



ÉPÜLET ENERGETIKAI VISELKEDÉSÉNEK VIZSGÁLATA

KEREKES Attila, *okleveles létesítménymérnök,*
Dryvit Profi Bt.;
akerekesa@gmail.com

Kulcsszavak: *épületenergetika, termikus modell, szimuláció.*

Abstract:

The dynamical termical model of a building has been created by TRNSYS® program. The discrete values of the following parameters have been determined: structure, glazing ratio, way of usage and efficiency of the usage. The diagrams of the annual energy supply of the heating and cooling will be given as a result of the simulation with each parameter combinations performed on the building model. During the building engineering design process, the optimal values of the parameters can be chosen by this method. The difference of the energy usage caused by the impact of the unexpected events also can be determined.

1. Bevezetés

Adott épület megvalósítását az épület egyes paramétereinek a lehetséges paraméterterben történő rögzítéseként is értelmezhetjük. Természetes, hogy ide tartoznak az épületszerkezetek épületfizikai paraméterei, de a használat módja is, amely szintén jellemezhető fizikai paraméterekkel (üzem és üzemszüneti idő, használat gyakorisága, mértéke, eloszlása, stb.). Az üzemeltetési feltételek tehát a tervezés, megvalósítás során rögzített paraméterter további szűkítését jelentik. A megvalósult épület és épületgépészeti rendszer így értelmezett paraméterei és az időjárási jellemzők együttesen határozzák meg az épület energiahatékonyságát. Érdekes elgondolkodni azon, hogy a tervezés során hogyan vehető figyelembe ez a komplex paraméterhalmaz és ez alapján hogyan optimalizálható egy épület a tervezett feladatra.

A fenti szempontok alapján egy irodaépület termikus modelljén keresztül megvizsgáltam, hogyan befolyásolják az épület éves fűtési és hűtési energiafelhasználását az épület épületfizikai jellemzői és az épület használatának módja. A vizsgálathoz az épületfizikai jellemzők és a használatra vonatkozó jellemzők is 2-2 paramétert szolgáltatottak. A modellben minden egyes paraméter 3 különböző értéket vehetett fel, amelyek hatása együttesen került vizsgálatra. Az épület termikus modelljét a TRNSYS programban építettem fel. A modellen sorra lefutattam a 4 paraméter különféle értékeihez tartozó valamennyi lehetséges variációt. A kapott eredmények energiafelhasználásra gyakorolt hatását az értékelésben összefoglaltam.

2. A választott épület bemutatása

Az épület kétszintes, lapos tetős, szabadon álló irodaépület. Hasznos alapterülete 713,90 m². Az építés feltételezett helye Debrecen. Az épület hossz tengelye az északi iránnyal 45°-os szöveget zár be. Valamennyi homlokzat teljes benapozású. Szintenként irodák, tárgyalók,



teakonyhák, vizesblokkok, gépészeti helyiség, közlekedő és a földszinten szerver helyiség található. Az épület áttekintő alaprajzai a 2. és 3. ábrán látható.

A helyiségek fűtése és hűtése helyiségenkénti szabályozással ellátott fűtő/hűtő készülékek biztosítják.

A szellőzés központi légkezelő által előállított izotermikus szellőzőlevegővel történik, amely télen $22\pm 1^\circ\text{C}$, nyáron $24\pm 1^\circ\text{C}$ hőmérsékletű. A légkezelő hővisszanyerő berendezést tartalmaz. A helyiségek szellőzése az MSZ CR 1572 szabványban meghatározott „A” kategóriának megfelelő mértékű.

