A hőátbocsátási tényező követelményértéke U [W/m^2K]		
		2012	2015	2019
1	Homlokzati fal	0,30	0,24	0,20
2	Lapostető	0,20	0,17	0,14
4	Fűtött tetőteret határoló szerkezetek	0,20	0,17	0,14
3	Padlás és búvótér alatti födém	0,20	0,17	0,14
5	Árkád és áthajtó feletti födém	0,20	0,17	0,14
6	Alsó zárófödém fűtetlen terek felett	0,30	0,26	0,22
7	Üvegezés	1,10	1,00	0,80
8	Fa vagy PVC keretszerkezetű homlokzati üvegezett	1,30	1,15	1,00
9	Fém keretszerkezetű homlokzati üvegezett nyílászáró	1,50	1,40	1,30
10	Tetősík ablak	1,40	1,25	1,10
11	Homlokzati, vagy fűtött és fűtetlen terek közötti ajtó	1,60	1,45	1,30
12	Fűtött és fűtetlen terek közötti fal	0,30	0,26	0,22
13	Szomszédos fűtött épületek és épületrészek közötti fal	1,50	1,50	1,50
14	Lábazati fal, talajjal érintkező fal a terepszinttől 1 m	0,40	0,30	0,25
15	Talajon fekvő padló (új épületeknél)	0,40	0,30	0,25

Forrás: [3.]

A táblázatban található 2012 évi tervezett követelményértékek bevezetése nem valósult meg. Az 5 évente szükséges módosítást a Belügyminisztérium a már említett **40/2012 BM** rendelettel oldotta meg, ami nem változtatott az energetikai követelményeken. Az **1246/2013 kormányhatározat** tartalmazza a módosításra való felhívást és a tervezett követelményeket 2015-re vonatkozóan abban az évben január 1-én be kell vezetni középületekre vonatkozóan, bármely más épületre 2018. január 1-től.

2.4 Közel nulla energiaigényű épületek követelményrendszere

A 2002-es direktíva körül nemzetközi szinten is komoly viták folytak és megjelentek olyan vélemények is, hogy a szabályozásnak semmilyen hatása nincs az épületállomány valódi hatékonyságára. Az EU döntéshozói továbbra is a klímavédelem fontos eszközeként tartják számon az épületenergetikai direktívát. Ebben a szellemben vizsgálta felül az EU a jogszabályt, amelynek végeleges formája 2010-ben került ki, azonban a lényeges változásokról már 2009-ben megegyezett az Európai Tanács és a Parlament. [5.]

Az Európai Unió 2010-ben kiadott épületenergetikai irányelvében (2010/31/EU rendelet) megfogalmazta a közel nulla energiafogyasztású épületek követelményrendszerét. Az irányelvre elterjedt az EPBD "recast", mint rövidítés. A direktíva célja a műszakilag lehetséges és racionális követelmény számszerű meghatározása a legfontosabb épületkategóriákra. Hangsúlyozandó, hogy követelményértékről van szó, nem pedig a műszakilag lehetséges csúcsmínőség meghatározásáról. 2020 után is lesznek olyan épületek, amelyek éppen megfelelnek az akkori követelménynek és lesznek olyanok, amelyek annál jobbak – azaz a „közel nulla” szint felett meg legalább két kategóriát kell fenntartani azoknak az épületeknek az energetikai minősítésére, amelyek az akkori követelménynél jobbak. [4.]

2.4.1 A közel nulla energiaigényű épület értelmezése

A közel nulla energiaigényű épület meghatározása a következő:

- energetikai teljesítménye magas
- az energiaigény közel nulla vagy nagyon alacsony
- az energiaigényt nagyon jelentős mértékben megújuló energiaforrásokból kell fedezni (beleértve a megújuló forrásokból helyben vagy közelben kinyert energiát) [4.]

Ez az eredeti meghatározás lefordítása, a félreértések elkerülése végett a [4.] - ben a következő értelmező megjegyzéseket fűzik a szerzők a meghatározáshoz:

Energetikai teljesítménye magas: A honi terminológia szerint ez azt jelenti, hogy az épület veszteségei kicsik, az épület a nyereségáramokat jól hasznosítja, az épület a túlzott nyári felmelegedés ellen jól védett, ide érthető még az, hogy az épületgépészeti rendszerek jó hatásfokúak, segédenergia igényük csekély.

Az energiaigény közel nulla vagy nagyon alacsony: Ez részben következik az előző pontból, de az előző pont helyett e pont alatt (is) lehet gondolni az épületgépészeti rendszerekre, ugyanakkor a mondat értelme vitatható, mert bár a fűtés, hűtés energiaigénye az észszerűség határáig (sőt azon túl is) csökkentheti, a melegvízellátás nettó energiaigénye nem korlátozható: valamennyi térfogatú és valamilyen hőmérsékletű melegvízre szükség van.

Az energiaigényt nagyon jelentős mértékben megújuló energiaforrásokból kell fedezni (beleértve a megújuló forrásokból helyben vagy közelben kinyert energiát): Az energiaigény, amely az előzőek szerint alacsony, de a melegvízellátás miatt egyáltalán nem lehet közel nulla. Bármilyen megújuló energiát, hiszen amibe beleértendő a „helyben” vagy „közelben”, az legalább olyan tág köre a megújuló forrásoknak, mint a közelben.

A „recast”-ból idézett meghatározás első pontja szerint nagyon jó „energetikai teljesítményű” épületeket kell létesíteni. Ez alatt igen kis veszteségáramokat, a nyereségáramok Hasznosítását és hatékony épületgépészeti rendszereket kell érteni.

Nyilvánvaló, hogy mielőtt az energiaforrásokról, a megújuló energiáról kezdünk beszélni, az első és legfontosabb kérdés az, hogy lehetőleg alacsony energiaigényt kelljen kielégíteni – csak ez után következik az a kérdés, hogy milyen forrásból.

Az idézett definíció második pontja egyrészt az első pontot ismétli, másrészt nincs értelme. Egyrészt ugyanis értelmezheti úgy, hogy az első pont csak az épületre magára vonatkozik és a második pont szól az épületgépészeti rendszerekről, azok hatásfokáról, veszteségeiről, segédenergia igényéről.

Mindazonáltal e két pontból egyenesen következik, hogy a hazai szabályozás három szintjét továbbra is fenn kell tartani, nevezetesen a „közel nulla” fajlagos évi primer energiában kifejezett követelménye ($\text{kWh/m}^2\text{a}$) mellett az épület egészének hőtechnikai minőségére vonatkozó fajlagos hőveszteségtényező ($\text{W/m}^3\text{K}$) korlátot és az egyes elemekre vonatkozó

követelményeket – korszerűsítve – fenn kell tartani. Ennek elsődleges indoka, hogy a definíció első és második pontjában megfogalmazott igénynek csak így lehet eleget tenni. [4.]

2.4.2 A közel nulla energiafogyasztás értelmezése

Az építési tevékenység célja mindig egy adott rendeltetésszerű használat céljából létrehozott építmény létrehozása. Ebből következően az adott építményben valamilyen tevékenység folyik, amely legyen bármilyen jellegű is biztosan energiafogyasztással jár. Tehát a nulla energiafogyasztást kétféleképpen is lehet értelmezni.

A nulla energiafogyasztás kétféle értelmezése a [4.] szerint a következő:

- valamennyi igényt nulla primer energiatartalmú (szoláris, szel) energiával elégítünk ki (beleértve a rendszerek veszteségeit és segédenergia igényét),
- az energiaigény egy részét fosszilis forrásból elégítjük ki, de ezzel azonos mennyiségű primer energiát adunk át országos hálózatnak (elektromos áram) vagy közműhálózatnak (termikus energia).

Az első változat gyakorlatilag egy autonóm épületet feltételez, szezonális hőtárolással és egyéb nem szokványos megoldásokkal (vízbontás, tüzelőanyag cella). Ilyen létezik, de ez várhatóan nem a következő néhány évtized általános gyakorlata lesz. A második változat nem zárja ki a fosszilis energia felhasználását, de azt ellentételezni kell megújuló forrásból származó energiával. Utóbbi egy részét az aktuális igények kielégítésére hasznosítjuk vagy helyben tároljuk, a felesleget pedig külső hálózatnak adjuk át. A megítélés alapja az éves mérleg: a felhasznált energia és a külső hálózatnak átadott energia (primer energiában kifejezett) különbsége. [4.]

A „recast” definíciójának harmadik pontja szerint a jó energetikai minőségű épület alacsony energiaigényének nagyon jelentős részét megújuló forrásból kell fedezni. Ez a megfogalmazás magában foglalja a „közel nulla” jelentését, hiszen nem arról van szó, hogy az alacsony energiaigényt teljes egészében kell megújuló forrásból fedezni, hanem csak annak jelentős részét. Hogy mennyi a „közel” és a „jelentős rész” mértéke, az egyrészt az ésszerű műszaki megoldásoktól függ, másrészt a költségoptimalás eredményeinek mérlegelésével döntheti el. Nem kizárt a ténylegesen nullaigényű, sőt az energiát exportáló (plus-energy, energy active) épületek létesítése sem (létező példák vannak). Szükséges kihangsúlyozni, hogy primer energiában kifejezett éves mérlegről van minden esetben szó. [4.]

2.4.3 Követelményértékek a hőátbocsátási tényezőkre

A fejezet megírásához felhasznált [4] forrás 4. Táblázatában található 2020-as, közel zéró energiaigényű épületekhez megfelelő hőátbocsátási tényező értékeket a **2.3 Táblázatban** foglaltam össze. Ezeket az értékeket használtam fel a továbbiakban is a számításaim során.

2.3 Táblázat: A határoló szerkezetekre vonatkozó hőátbocsátási tényezők

Épületszerkezet	Hőátbocsátási tényező U [W/m ² K)
Külső fal	0,20
Lapostető	0,15
Padlásfödém	0,15
Alsó zárófödém fűtetlen pince felett	0,25
Homlokzati üvegezett nyílászáró (Fa vagy PVC kerettel)	1,00
Homlokzati üvegezett nyílászáró (Fém kerettel)	1,30
Homlokzati ajtó	1,30

Forrás: [4.]

3.0 A BELSŐ KÖRNYEZET KRITÉRIUMAI

Az előző fejezetekben említett EU direktívák az épületek energia felhasználásának szabályozásával foglalkoznak, azzal a céllal, hogy az energiafelhasználás és igény csökkentésére megfelelő intézkedések szülessenek. Ezek az energia megtakarítási intézkedések viszont nem jelenthetnek komfortminőség csökkenést az épületekben. Éppen ezért fontos a belső környezetre vonatkozó kritériumok pontos ismerete, ahhoz, hogy az építmények biztosítsák a megfelelő környezetet az ember számára a tevékenysége elvégzéséhez és ez által az építési tevékenység elérje a célját.

3.1 Vonatkozó szabványok

Az új EU normák a belső terek mikroklímájának méretezésére számos új energetikai szempontból is fontos elemet tartalmaznak. Különösen feltűnő ez, ha összehasonlítjuk ezeket a régi magyar szabványokkal. Ezek az új elemek pontosabb, de egyszerűbb méretezést, nagyobb tervezési szabadságot és nem utolsó sorban energia megtakarítási lehetőséget is biztosítanak. [9.] A **91/2002/EK** irányelvhez kapcsolódóan összesen 31 CEN szabvány készült. [10.] Ezek a szabványok 2007-2008-ra kerültek bevezetésre, amikor az irányelvnek megfelelően a törvényi, rendeleti szabályozásnak már az összes EU országban működött.

A következő fejezetekben a Magyarországon jelenleg hatályban lévő európai normatíváknak megfelelő magyar nemzeti szabványok előírásait mutatom be.

3.1.1 Az MSZ CR 1752:2000 szabvány előírásai

Magyarországon jelenleg az **MSZ CR 1752** szabvány van érvényben, amely a belső terek vonatkozásában nemcsak a hőérzeti követelményeket rögzíti, hanem minden más követelményt is, így kitér a belső levegő minőségére, illetve az akusztikai és a vizuális komfort követelményeire is. A követelményértékeket táblázatok és diagramok tartalmazzák. [2.]

Az Európai Szabványügyi Testület a CEN (European Committee for Standardization) 1998 decemberében jelentette meg a **CR 1752** szabványt, amely a Magyar Szabványügyi

Közlönyben 2000 novemberében lett közzé téve, mint Magyar Nemzeti Szabvány **MSZ CR 1752** címen.

Az **MSZ CR 1752:2000** szabvány, az épületek belső környezetének a tervezési alapjait is meghatározza. Eszerint a termikus környezettel való elégedetlenség alapján a tereket 3 különböző komfortkategóriába sorolja, amely lehet:

- A – nagyfokú elvárás
- B – közepes szint
- C – elfogadható, [11.]

kategóriájú. A besorolástól függően a tervezési kritériumok más-más értékeket vesznek fel. A szabvány **A.1 Táblázata** tartalmazza az A, B, C kategória követelményértékeit, amit a **3.1 Táblázatban** foglaltam össze.

3.1. Táblázat: A komfortkategóriák (MSZ CR 1752:2000 A.1 Táblázat)

Kategorí a	Termikus állapot a test egészére nézve		Lokális diszkomfort			
	A várhatóan elégedetlen ek százalékos aránya PPD	A hőérzettel elégedetlenek aránya PMV	A huzattal várhatóan elégedetlenek százalékos aránya DR	A hőmérséklet különbséggel várhatóan elégedetlenek százalékos aránya	A padló hőmérsékletével várhatóan elégedetlenek százalékos aránya	Az aszimmetrik us sugárzással elégedetlenek aránya
	%		%	%	%	%
A	<6	-0,2<PMV<+0,2	<15	<3	<10	<5
B	<10	-0,5<PMV<+0,5	<20	<5	<10	<5
C	<15	-0,7<PMV<+0,7	<25	<10	<15	<10

Forrás: [13.]

A szabvány rögzíti az egyes komfortkategóriákra vonatkozóan az elvárt PMV és PPD értékeket és a hely és diszkomfort tényezőkkel elégedetlenek százalékos arányát. A továbbiakban a belső környezetre vonatkozó paraméterek diagramjait a következő fejezetben az **MSZ EN ISO 7730** szabvány bemutatásánál részletezem, ugyanis abban a követelmények ezzel a szabvánnyal megegyező módon lettek rögzítve.

A szabvány az **1. Táblázatában** rögzíti az egyes épülettípusokhoz tartozó operatív hőmérsékletek értékeit, a nyári és téli időszakban, a maximális légsebességet, szintén a nyári és téli időszakban, a légnyomás követelményeket (dB) és a szellőztetés mértékét abban az esetben is, ha a dohányzás megengedett az adott térben. A különböző komfortkategóriájú irodahelyiségekre vonatkozó operatív hőmérsékletek határértékeit a **3.2 táblázatban** foglaltam össze.

3.2. Táblázat: Különböző komfortkategóriájú irodahelyiségek operatív hőmérséklet követelményei (MSZ CR 1752:2000 1. Táblázat)

Épülettípus	Aktivitás [met]	Kihasználtság [fő/m ²]	Kategória	Operatív hőmérséklet [°C]	
				Nyári időszak	Téli időszak
Egyedülálló Irodahelyiség	1,2	0,1	A	24,5±1,0	22±1,0
			B	24,5±1,5	22±2,0
			C	24,5±2,5	22±3,0

Forrás: [13.]

A szabvány rögzíti az egyes komfortkategóriákra vonatkozóan az elvárt PMV és PPD értékeket és a hely és diszkomfort tényezőkkel elégedetlenek százalékos arányát. A továbbiakban a belső környezetre vonatkozó paraméterek diagramjait a következő fejezetben az **MSZ EN ISO 7730** szabvány bemutatásánál részletezem, ugyanis abban a követelmények ezzel a szabvánnyal megegyező módon lettek rögzítve.