3. A modell felépítése, a vizsgálat menete, a felhasznált program adta lehetőségek

Az éves fűtési és hűtési energiafelhasználásának alakulását a bevezetésben már elővezetett módon, 4 paraméter különféle értékeinél vizsgáltam meg. Az összefüggéseket 5 dimenziós térben írhatjuk le, ahol a 4 paraméter független változó, az épület éves energiafelhasználása az ötödik függő változó.

$$Q_{\text{épületéves}} = f \left[\begin{array}{l} \text{Épületszerkezet} \\ \text{Ablakfelület} \\ \text{Üzemidő} \\ \text{Kiterheltség} \end{array} \right]$$

A vizsgálatot a 4 független változó 3-3 diszkrét értékére végeztem el, amelyek az alábbiak.

3.1. Tömör épületszerkezetek

Három változatot vizsgáltam, a tervezettet, a tervezetthez képest egy kisebb hőkapacitású és egy nagyobb hőkapacitású változatot, azonban csak a falszerkezeteket változtattam, mivel a gyakorlatban is erre van lehetőség a tervezés folyamán. A külső falakat azonos hőátbocsátási tényezőjűre váltottam ki. A padló és födém szerkezeteket a vizsgálat során nem változtattam. A változatok a következők:

Tervezett változat

- Külső fal (rétegtől belülről kifelé):
 - 1,5 cm mészvakolat
 - 30 cm Porotherm 30 HS falazat
 - 0,3 cm LB-KNAUF ragasztó tapasz
 - 8 cm polisztirol hőszigetelés
 - 0,3 cm külső oldali felületképzés
- Belső főfal
 - 1,5 cm mészvakolat
 - 30 cm Porotherm 30 falazat
 - 1,5 cm mészvakolat
- Válaszfal
 - 1,5 cm mészvakolat



10 cm Porotherm válaszfaltégla
1,5 cm mészvakolat

Könnyűszerkezetes változat

Külső fal (rétegrend belülről kifelé):
2,5 cm gipszkartont (párafékező fóliával)
16 cm ásványgyapot hőszigetelés
2,5 cm OSB lap
0,3 cm LB-KNAUF ragasztó tapasz
2 cm polisztirol hőszigetelés
0,3 cm külső oldali felületképzés
Belső főfal
2,5 cm gipszkartont
30 cm ásványgyapot hőszigetelés
2,5 cm gipszkartont
Válaszfal
2,5 cm gipszkartont
7,5 cm ásványgyapot hőszigetelés
2,5 cm gipszkartont

Nehéz szerkezetű (vasbeton) változat

Külső fal (rétegrend belülről kifelé):
1,5 cm mészvakolat
30 cm vasbeton
0,3 cm LB-KNAUF ragasztó tapasz
15 cm polisztirol hőszigetelés
0,3 cm külső oldali felületképzés
Belső főfal
1,5 cm mészvakolat
30 cm vasbeton
1,5 cm mészvakolat
Válaszfal (a válaszfalakat a gyakorlati szempontokat figyelembe véve meghagytam a tervezett típusra).
1,5 cm mészvakolat
10 cm Porotherm válaszfaltégla
1,5 cm mészvakolat

3.2. Üvegezett felületek (ablakok) mérete

Három változatot vizsgáltam, a melyeknél az ablakok méretét változtattam tervezetthez képest az egyik esetben felére, a másikban duplájára. Azt, hogy a megvilágításra stb. vonatkozó előírások teljesülnek-e, figyelmen kívül hagytam.

Változatok:

1. 0,5 x tervezett méretű ablakok



2. tervezett méretű ablakok
3. 2 x tervezett méretű ablakok

3.3. Üzemi és üzemszüneti idők hatása

Három féle menetrendet állítottam fel, amelyekben a használati idők a következők:

1. heti 7 munkanap, napi 24 órában (folyamatos használat)
2. heti 7 munkanap, napi 16 órában (0-6 óra: üzemszünet, 6-22 óra: üzemidő, 22-24 óra: üzemszünet)
1. heti 5 munkanap, napi 12 órában (0-7 óra: üzemszünet, 7-19 óra: üzemidő, 19-24 óra: üzemszünet), heti 2 nap (hétvége) egész napos üzemszünet

3.4. Használat – kiterheltség.

Az irodaépületben az egyes helyiségekben a tervezés során előírás szerinti létszámmal és az emberek által várhatóan használt számítógép darabszámmal számoltam. A valóságban az ott dolgozók nem biztos, hogy egész nap bent tartózkodnak, illetve annyi számítógépet használnak. Ennek megfelelően a belső hőterhelést képviselő tervezett létszám és számítógép mennyiségre három változatot állítottam fel:

1. 100%-os kiterheltség (tervezett)
2. 65%-os kiterheltség (0,65 x tervezett)
3. 30%-os kiterheltség (0,30 x tervezett)

Az épület modelljét a TRNSYS 16 programban építettem fel. A program használatára a DE-Műszaki Karán nyílt lehetőségem. A modell felépítését az 1. ábra mutatja.



Jelmagyarázat az 1. ábrához:



Épület

Épületmodell

Az épület modell jelen esetben 18 termikus zónát tartalmaz. A zónákat a 2. és 3. ábra mutatja.

Egy zóna több helyiségből is állhat. Közös zónába szomszédos helyiségek tartoznak, amelyek egymással való kapcsolatuk miatt várhatóan hasonló termikus viselkedést mutatnak.

Külön zónát alkotnak a földszinti és az emeleti helyiségek, kivéve a közlekedő, amely mindkét szintet magába foglalja. Szintén külön zóna a szerverhelyiség, a folyamatos magas belső hőterhelése miatt.

A gépészeti helyiségek is önálló zónát képeznek alacsonyabb téli léghőmérsékletük miatt, és mivel nincsenek hűtve.

A hűtéssel nem rendelkező vizesblokkok szintenként külön zónát képeznek.

Az épületmodell tartalmazza az építőanyagok paramétereit, az azokból felépített szerkezeteket, üvegezett felületeket. A zónák definiálása során meg kellett adni valamennyi határoló szerkezet típusát, tájolását, válaszfalak esetén a szomszédos zónákat. A zónán belüli válaszfalakat is fel kell építeni, mivel azok a hőtárolásban szerepet játszanak. Az üvegezett felületek (ablakok) esetén definiáltam a belső oldali árnyékolás naptényezőjét konstans 0,55 értékkel. A zónát határoló szerkezeteknél a zónába jutó direkt napsugárzás egyes felületek közötti eloszlását a program a szórt sugárzással azonos módon, a felületek rövidhullámú abszorpciós tényezőjével súlyozott felület arányban osztja szét.

A zónában meg kell adni a szimuláció kezdeti hőmérséklet és páratartalom értékeit, amely 20°C és 50%-ban került egységesen meghatározásra.

A zónák fűtési, hűtési programja megadható, amely a következő.

A fűtési helyiség hőmérsékletek:

Gépházak:		15°C
Irattár:	üzemidőben	19°C,
	üzemszünetben	15°C
Többi helyiség:	üzemidőben	22°C,
	üzemszünetben	15°C

A hűtési helyiség hőmérsékletek:

Gépházak:	-- (nincs hűtés)
Vizesblokkok:	-- (nincs hűtés)
Szerver:	24°C



Többi helyiség: üzemidőben 24°C,
 üzemszünetben: -- (nincs hűtés)

Az épületnél adható meg a zónákban a filtráció értéke. „A” kategóriás gépi szellőzésű irodaépületről lévén szó, a gépházak kivételével az egyszerűsítésként ezt nullára állítottam, a gépházakban, amelyek nem rendelkeznek gépi szellőzéssel, folyamatos 0,8 1/h értékre.