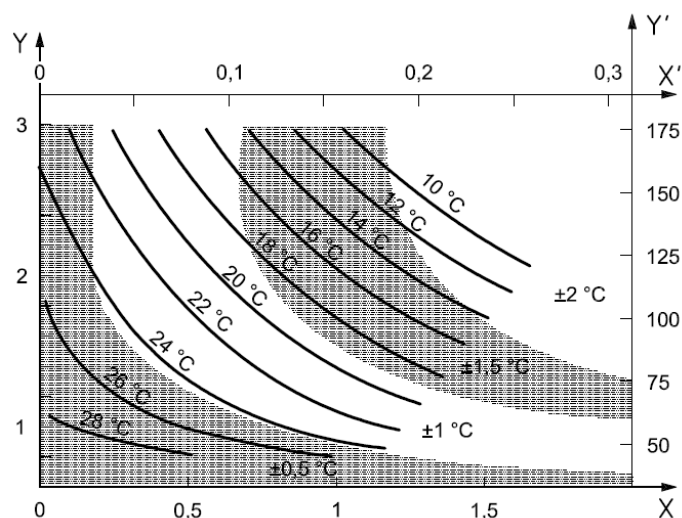
3.1.2 Az MSZ EN ISO 7730:1998 szabvány előírásai

A szabvány az egyén általános komfortérzete és az elégedetlenek százalékos aránya alapján az épületeket ugyanolyan módon sorolja három komfortkategóriába, mint az előzőekben tárgyalt **MSZ CR 1752 (3.1. Táblázat)**.

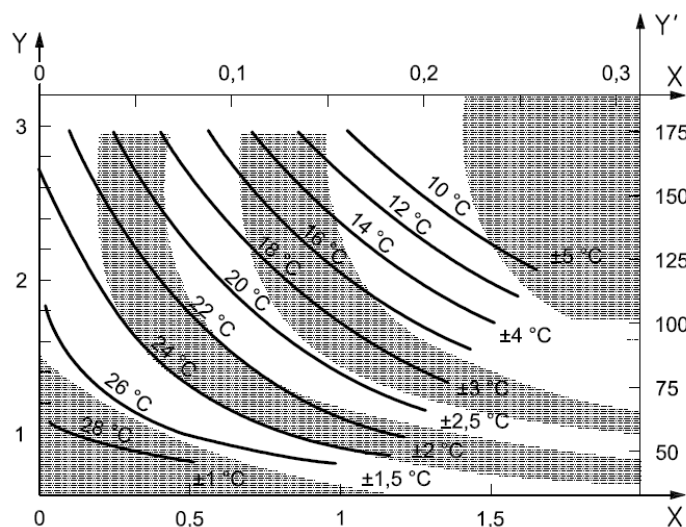
Egy adott belső tér esetében minden egyes pontban meghatározhatók azok a környezeti paraméterek, amelyek $PMV=0$ értéket eredményeznek. Az ISO 7730 szabvány diagramokban adja meg az operatív hőmérséklet azon értékeit, amelyek adott tevékenységi szint, illetve ruházat mellett $PMV=0$ hőérzeti értéket biztosítanak. A diagramok ugyanakkor bemutatják azokat az operatív hőmérséklet intervallumokat is, amelyek egy adott komfortkategóriában tartják a PMV értéket. Az operatív hőmérséklet intervallumokat az egyes komfortkategóriákhoz az **MSZ EN ISO 7730:1998 A.3. melléklet** található **A.1 ábrákat** a 3.1, 3.2, és a 3.3 ábrák mutatják. [2.]

Az ábrák vízszintes alsó tengelyein (X) a ruházat hőszigetelő képessége látható (I_{cl}), mértékegysége: [clo]. A felső vízszintes tengelyek (X') ugyanezt [m^2K/W] mértékegységben mutatják. A függőleges tengelyeken a végzett tevékenység hőegyenértéke látható, balról (Y) [met] - ben megadva, jobbról (Y') [W/m^2] - ben.

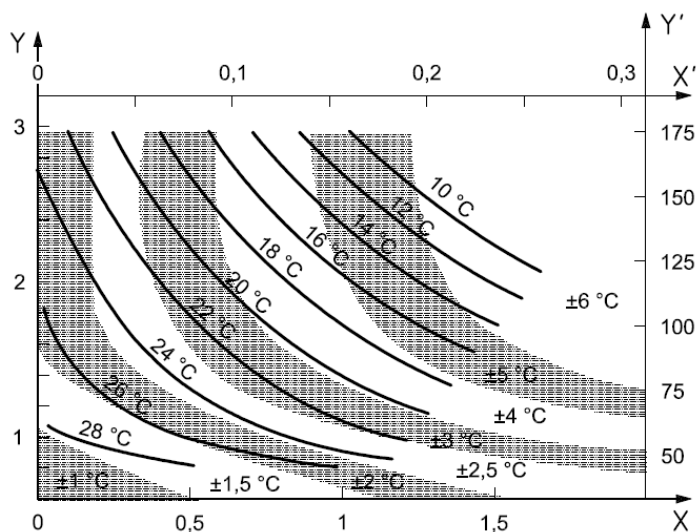
A ábrákon bemutatott diagramok 50% relatív nedvességtartalomra vonatkozóan készítették, és feltételezték, hogy a légsebesség a belső térben kisebb 0,1 m/s értéknél. [2.]



3.1 ábra: Operatív hőmérsékletek az A komfortkategóriához [14.]



3.2 ábra: Operatív hőmérsékletek az B komfortkategóriához [14.]



3.3 ábra: Operatív hőmérsékletek az C komfortkategóriához [14.]

3.1.3 Az MSZ EN 15251:2007 előírásai

Az „Épületek energia-teljesítőképességének tervezésére és becslésére, levegőminőségére, hőmérsékletére, fény- és akusztikai viszonyaira vonatkozó beltéri bemeneti paraméterei” c. szabvány az Európai Unió energia megtakarítási céljaival és irányelveivel összefüggésben készült, figyelembe véve az **ISO 7730** szabványban, valamint a **CR 1752** ajánlásban foglaltakat. A szabvány négy épületkategóriát különböztet meg, és az általános hőérzet (PMV), valamint a hőérzettel várhatóan elégedetlenek százalékos értékeit is ennek megfelelően adja meg (**3.3. Táblázat**). [2.]

3.3. Táblázat: Épületkategóriák (MSZ EN 15251:2007 A.1. melléklet A.1. Táblázat)

Kategória	Hőérzet a test egészére vonatkozóan	
	PPD [%]	PMV
I.	<6	-0,2<PMV<+0,2
II.	<10	-0,5<PMV<+0,5
III.	<15	-0,7<PMV<+0,7
IV.	>15	PMV<-0,7; vagy PMV>+0,7

Forrás: [15.]

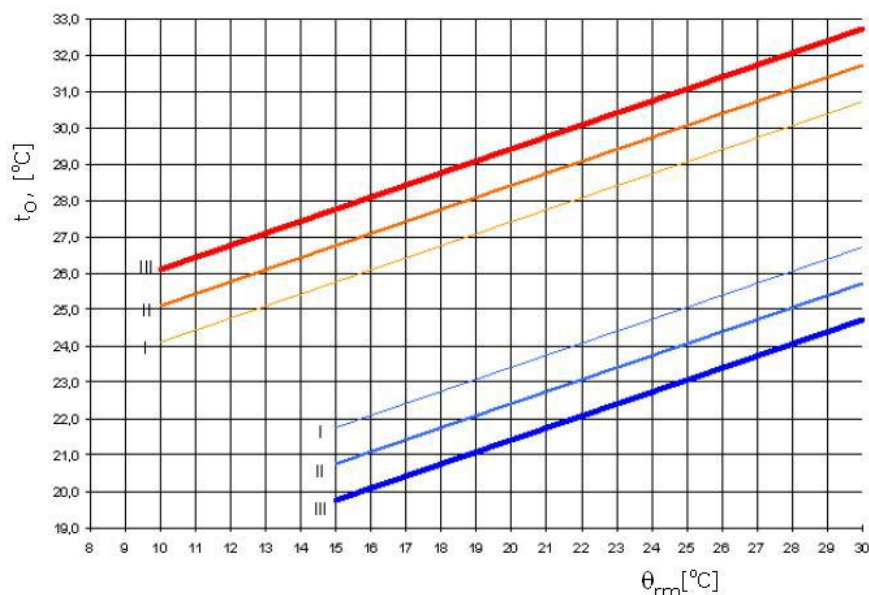
A szabvány megadja a különböző rendeletetetésű épületekre vonatkozóan a téli és nyári állapotra az operatív hőmérsékletek értékeit. A **3.4 Táblázat** egy kivonat a szabvány **A.1. melléklet A.2. táblázatából**, amelyben az irodákra vonatkozó értékeket mutatom be, mivel a dolgozatomban csak ezzel foglalkozom.

3.4. Táblázat: Ajánlott tervezési értékek az operatív hőmérsékletekre vonatkozóan (MSZ EN 15251:2007 A.1. melléklet A.2. Táblázat)

Tér/épülettípus	Kategória	Operatív hőmérséklet [°C]	
		Téli minimum (1 clo)	Nyári minimum (0,5 clo)
Kis terű iroda Ülő: 1,2 met	I.	21,0	25,5
	II.	20,0	26,0
	III.	19,0	27,0
Nagy terű iroda Ülő: 1,2 met	I.	21,0	25,5
	II.	20,0	26,0
	III.	19,0	27,0

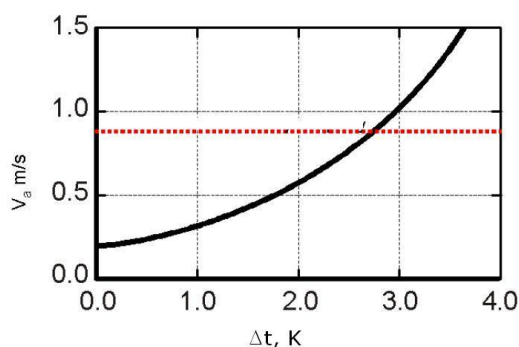
Forrás: [15.]

Az **MSZ EN 15251:2007 A.2 melléklet A.1 ábrája** megadja az operatív hőmérséklet megengedhető értékeit olyan épületekben is, amelyek nem rendelkeznek légkondicionáló berendezésekkel (**3.4 ábra**). A diagram értékei elsősorban irodaépületekre vonatkoznak, de alkalmazhatók bármilyen más épületre is, amelyben ülőtevékenységet folytatnak. [2.]



3.4 ábra: Operatív hőmérsékletek megengedhető értékei [15.]

A diagram vízszintes tengelyén látható θ_{rm} figyelembe veszi a külső hőmérsékletet és az épület hőtároló kapacitását. Mivel elsődleges cél az energia megtakarítás, a szabvány figyelembe veszi az ember alkalmazkodását a környezethez illetve az épület időállandóját is. A megnövekedett operatív hőmérsékletek esetén, ezeket kompenzálhatjuk a légsebesség értékek megváltoztatásával is, ezek a légsebesség értékek megtalálhatók az **MSZ EN 15251:2007 A.2. melléklet A.2 ábráján** (**3.5. ábra**).



3.5 ábra: Megnövekedett operatív hőmérsékletek kompenzáló légsebességek [15.]

4.0 ENERGETIKAI VIZSGÁLAT

Az energetikai számításokat egy régi, rossz hőtechnikai jellemzőkkel bíró irodaépületen végeztem el. A számítás során célom volt kimutatni, hogy e rossz jellemzők mellett mennyi fűtési energiába kerül a szabvány által előírt komfortkategória fenntartása. További számítások és vizsgálatok által pedig kimutatni azt, hogy egy érvényben lévő szabályozás szerinti felújítás után, illetve egy - mivel irodaépületről van szó - 2018-ban bevezetni tervezett követelmények alapján történő felújítás során mennyi energiába fog kerülni a komfortfokozat fenntartása.

4.1 A vizsgált épület általános ismertetése

A jelen dolgozatban vizsgált épület alapadatairól egy 2005 májusában készült fennmaradási engedélyezési tervről tájékozódtam. A vizsgált irodaépület Budaörsi ipari parkban található, a létesítmény jelenleg is használatban van. A környezet jellege ritkán beépített ipari környezet. Tájolását tekintve keleti tájolású. Az építés időpontjáról a dolgozat megírásának időpontjában nem rendelkeztem semmilyen pontos adattal, de feltételezhetően az 1960-as években épülhetett. Az épület szintjeinek alaprajzi vázlata az **M.2. mellékletben** található.

Geometriai adatok:

- Az épület kiterjedése: 33,56 x 12,86 m
- Bruttó beépített alapterület: 431,58 m²
- Bruttó szintterület: 431,58 m²
- Nettó szintterület: 391,86 m²
- Hasznos fűtött összterület: $A_N = 1175,58 \text{ m}^2$
- A belmagasság: $b_m = 3,00 \text{ m}$
- Az épület kerülete: $l_{padló} = 92,84 \text{ m}$

Hőhidak hossza:

- Pozitív falsarok: $4 \cdot 3 \cdot 3,00 = 36,00 \text{ m}$
- Negatív falsarok: 0 m
- Nyílászárók kerületei: 421,20 m (az ajtók küszöbeivel együtt)
- Fal – Födém: 449,40 m

- Lábazati fal: 89,8 m
- Belső fal – Külső fal: 360,00 m

Összesen: 1356,40 fm

4.1 Táblázat: Az épület homlokzatának adatai

	A homlokzat területe [m²]	Tömör felület [m²]	Nyílászáró felület [m²]	Üvegfelület [m²]	Átlagos U [W/m²K]
É (-10 °)	115,74	106,74	9,00	7,20	1,56
K (-10 °)	302,14	246,64	55,50	44,40	1,70
NY (-10 °)	302,14	248,14	54,00	43,20	1,69
D (-10 °)	115,74	92,34	23,40	18,72	1,72
Össz.:	835,76	693,86	141,90	113,52	1,67

Az épület szerkezeti ismertetése:

Az épület alapozása feltehetőleg beton sávalap. A külső térelhatároló, felmenő szerkezet 38 cm vastag kisméretű tömör téglafalazat. A belső teherhordó szerkezetek 3 m-es raszterben épített monolit vasbeton pillérek. A lapostető egyenes rétegrendű nem járható tető. Az épület nyílászárói kapcsolt gerébtokos ablakok és a bejárati ajtó, egy pallótokos, fa, kétszárnyú ajtó.

Az építmény funkcionális ismertetése:

Az irodaépület egy földszint + 2 emeletes, téglalap alaprajzú építmény. A bejárati ajtó a keleti homlokzaton található. A szintek között egy központi lépcsőház biztosítja az átjárást. Az épület alápincézetlen. A földszinten van egy közlekedő ahonnan az irodák és a tárgyaló helyiségek nyílnak. Ezen a szinten 12 irodahelyiség, 1 tárgyalóhelyiség, 1 konyha és szociális helyiségek találhatóak. Továbbá egy külön bejárattal az épület északi homlokzatán, itt található a kazánház is. Az emeleti szintek ugyanolyan funkcionális kialakítással készültek. Az első és második emeleten összesen 14 irodahelyiség, 1 tárgyaló helyiség, 1 konyha és a szociális helyiségek találhatók meg.

Fűtési rendszer:

A teljes épület fűtését egyetlen hőtermelő, egy gázkazán látja el. Az előremenő hőmérséklet 90 °C, a visszatérő hőmérséklet 70 °C. A helyiségekben lapradiátorok találhatók, mint hőleadók, amelyek típusait és méreteit a helyiség hőszükségletének megfelelően fogom megadni a későbbiekben.

Vízellátás:

A használati hidegvíz a közműhálózatról, vízmérőn keresztül érkezik az épületbe, ahol a használati melegvíz előállítása a szociális helyiségekben, fali vízmelegítőben történik.

Szellőzés:

Az épületben a szellőzés természetes úton a nyílászárókon keresztül történik, gépi szellőzés nincs.

4.1.1 Határoló szerkezetek

Építészeti forma szerint az épület egy egyszerű téglatestet formáz. A homlokzaton nincsenek különböző kiugrások, erkélyek, lodzsák, árkádok. Így az épület határoló szerkezetei a külső falak, a talajra fektetett padló és a zárófödém, továbbá a homlokzati nyílászárók. A homlokzaton található kapcsolt gerébtokos ablakok hőátbocsátási tényezői egységesen $U = 2,8 \text{ W/m}^2\text{K}$. A bejárati ajtó esetén $3,6 \text{ W/m}^2\text{K}$. A **7/2006 TNM rendelet** szerint az ablakokra vonatkozó követelmény $1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$, a bejárati ajtóra $1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ vonatkozik.

Rétegrendek:

Külső fal rétegrendje (kívülről befelé):

- Cementvakolat 1,5 cm
- kisméretű tömör téglá 38 cm
- Javított mész vakolat 1,5 cm

4.2 Táblázat: A külső fal hőátbocsátási tényezőjének számítása

Külső fal							
Rétegek	d [m]	λ [W/mK]	c [KJ/KgK]	ρ [kg/m ³]	R [m ² K/W]	R _i , R _e [m ² K/W]	U [W/m ² K]
Cementvakolat	0,015	0,930	0,920	1700	0,016	0,042	1,452
Kism. tömör téglá	0,380	0,780	0,880	1700	0,487	0,125	
Mészvakolat	0,015	0,810	0,920	1650	0,019		
					R ₀ =0,688		

A követelmény 0,45. A rétegtervi hőátbocsátási tényező nem megfelelő.

A talajra fektetett padló rétegrendje (Belülről kifelé):

- Szőnyegpadló -
- Esztrich 2,2 cm

- 2 rtg. Bitumenes vízszigetelés 0,6 cm
- Kavicsbeton 5 cm
- Salakfeltöltés 10 cm
- Kavicsbeton 10 cm
- Kavics feltöltés 10 cm
- Termett talaj

4.3 Táblázat: Talajra fektetett padló hőátbocsátási tényezőjének számítása

Talajra fektetett padló							
Rétegek	d [m]	λ [W/mK]	c [KJ/KgK]	ρ [kg/m ³]	R [m ² K/W]	R _i , R _e [m ² K/W]	U [W/m ² K]
Szőnyegpadló	0,000	0,870	-	-	0,000		1,499
Esztrich	0,022	1,400	0,840	1950	0,016	0,125	
Bitumenes vízszig.	0,006	0,170	-	1100	0,000		
Kavicsbeton	0,050	1,280	0,840	2200	0,039		
Salakfeltöltés	0,100	0,810	0,920	1500	0,123		
Kavicsbeton	0,100	1,280	0,840	2200	0,078		
kavics feltöltés	0,100	0,350	0,840	1800	0,286		
				R ₀ = 0,667			

A követelmény:0,50. A rétegtervi hőátbocsátási tényező nem megfelelő!

A lapostető rétegtrendje (kívülről befelé):

- Bitumenes vízszigetelés 0,6 cm
- Kavicsbeton 5 cm
- Salakfeltöltés 15 cm
- Vasbeton lemez 20 cm
- Javított mészvakolat 1,0 cm

4.4 Táblázat: A lapostető hőátbocsátási tényezőjének számítása

Lapostető							
Rétegek	d [m]	λ [W/mK]	c [KJ/KgK]	ρ [kg/m ³]	R [m ² K/W]	R _i , R _e [m ² K/W]	U [W/m ² K]
Bitumenes vízszig.	0,000	0,170	-	1100	0,000	0,100	1,971
Kavicsbeton	0,050	1,280	0,840	2200	0,039	0,042	
Salakfeltöltés	0,150	0,810	0,920	1500	0,185		
Vasbeton lemez	0,200	1,550	0,840	2400	0,129		
Mészvakolat	0,010	0,810	0,920	1650	0,012		
				R ₀ =	0,507		

A követelmény:0,25. A rétegtervi hőátbocsátási tényező nem megfelelő.

A hőtechnikai anyagjellemzőket légszáras állapot mellett és $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$ átlaghőmérséklet mellett az **MSZ 04 140-2:1991** szabvány szerint adtam meg.

4.2 Energetikai felújítás

Tekintettel a meglévő épület igen gyenge hőtechnikai és épületfizikai jellemzőire, energetikai felújítás elvégzése lesz szükséges. A feltételezett felújítások során a jelenlegi **40/2012 BM** (egyes részeket a 7/2006 TNM rendeletről hivatkozva) rendelet és **2010/31/EU** irányelveknek megfelelő követelmények kielégítésére törekedtem. A felújítás során utólagos hőszigetelés kerül elhelyezésre a homlokzaton, a lapostetőn és a padozaton. A hőszigetelő anyagot a jelenleg kereskedelmi forgalomban lévő hőszigetelő anyagok közül választottam ki, melyek a következők:

Homlokzati Hőszigetelés: *Austrotherm AT-H80 homlokzati hőszigetelés* $\lambda=0,040\text{ W/m}^2\text{K}$
 Padló hőszigetelés: *Austrotherm XPS TOP 50* $\lambda=0,036\text{ W/m}^2\text{K}$
 Lapostető hőszigetelés: *Austrotherm AT-N200 lapostető hőszigetelés* $\lambda=0,035\text{ W/m}^2\text{K}$

4.5. Táblázat: A számított és alkalmazott hőszigetelési vastagságok

Hely	Szükséges vastagság (cm)		Alkalmazott vastagság (cm)	
	40/2012 BM	2010/31/EU	40/2012 BM	2010/31/EU
Külső fal	8,71	24,49	10	25
Lapostető	17,36	30,61	18	32
Padozat	6,81	17,03	8	18

A felújítás során a régi kapcsolt gerébtokos nyílászárók cseréjére is sor kerül. A követelményértékeket kielégítő ($U = 1,6; 1,0\text{ W/m}^2\text{K}$) PVC keretes ablakok, illetve a követelményt kielégítő ($U = 1,8; 1,3\text{ W/m}^2\text{K}$) PVC tokos bejárati ajtó kerül beépítésre. A határoló szerkezetek hőátbocsátási tényezői a **4.6 táblázat** szerint alakultak.

4.6. Táblázat: Határoló szerkezetek hőátbocsátási tényezői és a követelmény értékek a felújítás után

Hőátbocsátási tényezők és a követelmény értékek a felújítás után				
Hely	40/2012 BM		2010/31/EU	
	U ($\text{W/m}^2\text{K}$)	$U_{\text{köv}}$ ($\text{W/m}^2\text{K}$)	U ($\text{W/m}^2\text{K}$)	$U_{\text{köv}}$ ($\text{W/m}^2\text{K}$)
Külső fal	0,409	0,45	0,197	0,20
Lapostető	0,243	0,25	0,145	0,15
Ablakok	1,600	1,60	1,000	1,30
Padozat	0,447	0,50	0,238	0,25

A felújítás során a fűtési rendszer is korszerűsítésre kerül. A 90/70 °C előremenő és visszatérő hőmérsékletű gázkazán lecserélésére kerül sor. Az új előremenő és visszatérő hőmérséklet 75/60 °C. Ennek megfelelően a lapradiátorok cseréjére is sor kerül.

4.3 Hőszükségletek számítása

A hőveszteségeket helyiségenként számítottam ki, ugyanis a helyiségek hőveszteségeit erősen befolyásolja az épületen belüli elhelyezkedés, tehát, hogy hány külső határoló szerkezettel rendelkezik. Ennek megfelelően 5 különböző elhelyezkedésű, de azonos geometriai jellemzőkkel rendelkező helyiséget választottam ki az energetikai vizsgálatra. A vizsgált helyiségek elhelyezkedésük szerint a következők:

- Földszinti sarokhelyiség 2 ablakkal (1. eset)
- Földszinti sarokhelyiség 3 ablakkal (2. eset)
- Közbenső emelten lévő sarokhelyiség (3. eset)
- Közbenső emeleten lévő, egy külső fallal rendelkező helyiség (4. eset)
- 2. emeleten (legfelső szint) lévő sarokhelyiség (5. eset)

Egy helyiség hőszükségletének a meghatározásához szükségünk van a hőveszteségtényezőre, amit a következő összefüggéssel lehet számítani:

$$K = \sum AU + \sum \psi L + 0,35nV \left[\frac{W}{K} \right]$$

A helyiség hőszükséglete az alábbi módon határozható meg:

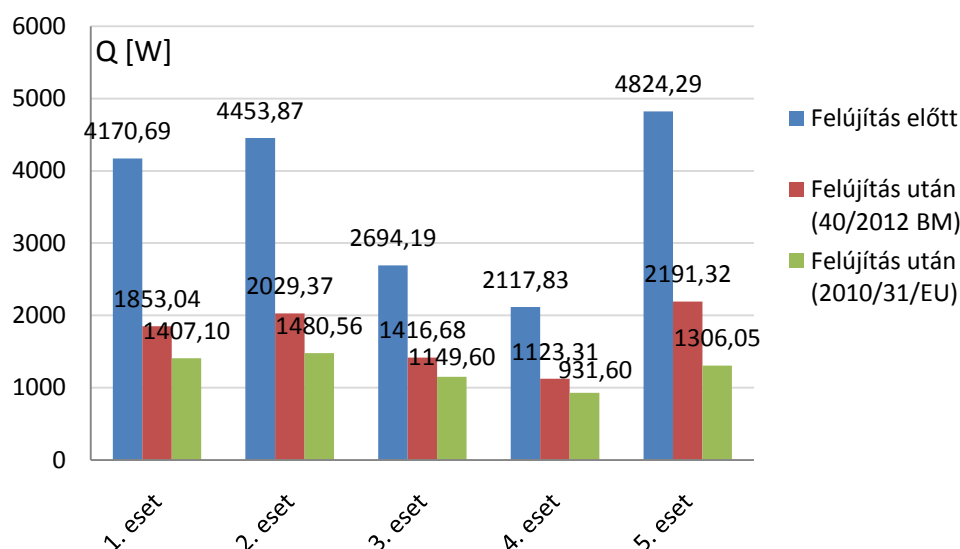
$$Q = K(t_i - t_e) [W]$$

A vonal menti hőátbocsátási tényezőket az **MSZ EN ISO 14683:2008 A. melléklet A.2. táblázat** tartalmazza a vonal menti hőhidakra vonatkozóan.

4.6. Táblázat: Vonal menti hőátbocsátási tényezők (MSZ EN ISO 14683:2008)

Vonalmenti hőhíd	$\Psi [W/mK]$	
	Hőszigetelés nélkül	Hőszigeteléssel
Külső fal + Lapostető (zárófödém)	0,70	0,25
Falsarok	0,10	0,15
Külső fal + belső fal	0,20	0,10
Külső fal + födém	0,80	0,10
Ablak kerület	0,10	0,15
Talajra fektetett padló	0,65	0,20

A határoló szerkezetek hőátbocsátási tényezőit a **4.1** és **4.2 fejezetekben** ismertettem. A külső méretezési hőmérséklet a szabvány szerint ($t_e = -15\text{ °C}$) vettem fel. A helyiség belső hőmérsékletét, annak megfelelően, hogy iroda funkciójú helyiségekről van szó, tehát huzamosabb ideig tartó tartózkodásra szolgál, így $t_i = 22\text{ °C}$ belső hőmérsékletet feltételeztem a számítások során. A különböző helyiségekben a **4.1. ábrán** látható módon alakultak a hőszükségletek.



4.1. Ábra: A helyiségek hőszükségletének alakulása

Ahogy az várható volt, a hőszükségletek ott voltak a legnagyobbak, ahol a határoló szerkezeteken, a legnagyobb felületen távozik a hő. A legnagyobb hőveszteség az 5. esetben, tehát a legfelső szint sarokhelyiségében mutatkozik. Ebben az esetben tapasztalható az is, hogy a felújítás előtti és utáni hőveszteségek közötti különbség a legnagyobb.

4.3.1 A hőleadók kiválasztása

A számított hőszükségleteket a helyiségekben elhelyezett lapradiátorok biztosítják. A felújítás előtti esetekben 90 °C előremenő és 70 °C visszatérő hőmérsékletű radiátorokat feltételeztem, melyeket a számított hőszükségleteknek megfelelően választottam ki. A helyiségekben a radiátorok a nyílászárók alatt vannak elhelyezve. Méretüket tekintve az ablakok szélességénél nagyobb hosszúságú radiátorokat feltételeztem, hogy az ablakok párasodását képesek legyenek felszárítani.

A különböző hosszúságú és építési magasságú lapradiátorok névleges hőteljesítmény értékeit az **MSZ EN 442-2:1996/A2:2004** táblázatait tartalmazzák. A radiátorok tényleges hőleadását számítás útján határoztam meg.

A radiátor hőleadásának számítása:

A radiátor hőleadását a következő összefüggéssel lehet számítani:

$$q_R = q_m \cdot \left(\frac{\Delta t}{60} \right)^n$$

ahol: q_m : a radiátor névleges teljesítménye

Δt : logaritmikus hőmérséklet különbség

n : a fűtőtest kitevője (**MSZ EN 442-2:1996/A2:2004**)

A logaritmikus hőmérséklet különbség:

$$\Delta t = \frac{t_s - t_r}{\ln \frac{t_s - t_i}{t_r - t_i}}$$

A szabvány a radiátorok adatait 90/70-es előremenő és visszatérő hőmérsékletekhez viszonyítva adja meg. Az energetikai felújítás során a fűtési rendszer cseréjére is sor kerül. 75/60 előremenő illetve visszatérő hőmérsékletű radiátorok kerülnek beépítésre, ezen radiátorok hőleadásának számításához a korrekciót a logaritmikus hőmérsékletkülönbség értéke biztosítja. 75/60 esetén a logaritmikus hőmérsékletkülönbség a következőképpen alakul:

$$\Delta t = \frac{t_s - t_r}{\ln \frac{t_s - t_i}{t_r - t_i}} = \frac{75 - 60}{\ln \frac{75 - 22}{60 - 22}} = 45,08 \text{ } ^\circ\text{C}$$

A radiátorok hőleadásának számítását az **M.3.1 melléklet** tartalmazza.

4.4 A belső környezet paramétereinek vizsgálata

A belső környezet paramétereinek vizsgálatára a hőérzet szempontjából van szükség. Ugyanis azt, hogy milyen komfortkategóriákba sorolhatók a helyiségek döntően a helyiségekben tartózkodó egyének hőérzetétől függ. A szabványok is ez alapján sorolják kategóriákba a helyiségeket. A hőérzet pedig attól függ, hogy az emberi test mennyi hőt képes leadni.

Az emberi test hőcseréjének számításakor alkalmazott hőmérsékletek:

- Ambiens hőmérséklet: t_a
- Közepes sugárzási hőmérséklet: $\bar{t}_r$
- Operatív hőmérséklet: t_{op}
- Eredő hőmérséklet: t_R
- A ruházat közepes hőmérséklete: t_{cl}

4.4.1 Operatív hőmérsékletek

A belső környezetek hőérzeti szempontból történő vizsgálatok során számított hőmérsékletek közül az operatív hőmérséklet értékek a legfontosabbak. Ugyanis az operatív hőmérséklet az a hőmérséklet, amely kifejezi a helyiségben tartózkodó egyén hőérzetét, úgy hogy figyelembe veszi a sugárzó felületek és a konvekció hatását. Továbbá a szabványok is az operatív hőmérsékletek alapján sorolják kategóriákba a tereket. Az operatív hőmérséklet fogalmát az **MSZ CR 1752:2000 3.16 bekezdése** a következőképpen határozza meg:

Operatív hőmérséklet: Egy zárt tér egyenletes hőmérséklete, melyben az ember azonos mennyiségű hőt cserélne sugárzással és konvekcióval, mint a valós, nem egyenletes hőmérsékletű környezetben. [13.]