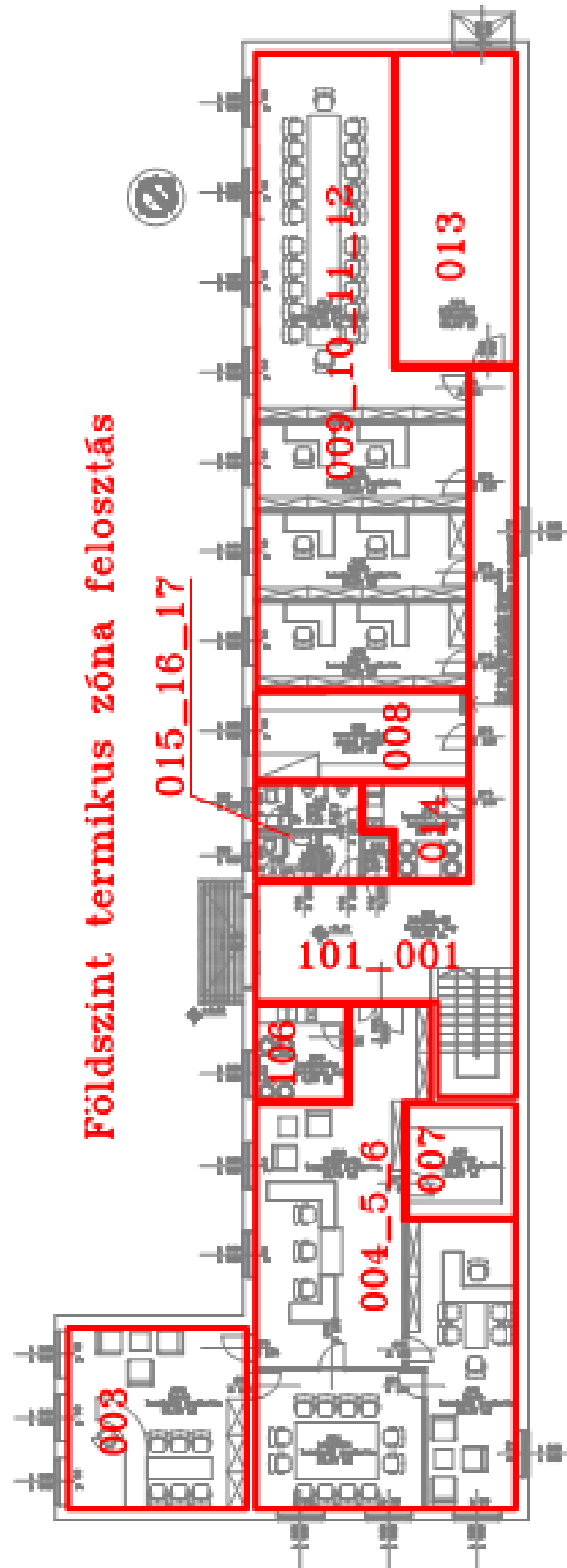
A gépi szellőzés légmennyiségeit az MSZ CR 1572 szabványban előírt értékekkel vettem figyelembe.

A szellőző levegő hőmérsékletét télen egységesen 22°C-ra, nyáron (hűtési szezonban) 24°C-ra állítottam.

A téli nyári, azaz a fűtési és hűtési szezon elhatárolása nem az épületben történik, hanem azt a „tél.nyár-időszak” komponens szolgáltatja az épület bemenőjeleként, és a szellőző levegő hőmérséklete ez alapján kerül beállításra. A szellőzés csak az épület üzemideje alatt működik.

A belső hőterheléseket úgy állítottam be, hogy az épület üzemideje alatt tervezett számú ember és számítógép végig bent van a zónákban, a kiterheltség paraméter vizsgált értékétől függően az alábbi szorzótényezőkkel módosítva:

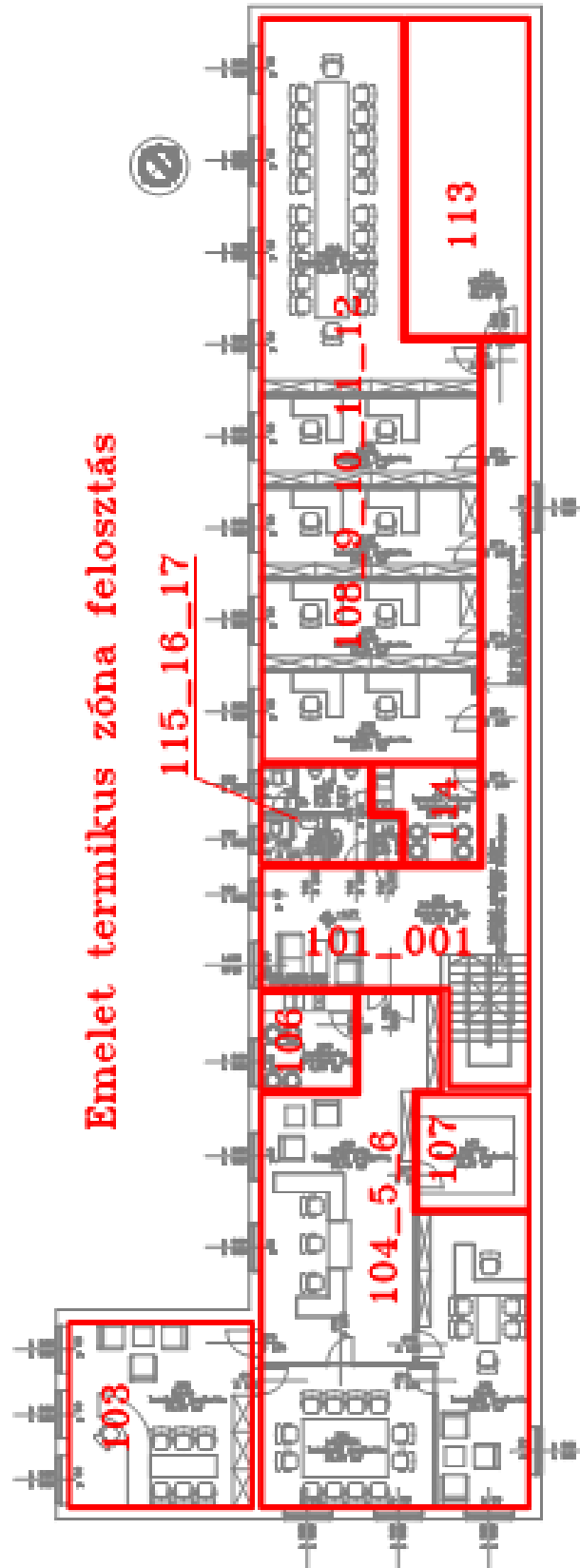
100%-os kiterheltség (tervezett)	1,00
65%-os kiterheltség (0,65 x tervezett)	0,65
30%-os kiterheltség (0,30 x tervezett)	0,30



2. ábra. Földszint termikus zónák



└



└

3. ábra. Emelet termikus zónák



Időjárás adatok

Ez a komponens tartalmazza szimuláció során szükséges időjárási adatokat. A vizsgálathoz a debreceni adatsort választottam. Az épület ÉNY-DK-i tájolása miatt a definiálni kellett az ÉNY, DNY, DK, ÉK-i tájolású felületeket a komponensekben, hogy az épület komponens megkapja a szükséges adatokat, mivel alapesetben csak a fő égtájakra számolva van kimenet.



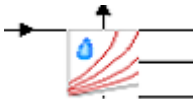
Radiation

Napsugárzási adatok csatolását végző komponens. Az időjárás adatok kimeneteiből előállítja és rendezi a sugárzási adatokat az épület bemenetihez.



Sky temp

Fiktív léghőmérséklet értéket állít elő az időjárás adatokból a külső felületek hőátadásának számításához, amely figyelembe veszi a levegő páratartalmát és az égboltra irányuló sugárzást.



Psychrometrics

Az időjárás adatokból elsősorban a szellőzéshez szükséges nedves levegő jellemzőit állítja elő (száraz, nedves éghőmérséklet, páratartalom, stb.).