Az operatív hőmérséklet a következő összefüggéssel határozható meg:

$$t_{op} = \frac{h_c \cdot t_a + h_r \cdot \bar{t}_r}{h_c + h_r}$$

ahol: h_c : konvekciós hőátadási tényező

t_a : a levegő hőmérséklete

h_r : sugárzásos hőátadási tényező

$\bar{t}_r$: közepes sugárzási hőmérséklet

A konvekciós hőátadási tényező:

$$h_c = \begin{cases} 2,38 \cdot (t_{cl} - t_a)^{0,25} & \text{ha } 2,38 \cdot (t_{cl} - t_a)^{0,25} > 12,1\sqrt{v_a} \\ 12,1\sqrt{v_a} & \text{ha } 12,1\sqrt{v_a} > 2,38 \cdot (t_{cl} - t_a)^{0,25} \end{cases}$$

A sugárzásos hőátadási tényező a következő összefüggéssel számítható:

$$h_r = 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot \varepsilon \cdot \frac{F_r}{F_{DU}} \cdot \frac{(t_{cl} + 273)^4 - (\bar{t}_r + 273)^4}{t_{cl} - \bar{t}_r}$$

ahol: ε : a ruházattal borított emberi test emissziós tényezője, 0,95 ember esetén

$\frac{F_r}{F_{DU}}$: effektív sugárzó felület és a test Du Bois-felülete közötti arány

A közepes sugárzási hőmérséklet a következő összefüggéssel számítható:

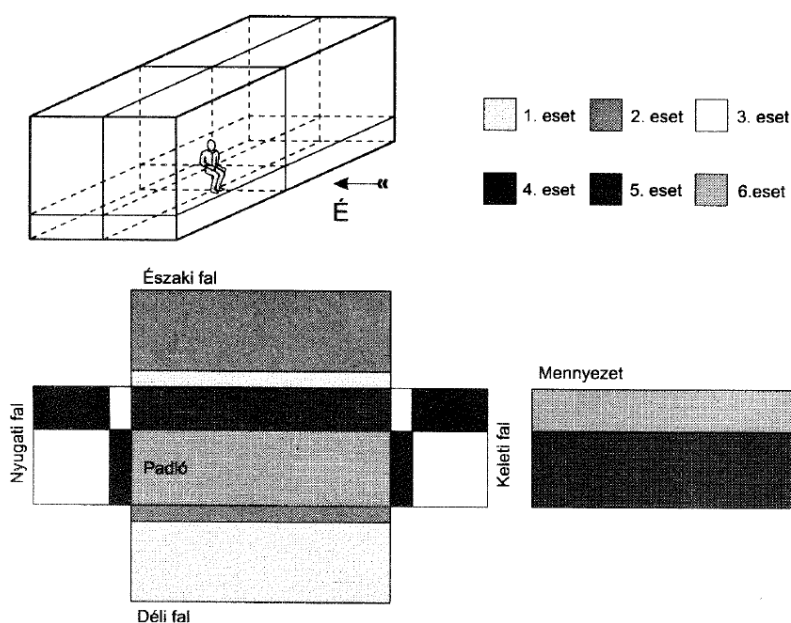
$$t_r^- = \sqrt[4]{\sum_{i=1}^n \varphi_{eFi} \cdot T_{Fi}^4} - 273$$

A közepes sugárzási hőmérséklet összefüggésében szerepelnek a különböző felületek közötti besugárzási tényezők (φ_{eFi}) és a sugárzó felületek hőmérsékletei (T_{Fi}).

A dolgozatban a vizsgált épület 5 választott helyiségében számítottam ki az operatív hőmérsékletek értékeit a teljes fűtési időnyre -15 °C-tól +15 °C-ig.

4.4.1.1 Besugárzási tényezők

A besugárzási tényezők értéket a tér adott pontján tartózkodó egyénre vonatkozóan egyszerűsített számítással, határoztam meg *Fanger* elmélete szerint, diagramok alapján. Az elmélet lényege az, hogy a teret egy vízszintes síkkal és két függőleges síkkal elmetsszük és felosztjuk a határoló felületeket 6 alapesetre vonatkozóan a **4.2 ábra** szerint. [2.]



4.2. Ábra: A zárt tér határoló felületeinek felosztása 6 alapesetre vonatkozóan [2.]

A vizsgálatot ülő emberre végeztem el, tehát a helyiséget 0,6 m magasan metszettem el. A vizsgálatnál a besugárzási tényezők meghatározásához *Fanger* szerinti besugárzási eseteket használtam fel. Az egyén azt a falfelületet nézi, amelyen az ablak helyezkedik el.

- **1. eset:** A sugárzó felület az egyén előtt 0,6 m felett és az egyén mögött 0,6 m alatt helyezkedik el.
- **2. eset:** Az egyén előtt 0,6 m alatt, az egyén mögött 0,6 m fölött
- **3. eset:** Jobbról és balról az egyén előtt 0,6 m felett, mögötte 0,6 m alatt
- **4. eset:** Jobbról és balról az egyén előtt 0,6 m alatt, mögötte 0,6 m felett
- **5. eset:** Mennyezeten az egyén előtt, a padlón az egyén mögött
- **6. eset:** Mennyezeten az egyén mögött, a padlón az egyén előtt

A besugárzási tényezők meghatározásához szükséges diagramok az **M.3. melléklet M.3.2 ábráján** láthatók. Az 5,90x4,95 m-es helyiségben a besugárzási tényezők a következők:

4.7. Táblázat: Besugárzási tényezők

Besugárzási tényezők	
Eset	φ_i
1. eset	0,053
2. eset	0,043
3. eset	0,036
4. eset	0,034
5. eset	0,044
6. eset	0,033

Ellenőrzés:

$$\sum 4 \cdot \varphi_{eFi} = 4 \cdot (0,053 + 0,043 + 0,036 + 0,034 + 0,044 + 0,033) = 0,972 \approx 1,0 \rightarrow \text{Elfogadható}$$

4.4.1.2 Lehülő felületek és hőmérsékletük

A lehülő felületek a külső határoló szerkezetek belső felületei. Ezek a felületek alapesetenként változnak, annak függvényében, hogy az egyén éppen melyik felületet nézi. Számításaim során azt feltételeztem, hogy abba az irányba néz, amelyik falfelületen a nyílászárók elhelyezkednek, minden helyiség ugyanezt a helyzetet feltételeztem. Így helyiségenként ugyanazokkal a felületekkel számoltam:

- Külső határoló fal belső felülete
- A homlokzati nyílászáró belső felülete

- A radiátor felülete

A felületek nagysága helyiségenként változó, hiszen különböző a hőszükségletnek megfelelő méretű és hőteljsítményű radiátorokat alkalmaztam.

A lehülő felületek hőmérsékletét a következő összefüggéssel lehet számolni:

$$t_{bf} = t_i - (t_i - t_e) \frac{U}{h_i}$$

A radiátor felületi hőmérsékletét adott külső hőmérsékletek mellett a 90/70-es és a 75/60-as radiátorok szabályozási görbéiről olvastam le, ami az **M.3. mellékletben** található.

4.4.1.3 Az operatív hőmérsékletek alakulása a fűtési idényben

Az operatív hőmérséklet fűtési idénybeli alakulásának, a vizsgálatának a célja, hogy megállapítsam, hogy a téli időszakban a hőérzet alapján, milyen komfortkategóriákba sorolhatók az épület egyes helyiségei, összehasonlítva a számított értékeket az **MSZ CR 1752:2000 1. táblázata** alapján meghatározott követelményértékekkel.

Az operatív hőmérsékletek értékei különböző helyiségekben meghatározva teljesen eltérő értékeket mutatnak. Az operatív hőmérséklet értéke függ:

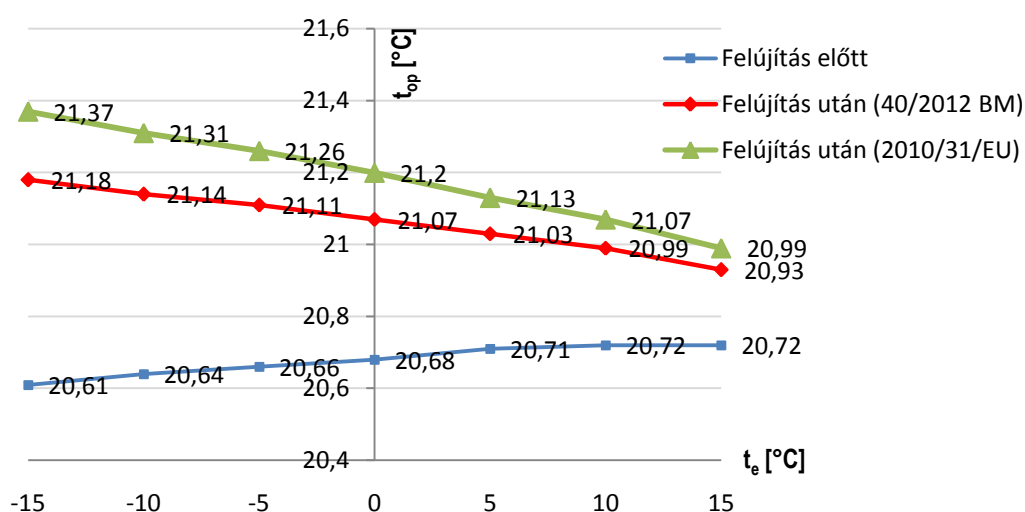
- A helyiség geometriai kialakításától (ebben az esetben 5 olyan helyiségről van szó, melynek alapterületei és belmagasságai is megegyeznek, így azonos besugárzási tényezőket kapunk, tehát a geometriai függést nem vizsgáltam a dolgozatban),
- A hőt az emberi testre sugárzó felületek méretétől és elhelyezkedésétől, hőmérsékletétől, illetve a helyiség elhelyezkedésétől az épületben,
- A külső hőmérséklettől,
- Az egyén elhelyezkedésétől a helyiségben.

Az operatív hőmérsékletek értékeit a fűtési idényre vonatkozóan számítottam ki, hét különböző külső hőmérséklet érték esetén: -15 °C, -10 °C, -5 °C, 0 °C, 5 °C, 10 °C, 15 °C.

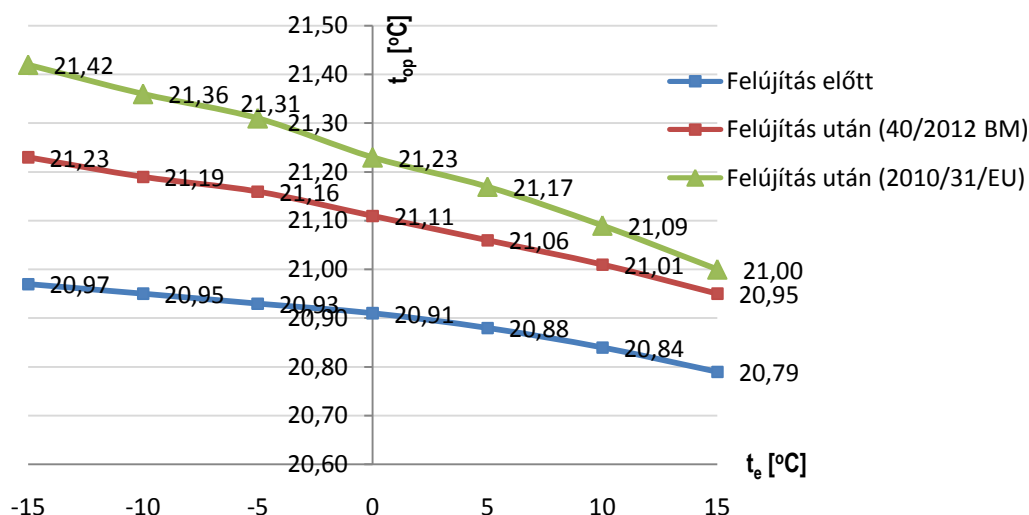
A vizsgálat alapfeltevése az volt, hogy a helyiségek az épületen belüli különböző elhelyezkedése hatással az operatív hőmérsékletek alakulására. A vizsgált helyiségek mindegyike eltérő mértékben rendelkezik külső határoló felülettel, melyek belső felületi hőmérsékletei, mint az emberi testnek hőt sugárzó felületek, jelentősen befolyásolják az operatív hőmérséklet értékét.

Továbbá az is vizsgálat tárgyát képezte, hogy a jelenlegi és a 2018-ban bevezetendő közel zéró energiaigényű épület követelményrendszere alapján történő energetikai felújítás milyen hatással van az operatív hőmérsékletek alakulására a fűtési időnyben.

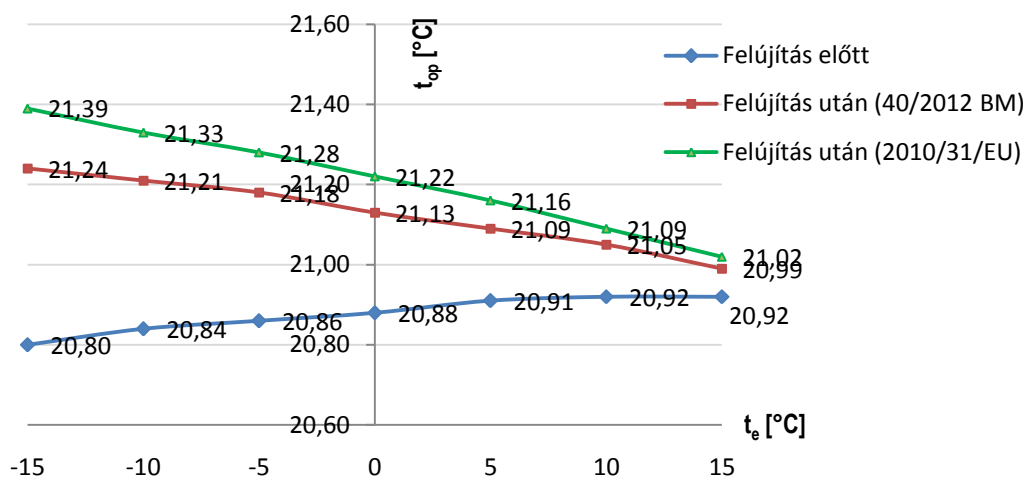
A következő diagramokról leolvasható az operatív hőmérsékletek alakulása a fűtési időnyben a különböző elhelyezkedésű helyiségek esetén, továbbá az, hogy milyen hatással vannak az energetikai felújítások az értékeire. Ezek táblázatos formában megtalálhatók a **M.3. melléklet M.3.10 táblázatában**.



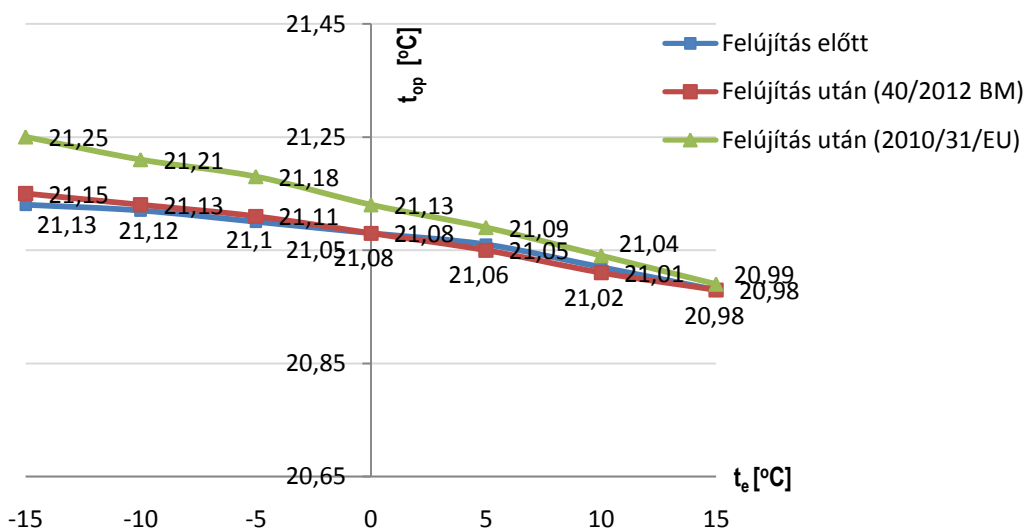
4.3. Ábra: Operatív hőmérsékletek a 2 ablakkal rendelkező földszinti sarokhelyiségben (1.eset)



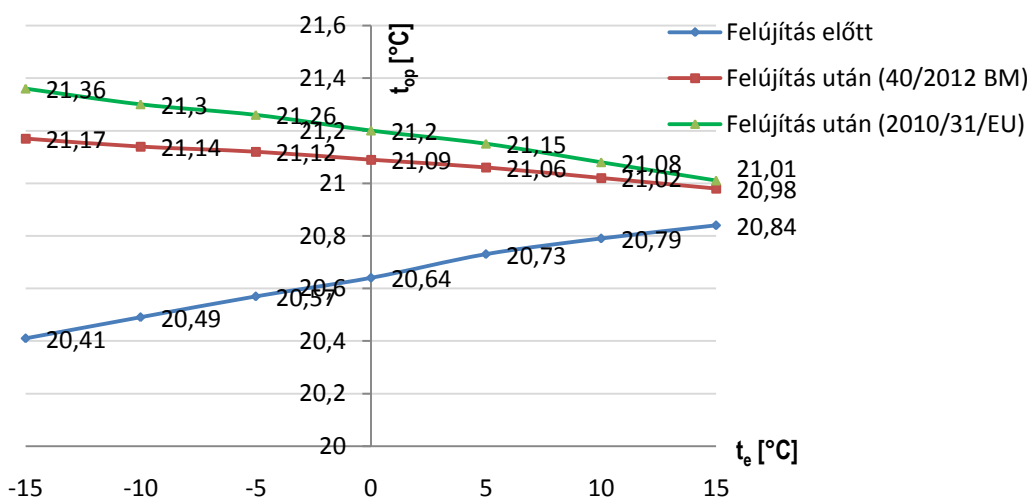
4.4. Ábra: Operatív hőmérsékletek a 3 ablakkal rendelkező földszinti sarokhelyiségben (2. eset)



4.5. Ábra: Operatív hőmérsékletek a közbelső emeleti sarokhelyiségben (3. eset)



4.6. Ábra: Operatív hőmérsékletek az egy külső fallal rendelkező közbelső emeleti helyiségben (4. eset)



4.7. Ábra: Operatív hőmérsékletek legfelső emeleti sarokhelyiségben (5. eset)

A fenti diagramokból látszik, hogy a feltételezésnek megfelelően a helyiségek elhelyezkedése az épületen belül befolyásolja az operatív hőmérséklet alakulását. Továbbá összefüggés látható a helyiségek hővesztesége és az operatív hőmérsékletek között. A legnagyobb hőveszteség a legfelső szint sarokhelyiségében volt tapasztalható, ennek megfelelően az operatív hőmérséklet a felújítás előtt ebben a helyiségben mutatja a legkisebb értékeket. Tehát annak ellenére, hogy a belső térben tartjuk a $+ 22\text{ }^{\circ}\text{C}$ hőmérsékletet, a hőérzetünkre befolyással vannak a minket körülvevő felületek hőmérsékletei. Az energetikai felújítások során a felületszerkezetek (födémek, falak) hőszigetelésének egyik célja az, hogy a külső határoló szerkezetek belső felületeinek hőmérsékletét megnöveljük, a külső felületi hőmérsékletüket pedig csökkentsük, a helyiségben tartózkodó egyének hőérzetének javítása céljából. A külső határoló szerkezetek hőszigetelése után a belső felületi hőmérsékletek akár több fokkal is megemelkedhetnek. Jól mutatja ezt a **4.8. táblázat**, melyben a belső felületek hőmérsékletei láthatók, a határoló szerkezetek különböző hőátbocsátási tényező értékei mellett, abban az esetben, ha a külső hőmérséklet $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$, és a helyiség a legfelső emeleti sarokhelyiség.

4.8. Táblázat: Belső felületi hőmérsékletek a legfelső emeleti sarokhelyiségben különböző hőátbocsátási tényezők mellett $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ külső hőmérsékletnél

Belső felületi hőmérsékletek -15°C külső hőmérsékletnél a felújítás előtt						
		$t_i\text{ (}^{\circ}\text{C)}$	$t_e\text{ (}^{\circ}\text{C)}$	$U\text{ (W/m}^2\text{K)}$	h_i	$t_{bf}\text{ (}^{\circ}\text{C)}$
1.	Külső fal	22	-15	1,452	8	15,28
2.	Mennyezet	22	-15	1,971	10	14,71
3.	Ablak	22	-15	2,800	8	9,05
4.	Padló	22	22	1,499	6	22,00
Belső felületi hőmérsékletek -15°C külső hőmérsékletnél a 40/2012 BM szerinti követelményeknél						
		$t_i\text{ (}^{\circ}\text{C)}$	$t_e\text{ (}^{\circ}\text{C)}$	$U\text{ (W/m}^2\text{K)}$	h_i	$t_{bf}\text{ (}^{\circ}\text{C)}$
1.	Külső fal	22	-15	0,409	8	20,11
2.	Mennyezet	22	-15	0,243	10	20,35
3.	Ablak	22	-15	1,600	8	14,60
4.	Padló	22	22	0,447	6	22,00
Belső felületi hőmérsékletek -15°C külső hőmérsékletnél a 2010/31/EU követelményeknél						
		$t_i\text{ (}^{\circ}\text{C)}$	$t_e\text{ (}^{\circ}\text{C)}$	$U\text{ (W/m}^2\text{K)}$	h_i	$t_{bf}\text{ (}^{\circ}\text{C)}$
1.	Külső fal	22	-15	0,197	8	21,09
2.	Mennyezet	22	-15	0,145	10	21,12
3.	Ablak	22	-15	1,000	8	17,38
4.	Padló	22	22	0,238	6	22,00

Ennek megfelelően a **4.3 – 4.7 ábrákról** leolvasható, hogy a megnövekedett belső felületi hőmérsékletek hogyan befolyásolják az operatív hőmérsékletek alakulását azonos külső hőmérsékletek mellett. Láthatóan minden helyiségben akár több tized fokkal is megemelkedtek az operatív hőmérsékletek, ezek látszólag elhanyagolható értékek, de komfortkategória növekedést okoznak a helyiségekben.

4.5 A helyiségek komfortkategóriákba sorolása

Az **MSZ CR 1752:2000 1. Táblázata** alapján a téli időszakban a legmagasabb fokozatú elvárás (A kategória) határértékei az operatív hőmérséklet szempontjából 22 ± 1 °C. Tehát az alsó határ 21 °C. A felújítás előtt ez alatt határérték alatt voltak az operatív hőmérsékletek, tehát a szabvány szerinti „B” komfortkategóriát biztosították. Ez alól egyetlen helyiség, az egy külső határoló fallal rendelkező közbenső szinti helyiség volt, ebben az esetben ugyanis az energetikai felújítás előtt is teljesült az „A” komfortkategória követelménye, még a felújítás előtti rossz hőtechnikai jellemzőkkel bíró szerkezetek esetén is. Az egyes helyiségek komfortkategória szerinti besorolását az operatív hőmérsékletek alapján a **4.9 táblázat** foglalja össze.

4.9. *Táblázat: A vizsgált helyiségek komfort besorolása az operatív hőmérsékletek alapján téli időszakban, követelményszintek teljesítése mellett*

A helyiségek komfortkategóriái			
	Felújítás előtt	Felújítás után (40/2012 BM)	Felújítás után (2010/31/EU)
1. eset	B	A	A
2. eset	B	A	A
3. eset	B	A	A
4. eset	A	A	A
5. eset	B	A	A

4.6 A szükséges fűtési energiaigény számítása

A fűtési energiát + 22 °C belső hőmérséklet tartásához számoltam ki a fűtési idényre vonatkozóan. A számítás célja, hogy kimutassam mennyi energia szükséges helyiségenként a fűtési idényben. A szükséges fűtési energia a következőktől függ:

- A belső tervezési hőmérséklettől
- A direkt sugárzási nyereségektől
- A helyiségek fűtési határhőmérsékletétől
- A helyiségek hőveszteségétől
- Az épület szakaszos üzemétől
- A helyiségek épületen belüli elhelyezkedésétől

4.6.1 A hőtároló tömeg

Az egyensúlyi hőmérséklet különbség számításánál a **40/2012 BM rendelet 2. melléklet 3.2/b pontja alapján** a hőtároló tömeg hatását egy ε hasznosítási tényezővel veszi figyelembe.

Az épület nettó fűtött alapterületére vetített fajlagos hőtároló tömege alapján az épület:

- nehéz, ha $m \geq 400 \text{ kg/m}^2$;
- könnyű, ha $m < 400 \text{ kg/m}^2$.

A hasznosítási tényező értéke:

- nehéz szerkezet: $\varepsilon = 0,75$,
- könnyű szerkezet: $\varepsilon = 0,50$. [20]

A fajlagos hőtároló tömeg:

$$m = \frac{[(0,015 \cdot 1650 \cdot 28,95) + (0,085 \cdot 1700 \cdot 28,95)] + [(0,01 \cdot 1650 \cdot 29,21) + (0,09 \cdot 2400 \cdot 29,21)]}{29,21} = 400,24 \text{ kg/m}^2$$

A számításnál nem vettem figyelembe a belső falakat és közbenső födémeket, de így is meghaladja a fajlagos hőtároló tömeg a 400 kg/m^2 -t, tehát egészen biztosan nehéz szerkezetről van szó. Ennek megfelelően:

$$400,24 \text{ kg/m}^2 < 400 \text{ kg/m}^2, \text{ tehát az épület nehéz} \rightarrow \varepsilon = 0,75$$

4.6.2 A direkt sugárzási nyereségek

A Direkt sugárzási nyereség a fűtési idényre vonatkoztatva (Q_{sd}), a **40/2012 BM rendelet 2. melléklet III. fejezet III.4/a összefüggés** alapján számítható a következőképpen:

$$Q_{sd} = \varepsilon \sum A_{\bar{u}} g I_b \quad [\text{kWh/a}]$$

ahol: ε : Hőtároló tömeg hatását kifejező hasznosítási tényező,

$A_{\bar{u}}$: Nettó üvegfelület

g : Össz-sugárzás áteresztési tényező

I_b : Átlag intenzitás téli egyensúlyi hőfokkülönbség számításához

A fűtési idényre jellemző sugárzási energia hozam a **BM rendelet 3. mellékletének 2. pontja** alapján vehető fel. A vizsgált épület jellemzően K - NY tájolású, tehát a sugárzási energia hozam:

$$I_b = 50 \text{ kWh/m}^2\text{a}$$

Az össz - sugárzás áteresztési tényező (g) a nyílászáró szerkezetek típusának a függvénye. Esetemben a felújítás előtt a vizsgált helyiségek ablakai kapcsolt gerébtokos fa ablakok, melyek a kapcsolt tokok miatt két üvegtáblából állnak, közöttük levegőből, tehát az áteresztési tényező 0,75. A felújításkor a nyílászárók cseréjére is sor kerül. Az új ablakok PVC kerettel rendelkeznek, két 4 mm vastag üvegtáblával, melyek között a légrés 16 mm, közöttük argon gázzal, az áteresztési tényező így 0,65-re módosul a felújítás után.

Az épület nem rendelkezik semmilyen kapcsolódó üvegházzal, átriummal vagy passzív szoláris rendszerrel, tehát indirekt sugárzási nyereségekről nem beszélhetünk.

4.6.3 Az egyensúlyi hőmérséklet különbség

Az egyensúlyi hőmérséklet különbség lényegében a belső hőmérséklet és a fűtési határhőmérséklet különbsége. Az értéke figyelembe veszi a direkt sugárzási nyereséget, az indirekt sugárzási nyereségeket. Számol továbbá az épületek belső hőnyereségével, hiszen ezek mind csökkentik az épület veszteségeit.

Egyensúlyi hőfokkülönbséget a **40/2012 BM rendelet IV.2.** összefüggése alapján lehet számítani:

$$\Delta t_b = \frac{Q_{sd} + Q_{sid} + A_N q_b}{\sum AU + \sum l\Psi + 0,35nV} + 2 \quad [\text{K}]$$

Láthatóan a tört nevezőjében lévő érték nem más mint a hőveszteségtényező. Tehát egy helyiségben minél nagyobb a hőveszteség annál kisebb az egyensúlyi hőfokkülönbség és a fűtési határhőmérséklet annál közelebb van a belső hőmérsékletéhez. Tehát a határoló

szerkezetek hőátbocsátási tényezőjének csökkentésével csökkenthető a hőveszteség, ami a fűtési idény hosszát, ezáltal a fűtési energiaigény csökkenését is eredményezi. Ez a különbség jól megfigyelhető az egyensúlyi hőfokkülönbségen. [11.]

4.6.4 A fűtési határhőmérsékletek a helyiségekben

Az egyensúlyi hőfokkülönbség ismeretében már lehet számítani a fűtési határhőmérsékletet, ami a következők szerint alakul:

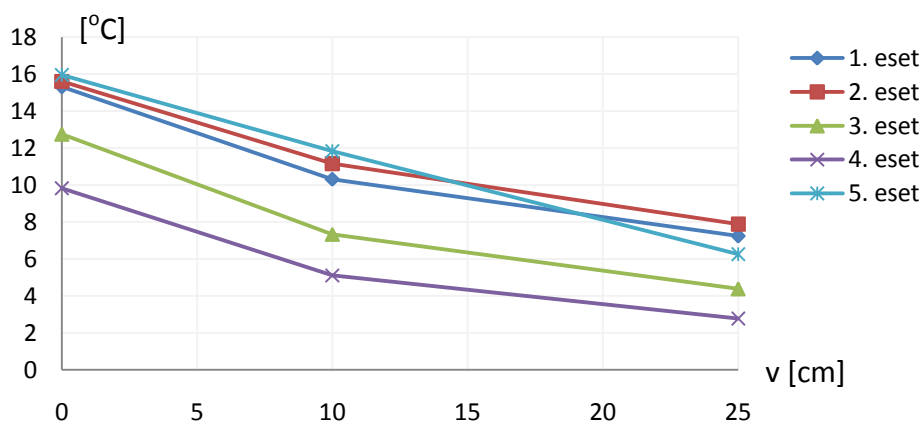
$$t_h = t_i - \Delta t_b \text{ [}^\circ\text{C]}$$

Az öt különböző helyiségre elvégzett számítás eredményeit a **4.10 táblázat** foglalja össze.

4.10. Táblázat: A fűtési határhőmérsékletek alakulása a helyiségekben

Fűtési határhőmérsékletek						
helyiség	Felújítás előtt		Felújítás után (40/2012 BM)		Felújítás után (2010/31/EU)	
	Δt_b (K)	t_h ($^\circ\text{C}$)	Δt_b (K)	t_h ($^\circ\text{C}$)	Δt_b (K)	t_h ($^\circ\text{C}$)
1. eset	6,69	15,31	11,69	10,31	14,76	7,24
2. eset	6,39	15,61	10,85	11,15	14,12	7,88
3. eset	9,26	12,74	14,67	7,33	17,62	4,38
4. eset	12,18	9,82	16,89	5,11	19,24	2,76
5. eset	6,05	15,95	10,17	11,83	15,75	6,25

A táblázatból jól látszik, hogy az egyensúlyi hőfokkülönbségek nőnek a határoló szerkezetek hőszigetelésével, hiszen az helyiségek hővesztesége csökken, míg a nyereségáramok nem változnak, ami a fűtési határhőmérsékletek csökkenését eredményezi. Ez esetben lecsökkennek a fűtési idény napjai, ami a fűtési energiaigény csökkenését eredményezi. [8.]