Légfűtő

Légfűtő. Az épület komponens a gépi szellőzés hőigényét nem számolja, ezért ennek meghatározására az épület összes szellőző levegő mennyiségét külön, az épület szellőzésének menetrendjével azonos program szerint elő kell állítani, és össze kell gyűjteni a szükséges teljesítmény adatokat.



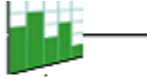
Léghűtő

Léghűtő. Az épület komponens a gépi szellőzés hűtésigényét sem számolja, emiatt ennek meghatározására az épület összes szellőző levegő mennyiségét külön, az épület szellőzésének menetrendjével azonos program szerint le kell hűteni, és összegyűjteni a szükséges adatokat.



Type8a

Termosztát. 24°C külső levegő hőmérséklet felett hűtési jelet ad a léghűtő részére, 22°C külső levegő hőmérséklet alatt pedig fűtési jelet küld a légfűtő részére.



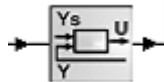
Tel_nyar_idoszak

A fűtési és a hűtési szezon szétválasztására szolgál. Az éven belül 0-2520 és 6240-8760 óráig a téli időszaknak megfelelően 22°C-os szellőzőlevegő alapjelet szolgáltat, 2521-6239 óráig pedig a nyári időszaknak megfelelően 24°C-os szellőzőlevegő alapjelet szolgáltat. 2520-2521 óra és 6239-6240 óra időintervallumokban a kimenő jel folytonosan változik 22°C és 24°C között. Ez a komponens megakadályozza, hogy fűtési időszakban beinduljon a léghűtő, hűtési időszakban pedig a léghevítő.



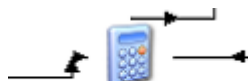
Szell_parameter

A kalkulátor a szellőző rendszer számára állítja elő a szellőzőlevegő hőmérsékletének előírt értékét valamint a szellőzőlevegő mennyiségét a léghűtő számára. Biztosítja, hogy amennyiben a légfűtő vagy léghűtő nem üzemel, az előírt szellőzőlevegő léghőmérséklet a száraz környezeti léghőmérséklettel legyen azonos, és így nem jelentkezik téves energiafelhasználás a légfűtőnél sem és a léghűtőnél sem.



Hutes_szab

A léghűtő hűtött levegő értéktartó szabályzója. A szabályzó a modellben közvetlenül a léghűtő hűtővíz tömegáram értékét adja a kimeneten. A szabályozott jellemző értékét a léghűtő szolgáltatja a szabályzó részére. Az alapértéket a Szell_paraméterek kalkulátor adja a szabályzó bemenetére.



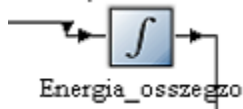
Leghut_uzemkapcs

A léghűtő hűtővíz tömegáram pillanatnyi értékét szolgáltatja.



Telj_mod_hvny

A léghevítő és a léghűtő teljesítményét módosítja a hővisszanyerő konstans megvalósulási fokának megfelelően.



Energia_osszezo

A léghevítő és a léghűtő energiafelhasználását gyűjti és összegzi a szimuláció időtartamára.



Szell_printer

A bementére kötött jelet a szimuláció időtartalmára a beállításnak megfelelően (pl. óránként) tárolja és a szimuláció végén az előre definiált txt fájlban elmenti.