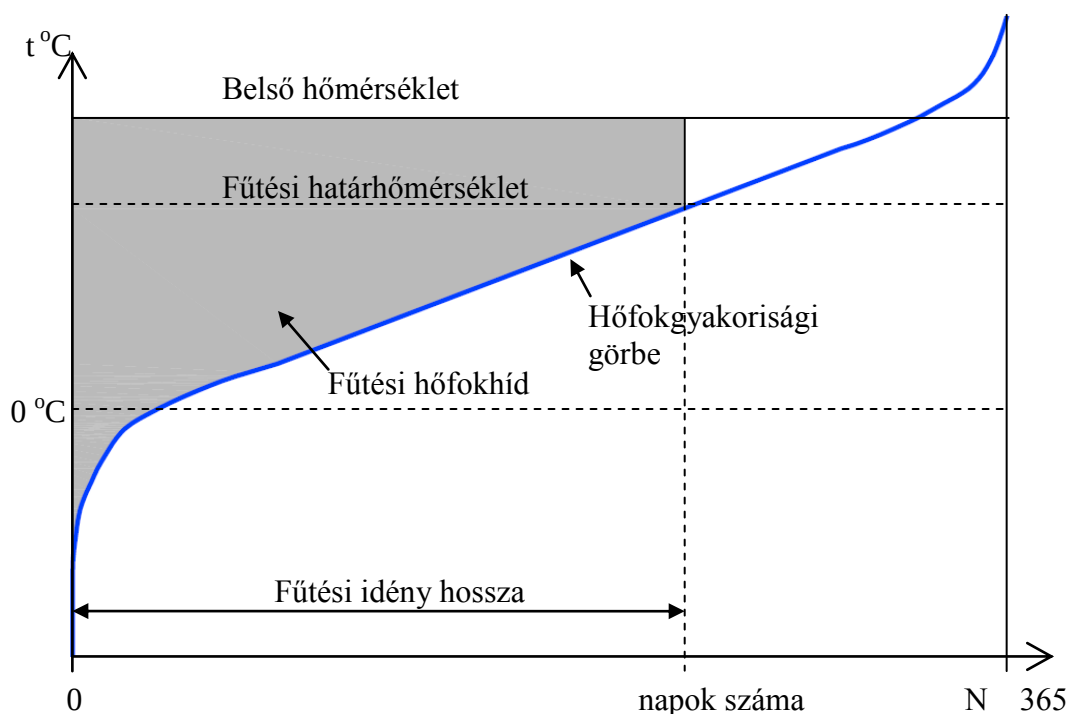


4.8. Ábra: A fűtési határhőmérsékletek a homlokzati hőszigetelés függvényében

A **4.8 ábrán** látható diagramos formában, hogy hogyan alakulnak a fűtési határhőmérsékletek a homlokzati hőszigetelés vastagságának függvényében. Ahogyan arra számítani lehetett, a legfelső, azaz a 2. emeleti sarokhelyiségben mutatják a legnagyobb értékeket. A legkevesebbet pedig legkevesebb külső határoló szerkezettel rendelkező, ezáltal a legkisebb hőveszteségű helyiségben. Továbbá észrevehető az is, hogy a felújítás előtti és felújítás utáni határhőmérsékletek közötti relatív különbség is a legkisebb hőveszteségű helyiségben a legnagyobb.

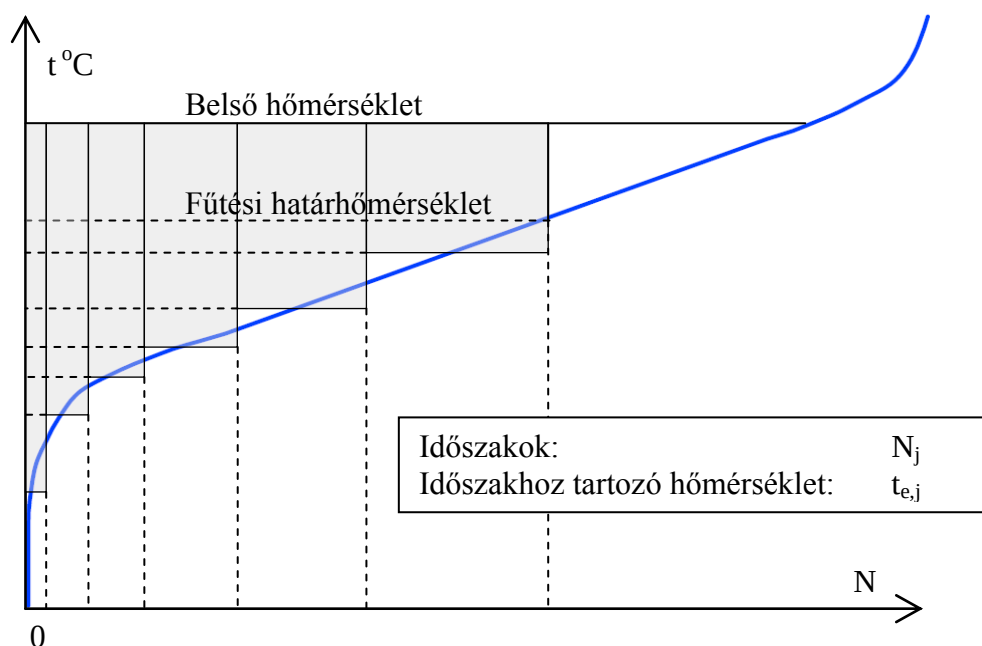
4.6.5 A fűtési hőfokhidak meghatározása

A fűtési hőfokhíd a belső hőmérséklet és a fűtési határhőmérséklet függvénye. Meghatározásához szükségünk van a hőfokgyakorisági görbére. A fűtési hőfokhíd tulajdonképpen nem más, mint a hőfokgyakorisági görbén a belső hőmérséklet, a fűtési határhőmérséklethez tartozó időtartam és maga a hőfokgyakorisági görbe által közrefogott terület. Leegyszerűsítve a dolgot, egy naptári időszakban a helyiség belső és a külső hőmérsékletkülönbségeinek és az időtartamainak szorzatösszege. A hőfokhíd értelmezését a **4.9. ábra** mutatja.



4.8. Ábra: A fűtési hőfokhíd értelmezése

Az ábrából látszik, hogy a fűtési hőfokhíd pontos meghatározása igen bonyolult feladat, ezért a számítás elvégzésekor közelítő módszert alkalmaztam. A módszer lényege, hogy a fűtési időszak hosszát felosztottam időtartamokra, az időtartamokhoz rendeltem egy - egy külső hőmérséklet értéket, ilyen módon téglalapokra felosztva a hőfokhidat. Az alacsonyabb külső hőmérsékleteknél besűrítettem az időszakokat a görbe nagy meredeksége miatt, magasabb hőmérséklettartományokban a görbe közel lineáris jelleget vesz fel, így ott lehetőség van a hosszabb időszakok alkalmazására. A közelítő számítás elvét a **4.9 ábra** mutatja.



4.9. Ábra: A fűtési hőfokhíd közelítő meghatározása

Az ábra alapján fűtési hőfokhíd a fűtési idény egészére nézve a helyiség belső és a külső hőmérsékletkülönbségeinek és az időtartamainak szorzatösszege.

$$H = \sum_{j=1}^n N_j \cdot (t_i - t_{e,j}) \text{ [hK]}$$

A hőfokgyakorisági görbéből látszik, hogy, ha a fűtési hőfokhíd minél nagyobb, annál hosszabb a fűtési idény, nagysága teljes mértékben a fűtési határhőmérséklettől függ. A fűtési határhőmérséklet minél alacsonyabb annál kisebb a közrefogott terület. Tehát nagymértékben függ a hőveszteségtől. Egy nagy hőveszteségű helyiségben a hőfokhíd magas lesz, így a szükséges fűtési energiaigény értéke is megnő.

A hőfokgyakorisági görbe a **M.3. melléklet M.3.1 ábráján** látható. A számított hőfokhidakat és a hozzá tartozó fűtési idény hosszakat a **4.11. táblázatokban** láthatjuk. A táblázat első része

a felújítás előtti értékeket tartalmazza, a második része a **40/2012 BM rendelet** követelményei szerint felújított épületre vonatkozóan, a harmadik része pedig a **2010/31/EU irányelv** szerinti követelményeket teljesítő épület esetén mutatja a hőfokhidakat különböző helyiségekre kiszámolva.

4.11.1 Táblázat: A fűtési hőfokhíd alakulása helyiségenként felújítás előtt

A fűtési hőfokhíd alakulása helyiségenként a felújítás előtt				
Helyiség	Egyensúlyi hőm. Különbség (K)	F. határhőm (°C)	Hőfokhíd (hK)	Fűtési idény (h)
1. eset	6,69	15,31	94790	6048
2. eset	6,39	15,61	95222	6144
3. eset	9,26	12,74	86700	4968
4. eset	12,18	9,82	77788	4032
5. eset	6,05	15,95	95652	6168

4.11.2 Táblázat: A fűtési hőfokhíd alakulása helyiségenként felújítás után (40/2012 BM)

A fűtési hőfokhíd alakulása helyiségenként a felújítás után (40/2012 BM)				
Helyiség	Egyensúlyi hőm. Különbség (K)	F. határhőm (°C)	Hőfokhíd (hK)	Fűtési idény (h)
1. eset	11,69	10,31	79862	4176
2. eset	10,85	11,15	80342	4464
3. eset	14,67	7,33	66379	3192
4. eset	16,89	5,11	52110	2520
5. eset	10,17	11,83	82348	4632

4.11.3 Táblázat: A fűtési hőfokhíd alakulása helyiségenként felújítás után (2010/31/EU)

A fűtési hőfokhíd alakulása helyiségenként a felújítás után (2010/31/EU)				
Helyiség	Egyensúlyi hőm. Különbség (K)	F. határhőm (°C)	Hőfokhíd (hK)	Fűtési idény (h)
1. eset	14,76	7,24	67944	3456
2. eset	14,12	7,88	69818	3552
3. eset	17,62	4,38	52203	2328
4. eset	19,24	2,76	41443	1800
5. eset	15,75	6,25	61684	2928

Megjegyzés: A mellékletben található hőfokgyakorisági görbe az 1900-as évek elején mért adatok alapján készült. A mai magyar tervezési gyakorlatban még mindig ezt a görbét használják, ami a [6] - ban található, melynek megjelenési dátuma 1952. Az elmúlt évtizedekben a klímaváltozás hatására ez a hőfokgyakoriság már kevésbé érvényes. Egy az elmúlt évtizedekben történő mérés alapján összeállított görbét használva ezek az értékek több százalékkal is eltérhetnek.

4.6.6 A fűtési energiaigény számítása

A fűtési energiaigény az energia, amelyet a fűtési hőigény fedezése céljából a fűtési rendszerbe be kell vezetni. Az éves, nettó fűtési energia igény függ az épület veszteségeitől és a belső hőnyereségektől. Az energiaigény a hőnyereségek figyelmen kívül hagyásával:

$$Q = H \cdot K \cdot \sigma \quad [\text{Wh}]$$

ahol: σ : Az épület üzemelésének szakaszosságát figyelembevevő korrekciós tényező

K: hőveszteségtényező

H: fűtési hőfokhíd

A számításokat helyiségenként külön végeztem el, azt vizsgálva, hogy a 22 °C belső hőmérséklet a fűtési idényben mennyi fűtési energiával tartható fent. A vizsgálatot elvégeztem a felújítás előtt, és az energetikai felújítások utáni jellemzőivel az épületnek. A vizsgálatból ki kell derülnie, hogy milyen hatással van a helyiségek épületen belüli elhelyezkedése a szükséges fűtési energia igényre, illetve, hogy miként alakul az energiafogyasztása felújítás előtt és után.

Az épület szakaszos üzemét figyelembevevő korrekciós tényezőket épülettípusonként a **7/2006 TNM rendelet 3. melléklet IV. fejezetének 1. táblázata** adja meg. Irodaépületek esetén ez a szorzó $\sigma = 0,8$. A helyiségek hőveszteségtényezőjét a **4.3 fejezetben** ismertetett összefüggés alapján lehet számítani. A különböző helyiségekhez tartozó fűtési hőfokhidak értékei a **4.11 táblázatokban** találhatóak, amiket – a már ismertetett – közelítő módszerrel határoztam meg. Ezekből az adatokból számított éves, nettó fűtési energiaigényeket helyiségenként, illetve a fűtött alapterületre vetített éves, nettó fajlagos fűtési energiaigényt a **4.12 táblázatok** mutatják, a felújítás előtt, illetve a különböző direktívák szerinti energetikai felújítások esetén.

4.12.1 Táblázat: Fűtési energiaigény helyiségenként felújítás előtt

Fűtési energiaigény helyiségenként a felújítás előtt					
Helyiség	H (hK)	K (W/K)	σ	Q (kWh/a)	Q _f (kWh/m ² a)
1. eset	94790	112,72	0,80	8547,78	292,63
2. eset	95222	120,37	0,80	9169,50	313,92
3. eset	86700	72,82	0,80	5050,80	172,91
4. eset	77788	51,90	0,80	3229,76	110,57
5. eset	95652	130,39	0,80	9977,65	341,58

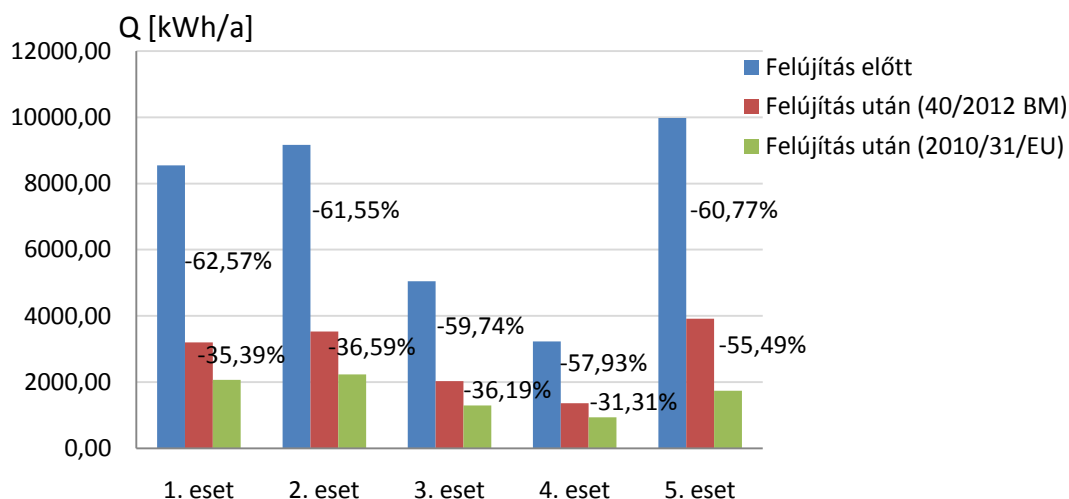
4.12.2 Táblázat: Fűtési energiaigény helyiségenként felújítás után (40/2012 BM)

Fűtési energiaigény helyiségenként a felújítás után (40/2012 BM)					
Helyiség	H (hK)	K (W/K)	σ	Q (kWh/a)	Q _f (kWh/m ² a)
1. eset	79862	50,08	0,80	3199,59	109,54
2. eset	80342	54,85	0,80	3525,41	120,69
3. eset	66379	38,29	0,80	2033,32	69,61
4. eset	52110	32,59	0,80	1358,61	46,51
5. eset	82348	59,41	0,80	3913,84	133,99

4.12.3 Táblázat: Fűtési energiaigény helyiségenként felújítás után (2010/31/EU)

Fűtési energiaigény helyiségenként a felújítás után (2010/31/EU)					
Helyiség	H (hK)	K (W/K)	σ	Q (kWh/a)	Q _f (kWh/m ² a)
1. eset	67944	38,03	0,80	2067,13	70,77
2. eset	69818	40,02	0,80	2235,29	76,52
3. eset	52203	31,07	0,80	1297,56	44,42
4. eset	41443	28,15	0,80	933,30	31,95
5. eset	61684	35,3	0,80	1741,96	59,64

A táblázatok utolsó oszlopában a helyiségek alapterületére vetített fajlagos energiaigény látható. A magyarországi épületállomány átlagos, fajlagos, éves, nettó fűtési energiaigénye kb. 150 – 200 kWh/m²a, a táblázat adataiból kiűnik, hogy a vizsgált helyiségek egy részének fűtési energiaigénye ezt meghaladja. Az egész épületre vonatkozóan ez a megállapítás nem reprezentatív. Továbbá a felújítás előtti értékekből jól kitűnik, hogy a helyiségek energiaigénye egyenesen arányos a hőveszteséggel. Továbbá a helyiségek elhelyezkedése is befolyással van az energiaigények alakulására. Ennek megfelelően a 2. emeleti (legfelső) sarokhelyiségben kell a fűtési rendszerbe a legtöbb energiát bevinni ahhoz, hogy fedezzük a hőszükségletet, és az 1 külső fallal rendelkező közbenső emeleti helyiségben a legkevesebbet. Ez a tendencia a felújítás előtt és a TNM rendelet követelményei szerinti felújítás esetén is érvényesül. Kiemelendő az adatok közül a **4.12.3 táblázatban** a 2. emeleti sarokhelyiség energiaigénye. Az előző két esethez képest nem itt a legnagyobb a fűtési rendszerbe bevezetendő szükséges energia. Ez abból következhet, hogy a felújítás előtt magasan a legrosszabb hőátbocsátási tényezővel rendelkező határoló szerkezet a lapostető volt. Viszont a jelenlegi és a jövőbeli szabályozás követelményei a lapostetővel szemben a legszigorúbbak, így arányaiban nagyobb javulás mutatkozik a szerkezet hőtechnikai jellemzőiben, ezáltal csökkentve a helyiség hőveszteségeit. A **4.10. ábrán** az előző táblázatok adatai alapján egy oszlop diagram látható, amely tartalmazza a csökkenések százalékos értékeit is.



4.10. Ábra: A fűtési energiaigény alakulása az egyes helyiségekben különböző követelményszintek teljesítés esetén

Az ábrán látható, hogy a felújítások milyen arányban csökkentették a fűtési energiaigényt. A helyiségek hőveszteségei miatt különbözően alakulnak az energiaigények, de elmondható minden helyiségre, hogy a felújítások arányaiban közel ugyanolyan mértékben csökkentik az energiafogyasztást. A **7/2006 TNM rendelet** szerinti felújítás minden esetben közel 60%-al csökkentette, a **2010/31/EU** direktíva szerinti pedig az előzőhöz képest körülbelül 35 %-al.

4.7 Az "A" komfortkategóriához szükséges fűtési energia

A cél a helyiségek belső terében a megfelelő komfortkörülmények megtartása, ugyanis az energia felhasználás csökkentése nem mehet a komfortérzet rovására. A **4.5 fejezetben** leírtak alapján az energetikai felújítások előtt a helyiségek javarésze a közepes szintet (B) teljesítette komfortkategória szempontjából. A felújítás után minden esetben teljesítette az épület a legmagasabb fokú elvárásnak megfelelő komfortkategóriát (A).

Az **MSZ CR 1752:2000 1. Táblázata** szerint az „A” komfortkategória alsó határértéke operatív hőmérséklet szempontjából 21 °C. A felújítások előtti állapotban a helyiségek operatív hőmérsékletei az egész fűtési idényben ezen érték alatt mozogtak. A felújítások után pedig ezek fölött. Tekintettel arra, hogy a komfortkategóriához elegendő az, hogy 21 °C legyen az operatív hőmérséklet, az energiafogyasztás ennek megfelelően változik. A felújítások előtti állapotban a legmagasabb komfortkategória tartásához többlet energia bevitele szükséges a rendszerbe. Az energetikai felújítások után megemelkedett operatív hőmérsékletek miatt, az energiafogyasztás ezekben az esetekben csökkenthető.

A következő számítások célja az, hogy megtudjam, mely esetekben van szükség és mennyi többletenergiára és mely esetekben lehetséges az energia fogyasztás csökkentése és milyen mértékben lehetséges. Abból kell kiindulni, hogy a legmagasabb komfortfokozat alsó követelményértékére, tehát 21 °C-ra kell vennünk az operatív hőmérsékletek értékét, hiszen ebben az esetben kapjuk a komfortkategória tartásához szükséges legkevesebb fűtési energiaigényt.

Kiindulásképpen azt kell meghatároznom, hogy mekkora legyen a belső hőmérséklet, ha az operatív hőmérséklet éppen 21 °C. Ehhez az operatív hőmérséklet összefüggését kell felhasználnom, melyből kifejezhető a belső hőmérséklet a következőképpen:

$$t_a = \frac{t_{op} \cdot (h_c + h_r) - h_r \cdot \bar{t}_r}{h_c} \quad [^{\circ}\text{C}]$$

A belső levegő hőmérsékletének ismeretében ki tudom számolni azt, hogy mekkora a fűtési energiaigény az adott belső hőmérsékletekhez.

Az operatív hőmérséklet a fűtési idényben változik annak megfelelően, hogy mennyi a külső hőmérséklet. Így a legmagasabb komfortkategóriához szükséges belső hőmérséklet is folyamatosan változik. Ezért a számításnál figyelembe kell venni azt, hogy egy adott külső hőmérséklet érték egy évben hány napon fordul elő. Ezek az időtartamok a hőfokgyakorisági görbéről leolvashatók. Mivel hét különböző külső hőmérséklet esetén vizsgáltam az operatív hőmérsékletek alakulását, ezért a hőmérsékletek közötti különbségeknek megfelelő hőmérséklettartományok időtartamait határoztam meg. A hőfokgyakoriságokat a **4.13 táblázat** tartalmazza.

4.13. Táblázat: A fűtési idény vizsgált külső hőmérsékleteinek hőfokgyakorisága

Hőfokgyakoriságok		
-15	0,5	nap/év
-10	1	nap/év
-5	8,5	nap/év
0	31	nap/év
5	73	nap/év
10	63	nap/év
15	56,00	nap/év
Fűtési idény hossza:	233	nap/év

Minden egyes operatív hőmérsékletnek a 21 °C-hoz képest megvizsgáltam az eltérését és számítottam egy – egy hozzá tartozó belső hőmérséklet értéket. A fűtési idényre vonatkozó, a

komfortkategória követelményének megfelelő operatív hőmérsékletek tartásához szükséges belső hőmérsékleteket ezen hőmérsékletek hőfokgyakorisággal súlyozott átlagaként adtam meg. Az eredmények a **4.14. táblázatokban** találhatók.

4.14.1. Táblázat: "A" komfortkategóriához szükséges belső hőmérsékletek (felújítás előtt)

"A" komfortkategóriához szükséges belső hőmérsékletek (felújítás előtt)					
Külső hőm. (°C)	1. eset	2. eset	3. eset	4. eset	5. eset
-15	22,81	22,06	22,41	21,73	23,22
-10	22,74	22,1	22,34	21,75	23,05
-5	22,70	22,14	22,28	21,79	22,89
0	22,66	22,18	22,25	21,83	22,74
5	22,60	22,25	22,18	21,87	22,56
10	22,57	22,33	22,16	21,96	22,43
15	22,57	22,43	22,16	22,04	22,33
Súlyozott érték: (°C)	22,60	22,30	22,18	21,93	22,51

4.14.2. Táblázat: "A" komfortkategóriához szükséges belső hőmérsékletek (40/2012 BM)

"A" komfortkategóriához szükséges belső hőmérsékletek (40/2012 BM)					
Külső hőm. (°C)	1. eset	2. eset	3. eset	4. eset	5. eset
-15	21,63	21,53	21,5	21,69	21,65
-10	21,71	21,61	21,57	21,73	21,71
-5	21,77	21,67	21,63	21,77	21,75
0	21,85	21,77	21,73	21,83	21,81
5	21,94	21,87	21,81	21,90	21,87
10	22,02	21,98	21,89	21,98	21,96
15	22,14	22,10	22,02	22,04	22,04
Súlyozott érték: (°C)	21,99	21,93	21,86	21,94	21,92

4.14.3. Táblázat: "A" komfortkategóriához szükséges belső hőmérsékletek (2010/31/EU)

"A" komfortkategóriához szükséges belső hőmérsékletek (2010/31/EU)					
Külső hőm. (°C)	1. eset	2. eset	3. eset	4. eset	5. eset
-15	21,24	21,13	21,18	21,48	21,26
-10	21,36	21,26	21,3	21,57	21,38
-5	21,46	21,36	21,4	21,63	21,46
0	21,59	21,52	21,53	21,73	21,59
5	21,73	21,65	21,66	21,81	21,69
10	21,85	21,81	21,81	21,92	21,83
15	22,02	22,00	21,95	22,02	21,98
Súlyozott érték: (°C)	21,80	21,75	21,74	21,87	21,77

A táblázatok utolsó soraiból láthatjuk, hogy a legmagasabb fokú elvárásnak megfelelő komfortkategóriák tartása eltérő belső hőmérsékletek esetén lehetséges. A felújítás előtt jellemzően a tervezett 22 °C-nál magasabb belső hőmérsékletekre van szükség, a felújítások után elegendő kisebb belső hőmérsékletek biztosítása a 21 °C operatív hőmérséklet tartásához.

A helyiségek hőveszteségei nem változnak ezáltal a fűtési határhőmérsékletek sem. A megváltozott belső hőmérsékletekkel minden helyiség esetében megváltozik a fűtési hőfokhíd is, ugyanis a hőfokgyakorisági görbe függőleges tengelyén a belső hőmérsékletek eltolódnak, módosítva ezzel a görbe és a határhőmérsékletek által közrefogott területet. Ennek megfelelően változni fog a szükséges fűtési energiaigény értéke.

Az új belső hőmérsékletekhez tartozó fűtési energiaigények értékeit kiszámítottam az összes helyiségre összehasonlításképpen a 22 °C belső hőmérséklethez szükséges energiamennyiséghez képest. A súlyozott belső hőmérsékletekhez tartozó megváltozott hőfokhidakat és megváltozott energiaigényeket és a különbségek százalékos értékeit a **4.15 táblázatok** tartalmazzák.

4.15.1. Táblázat: A megváltozott fűtési energiaigények és különbségeik a felújítás előtt

A fűtési energiaigények különbségei a felújítás előtt							
Helyiség	t_i [°C]	$t_{i,s}$ [°C]	$H(t_i)$ [hK]	$H(t_{i,s})$ [hK]	$Q(t_i)$ [kWh/a]	$Q(t_{i,s})$ [kWh/a]	Különbség [%]
1. eset	22	21,93	94790	94367	8547,78	8509,61	-0,45
2. eset	22	22,30	95222	97065	9169,50	9346,99	1,94
3. eset	22	22,51	86700	89234	5050,80	5198,40	2,92
4. eset	22	22,60	77788	80207	3229,76	3330,20	3,11
5. eset	22	22,18	95652	96762	9977,65	10093,46	1,16

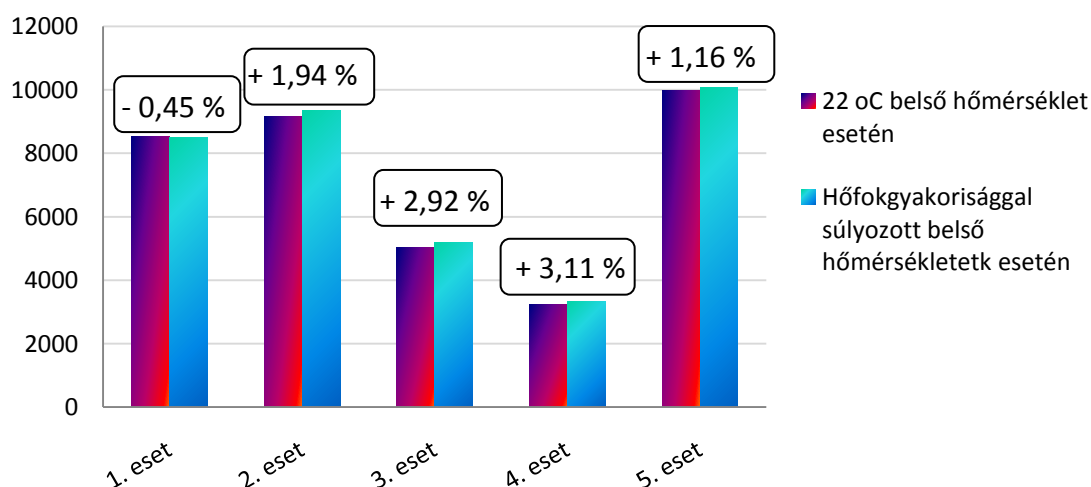
4.15.2. Táblázat: A megváltozott fűtési energiaigények és különbségeik a felújítás után
(40/2012 BM)

A fűtési energiaigények különbségei a felújítás után (40/2012 BM)							
Helyiség	t_i [°C]	$t_{i,s}$ [°C]	$H(t_i)$ [hK]	$H(t_{i,s})$ [hK]	$Q(t_i)$ [kWh/a]	$Q(t_{i,s})$ [kWh/a]	Különbség [%]
1. eset	22	21,94	79862	79611	3199,59	3189,55	-0,31
2. eset	22	21,93	80342	80030	3525,41	3511,70	-0,39
3. eset	22	21,92	66379	66124	2033,32	2025,50	-0,38
4. eset	22	21,99	52110	52085	1358,61	1357,95	-0,05
5. eset	22	21,86	82348	81700	3913,84	3883,01	-0,79

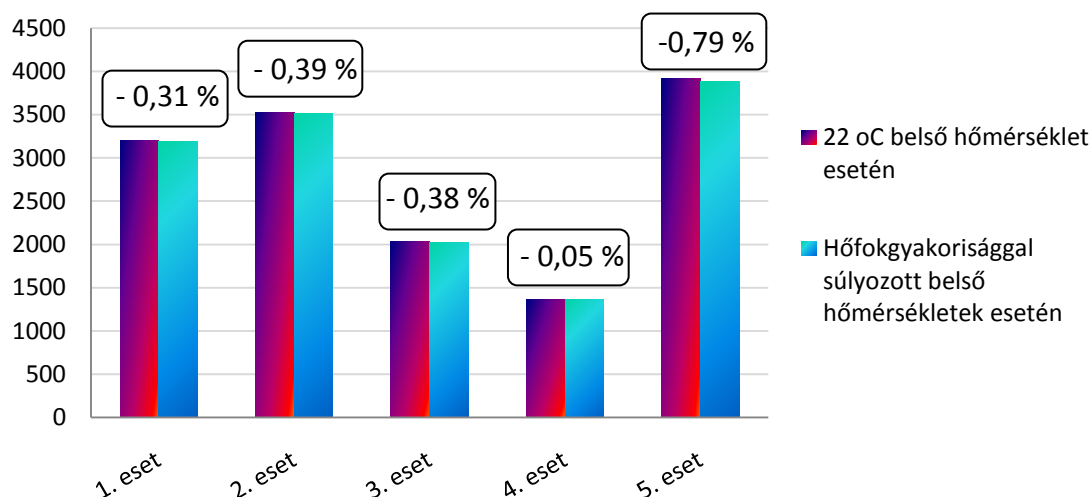
4.15.3. Táblázat: A megváltozott fűtési energiaigények és különbségeik a felújítás után
(2010/31/EU)

A fűtési energiaigények különbségei a felújítás után (2010/31/EU)							
Helyiség	t_i [°C]	$t_{i,s}$ [°C]	$H(t_i)$ [hK]	$H(t_{i,s})$ [hK]	$Q(t_i)$ [kWh/a]	$Q(t_{i,s})$ [kWh/a]	Különbség [%]
1. eset	22	21,87	67944	67495	2067,13	2053,46	-0,66
2. eset	22	21,75	69818	68930	2235,29	2206,86	-1,27
3. eset	22	21,77	52203	51668	1297,56	1284,25	-1,03
4. eset	22	21,80	41443	41083	933,30	925,19	-0,87
5. eset	22	21,74	61684	60923	1741,96	1720,46	-1,23

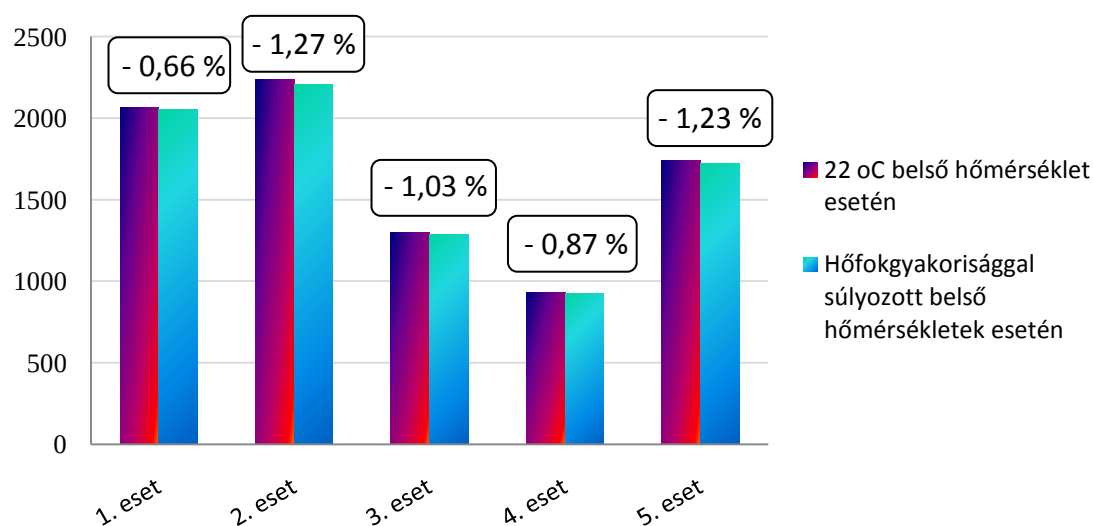
A táblázatokban látható, hogy a hőfokgyakorisággal súlyozott belső hőmérsékletek és az alaphelyzetben feltételezett belső hőmérséklet különbségei kicsik, ennek megfelelően a fűtési hőfokhidak változása is viszonylag kicsi, amiből következik, hogy a szükséges fűtési energia megváltozása is kismértékű. A 22 °C belső hőmérséklet igénye a helyiségekben azt eredményezi, hogy a számított operatív hőmérsékletek értékei viszonylag közel állnak az **MSZ CR 1752:2000** szabvány által megadott „A” komfortkategória tartományának alsó határértékéhez, így viszonylag kicsi energiaigény különbséggel tudjuk létre hozni a megfelelő komfortkategóriát a helyiségekben. Ez a megállapítás igaz a felújítás előtti és a felújítás utáni viszonyokra is, azzal a különbséggel, hogy a felújítás előtt jellemzően energia többlet bevitelére van szükség, míg a felújítások után jellemzően energia bevitel csökkentésre. A következő oszlopdiagramok a fűtési energia bevitel változásának mértékét és százalékos arányát mutatják (4.11. ábrák).



4.11.1. Ábra: A fűtési energiaigények százalékos különbségei a felújítás előtt



4.11.2. Ábra: A fűtési energiaigények százalékos különbségei a felújítás után (40/2012 BM)



4.11.3. Ábra: A fűtési energiaigények százalékos különbségei a felújítás után (2010/31/EU)

A 21 °C operatív hőmérséklet elérése mindössze néhány százalékos változást eredményezett minden esetben, sőt van, ahol csak néhány tized százalékról lehet beszélni. A felújítások előtt a megfelelő komforthoz láthatóan energia többlet bevitele szükséges a rendszerbe, míg az energetikai felújítások után a komfortkategória alsó határának eléréséhez, lehetőség van a fűtési energiaigény csökkentésére.

5.0 ÖSSZEFOGLALÁS

A dolgozatban közölt számítási eredmények az energetikai tanúsítási gyakorlattól eltérően nem az épület egészére terjedtek ki, hanem egy - egy helyiségre az épületen belül. A különböző helyiségek külső környezettel határos szerkezeteinek eltérő geometriája jelentősen befolyásolja a belső környezet paramétereit. Tehát különböző mértékű energia befektetéssel lehet fenntartani a helyiségekben egységesen a legmagasabb fokú elvárásnak megfelelő komfortkategóriákat. Tehát a helyiségek elhelyezkedése az épületen belül befolyással van:

- Az elhelyezkedés határoló szerkezetek belső felületeinek eltérő nagysága miatt és az eltérő mértékű vonal menti hőhidak miatt befolyással van a hőveszteségekre
- A fűtési határ hőmérsékletekre
- A szükséges fűtési energia igényre
- A közepes sugárzási hőmérsékletre és az operatív hőmérsékletre a helyiségekben
- A belső levegő szükséges hőmérsékletére a helyiségekben
- A felhasznált fűtési energiára a helyiségekben

A feltételezett energetikai felújítások eltérő energetikai szabályozási rendszereken alapultak. Ez alapján megállapítható, hogy a jelenleg érvényben lévő szabályozás szerinti felújítások is jelentősen, akár helyiségenkénti átlagban akár 60%-al is csökkentik a helyiségek energiaigényét. Viszont a közel nulla energiafogyasztás követelményei alapján történő felújítás, a jelenlegivel összevetve, helyiségenkénti átlagban, mintegy 30%-os energiaigény csökkenést eredményez.

A komfortkategóriák vizsgálatából kiderült, hogy egy közepes szintnek megfelelő komfortkategória lehetséges egy gyenge hőtechnikai jellemzőkkel rendelkező épületben is. A számításokból kiderült, hogy ehhez rendkívül nagy fűtési energia befektetésre van szükség. Az energetikai felújításokkal javult a helyiségek komfortminősége, mert a számított közepes sugárzási hőmérséklet magasabb az épületszerkezetek jobb hőátbocsátási tényezője miatt. Viszont érdemes tisztázni azt, hogy a legmagasabb komfortkategóriához szükséges minimális energia befektetést akkor érhető el, ha az operatív hőmérséklet a szabvány által megadott tartomány legalacsonyabb értéke, így lehetséges az alacsonyabb belső hőmérséklet tartása a helyiségekben. A dolgozat utolsó fejezeteiben lévő számítások egyértelműen arra világítanak rá, hogy ha ezt figyelembe vesszük, akkor az energetikai felújítások után még néhány százalékkal csökkenthető a fűtési energiaigény.

6.0 SUMMARY

In this research work energy and thermal comfort calculations were performed and analysed for different rooms of an office building. The geometry of closing elements has a strong influence on the obtained indoor microclimate in different rooms. Due to this, the indoor environment parameters that are required by uppermost comfort category prescriptions with different quantities of energy investments. As a conclusion it can be established that the location of a closed space in a building affects:

- the heat loss, due to different areas of external building elements and different linear thermal bridges;
- the balance point temperature of the room;
- the energy demand for heating;
- the mean radiant temperature and the operative temperature in the room;
- the required indoor air temperature in the room;
- the energy use for heating in the room.

The building refurbishment measures assumed are based on different regulations related to energy quality of buildings. According to the written subjects established that, that refurbishing the building according to the present requirements the energy use for heating in different rooms can be decreased by 60%. Refurbishing the building according to nearly zero energy requirements the energy use for heating will decrease further with 30%.

Analysing the influence of comfort category requirement shows that the “B” category can be fulfilled even with poor thermal properties of the building envelope, even though a huge amount of energy is needed. After thermal refurbishment of the building, the temperatures of internal surfaces of external building elements increased, therefore the comfort quality of the building increased, since the mean radiant temperature obtained is higher due to better overall heat transfer coefficient of external building elements. As a consequence the same operative temperature can be obtained with a lower indoor air temperature. Of course, the highest energy saving can be obtained in that case in which the lowest possible operative temperature is kept, which fulfils the requirements of comfort regulations. The last part of performed research shows that further energy saving can be obtained if this possibility given by standards is properly exploited.

7.0 JÖVŐBENI KUTATÁSOK

A jelen TDK dolgozatban közölt kutatások mindössze a fűtési energiaszükségletek meghatározására terjedtek ki. Ahhoz, hogy az épületek energiahatékonyságáról teljes képet kapjunk ez önmagában nem elegendő. Ki kell térni a használati melegvíz ellátáshoz szükséges energiaigényre, továbbá - ha nem lakóépületről van szó - a világítás energiaigényére. A jövőbeli kutatási célok között szerepel ezek vizsgálata is. Ennek megfelelően az energetikai minőségi osztályokba sorolás és a komfortkategóriákhoz szükséges energiaigények kapcsolatának a vizsgálata. Továbbá az ezekhez kapcsolódó költségek elemzése.

8.0 KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ezúton szeretnék köszönetet mondani Dr. Kalmár Ferenc, főiskolai tanár, tanszékvezető úrnak, amiért a munkámat mindenben segítette. Sokéves tapasztalatával és építő jellegű tanácsaival hozzájárult a dolgozatom lehető legmagasabb színvonalon történő elkészítéséhez. A konzultációkon készséggel sietett a segítségemre az összes felmerült problémámmal kapcsolatban és bocsájtotta rendelkezésemre azokat a tananyagokat, segédleteket és szakirodalmakat melyek nagyban segítették a dolgozatom elkészítését.

9.0 HIVATKOZÁSOK

Felhasznált irodalom:

- [1.]: Baumann M. - Csoknyai T. - Kalmár F. - Magyar Z. - Majoros A. - Osztroluczky M. - Szalay Zs. - Zöld A.: Épületenergetika Segédlet. Pécsi Tudományegyetem Pollack Mihály Műszaki Kar. 2009. április.
- [2.]: Dr. Kalmár F.: A belső környezet minősége. Egyetemi jegyzet. Debreceni Egyetem Műszaki Kar. Terc kiadó. Budapest 2013. – ISBN 978-963-9968-58-5
- [3.]: Osztroluczky M.: A hőátbocsátási tényezőkre vonatkozó követelmény. Épületenergetikai szabályozás 2012 - 2019. 2011. május.
- [4.]: Csoknyai T. - Kalmár F. - Szalay Zs. - Talamon A. - Zöld A.: Megújuló energiaforrásokat alkalmazó közel nulla energiafogyasztású épületek követelmény rendszere. Debreceni Egyetem Műszaki Kar. 2012. május.
- [5.]: Király Zs.: Összefoglaló az épületek energetikai jellemzőiről szóló direktíva felülvizsgálatáról. Energia klub. 2010. január.
- [6.]: Macskásy Á.: Központi fűtőberendezésekkel kapcsolatos előtanulmányok, Tankönyvkiadó, Budapest, 1952.

Felhasznált weboldalak:

- [7.]: Az épületek energetikai szabályozása
<http://www.tervlap.hu/tovabbkepzes/tananyag/id/300>
letöltve: 2013.11.02.
- [8.]: Dr. Csoknyai István: Csökkenthető az energiafelhasználás.
<http://amiotthonunk.hu/epitesi-tanacsok/csokkenthet-az-energiafelhasznalas.html>
letöltve: 2013.11.09.

Felhasznált publikációk:

- [9.]: Dr. Bánhidi L. - Szabó J.: Belső terek új EU normái energetikai szempontból. Magyar energetika. 2003/1. szám.
- [10.]: Dr. Magyar Z.: Az épületenergetikai irányelv és belső környezet paramétereinek kapcsolata. Magyar Épületgépészet, LV. évfolyam, 2006/1. szám.
- [11.]: Baumann M.: Épületek energetikai felújításának optimalizálása. Magyar Installateur. 2009/10. szám.

Hivatkozott szabványok:

- [13.]: **MSZ CR 1752:2000:** Épületek szellőztetése – Belső környezeti követelmények. Belső környezeti kategóriák. MSZT 2000.
- [14.]: **MSZ EN ISO 7730:1998:** Komfort közeli hőmérsékletű munkahelyek. A PMV- és a PPD- index meghatározása és a kellemes hőérzet feltételeinek előírása. 1998.
- [15.]: **MSZ EN 15251:2007:** Épületek energia-teljesítőképességének tervezésére és becslésére, levegőminőségére, hőmérsékletére, fény- és akusztikai viszonyaira vonatkozó beltéri bemeneti paraméterei. 2007.
- [16.]: **MSZ EN ISO 14683:2008:** Hőhidak az épületekben. Vonalmenti hőátbocsátási tényező. Egyszerűsített módszerek és felülírható kiinduló értékek. 2008.
- [17.]: **MSZ 04 140/2:1991:** Hőtechnikai méretezés. Magyar Szabványügyi Testület 1991.
- [18.]: **MSZ EN 442-2:1996/A2:2004:** Radiátorok és konvektorok. 2. rész: Vizsgálatok és teljesítményadatok. 2004.

Hivatkozott rendeletek:

- [19.]: **7/2006. (V. 24.) TNM** rendelet az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról
- [20.]: **40/2012. (VIII. 13.) BM rendelet** az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról szóló 7/2006. (V. 24.) TNM rendelet módosításáról

JELÖLÉSEK JEGYZÉKE

U	Hőátbocsátási tényező	$[\text{W}/\text{m}^2\text{K}]$
$U_{\text{köv}}$	Hőátbocsátási tényező követelményértéke	$[\text{W}/\text{m}^2\text{K}]$
PMV	A hőérzettel elégedetlenek aránya	-
PPD	A hőérzettel várhatóan elégedetlenek százalékos aránya	%
d	Rétegvastagság	$[\text{m}]$
λ	Hővezetési tényező	$[\text{W}/\text{mK}]$
c	Az anyagok fajhője	$[\text{kJ}/\text{kgK}]$
ρ	Az anyagok testsűrűsége	$[\text{kg}/\text{m}^3]$
R	Hővezetési ellenállás	$[\text{m}^2\text{K}/\text{W}]$
K	Hővesztéstényező	$[\text{W}/\text{K}]$
A	Külső határoló szerkezetek belső felülete	$[\text{m}^2]$
ψ	Vonal menti hőátbocsátási tényező	$[\text{W}/\text{mK}]$
n	Légcserezszám	-
V	A helyiség térfogata	$[\text{m}^3]$
t_i	A belső levegő hőmérséklete	$[\text{°C}]$
t_e	A külső levegő hőmérséklete	$[\text{°C}]$
Q	A helyiség hőszükséglete	$[\text{W}]$
q_R	A radiátor hőleadása	$[\text{W}]$
q_m	A radiátor névleges teljesítménye	$[\text{W}]$
Δt	Logaritmikus hőmérséklet különbség	$[\text{°C}]$
n	A fűtőtest kitevője	-
t_s	Előremenő vízhőmérséklet	$[\text{°C}]$
t_r	Visszatérő vízhőmérséklet	$[\text{°C}]$
t_a	Levegő hőmérséklete	$[\text{°C}]$
$\overline{t_r}$	Közepes sugárzási hőmérséklet	$[\text{°C}]$
t_{op}	Operatív hőmérséklet	$[\text{°C}]$
t_R	Eredő hőmérséklet	$[\text{°C}]$
t_{cl}	A ruházat közepes hőmérséklete	$[\text{°C}]$
h_c	Konvekciós hőátadási tényező	$[\text{W}/\text{m}^2\text{K}]$
h_r	Sugárzásos hőátadási tényező	$[\text{W}/\text{m}^2\text{K}]$
v_a	Légsebesség	$[\text{m}/\text{s}]$

$\frac{F_r}{F_{DU}}$	Effektív sugárzó felület és a test Du Bois-felülete közötti arány	-
φ_{eFi}	Besugárzási tényező	-
T_{Fi}	A sugárzó felületek hőmérsékletei	[K]
h_i	A belső levegő hőátadási tényezője	[W/m ² K]
h_e	A külső levegő hőátadási tényezője	[W/m ² K]
m	Fajlagos hőtároló tömeg	[kg/m ²]
t_{bf}	Határoló szerkezet belső felületének hőmérséklete	[°C]
Q_{sd}	Direkt sugárzási nyereség	[kWh/a]
ε	Hőtároló tömeg hatását kifejező hasznosítási tényező	-
$A_{ü}$	Nettó üvegfelület	[m ²]
g	Össz-sugárzás áteresztési tényező	-
Q_{TOT}	Fűtési idényre jellemző sugárzási energia hozam	[kWh/m ² a]
Q_{sid}	Indirekt sugárzási nyereség	[kWh/a]
Δt_b	Egyensúlyi hőfokkülönbség	[K]
t_h	Fűtési határhőmérséklet	[°C]
N_j	A fűtési hőfokhíd számításához kijelölt j-edik időtartam	[h]
$t_{e,j}$	A fűtési hőfokhíd számításához kijelölt j-edik időtartamhoz tartozó külső hőmérséklet	[°C]
H	Fűtési hőfokhíd	[hK]
$Q; Q_f$	Éves, nettó fűtési energiaigény	[kWh/a; kWh/m ² a]
σ	Az épület üzemelésének szakaszosságát figyelembevevő korrekciós tényező	-
$t_{i,s}$	21 °C operatív hőmérséklethez tartozó fűtési idényre vonatkoztatott belső hőmérsékletek hőfokgyakorissággal súlyozott értéke	[°C]