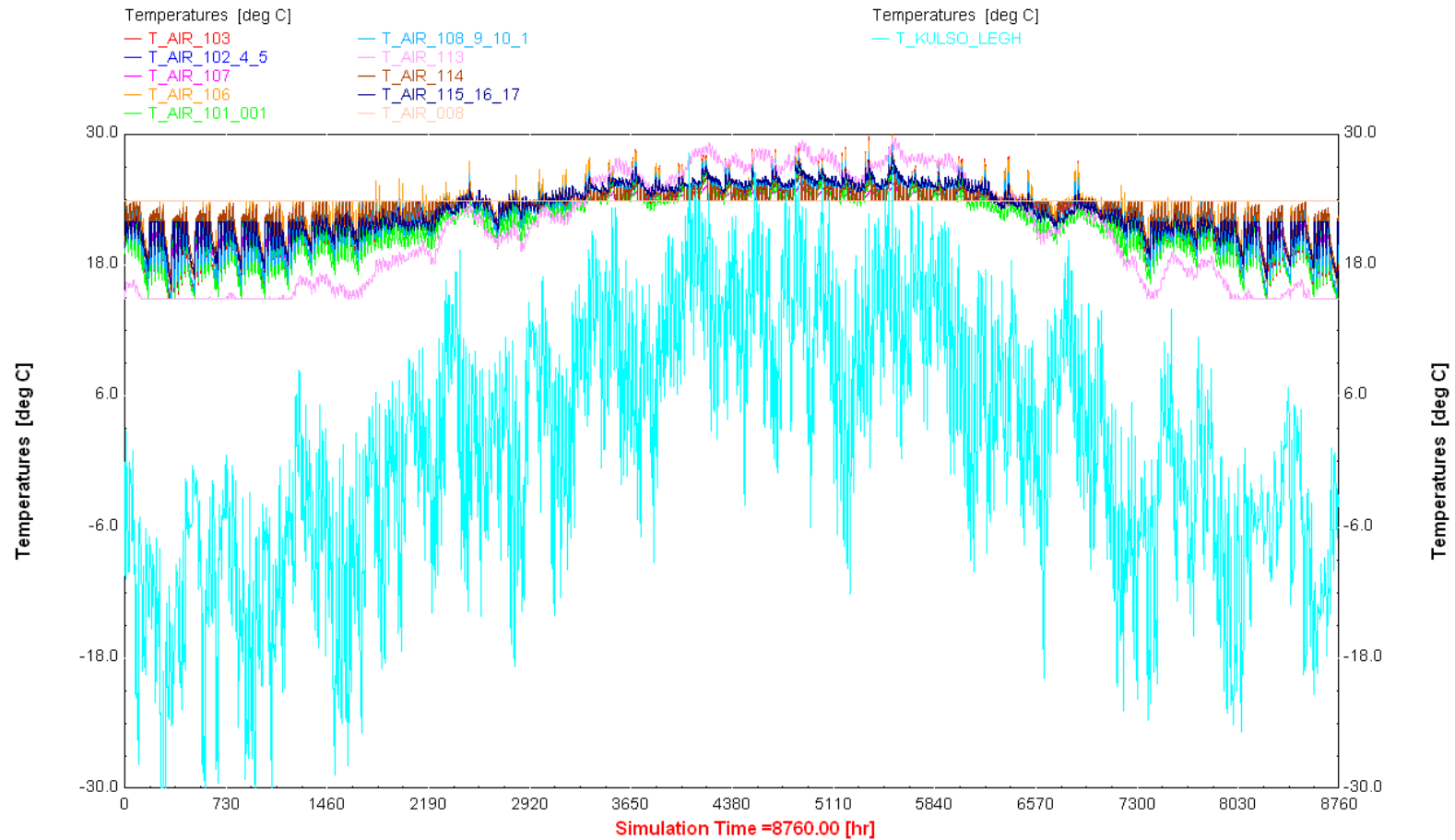
Szell_diagram

A bementi adatokat a szimuláció folyamán megjeleníti a képernyőn.

Az egyes komponensek matematikai modellje a TRNSYS program kézikönyvében megtalálható.

A vizsgálat alá vont paraméterek diszkrét értékeinek kombinációi összesen 81 különféle esetet jelentenek (ld. az 1. táblázatban). Ennek megfelelően elkészítettem a 81 épületmodell változatot, majd mindegyiket lefuttattam, és a kapott eredményeket elmentettem.

4. Néhány jellemző szimulációs időfüggvény és az eredmények



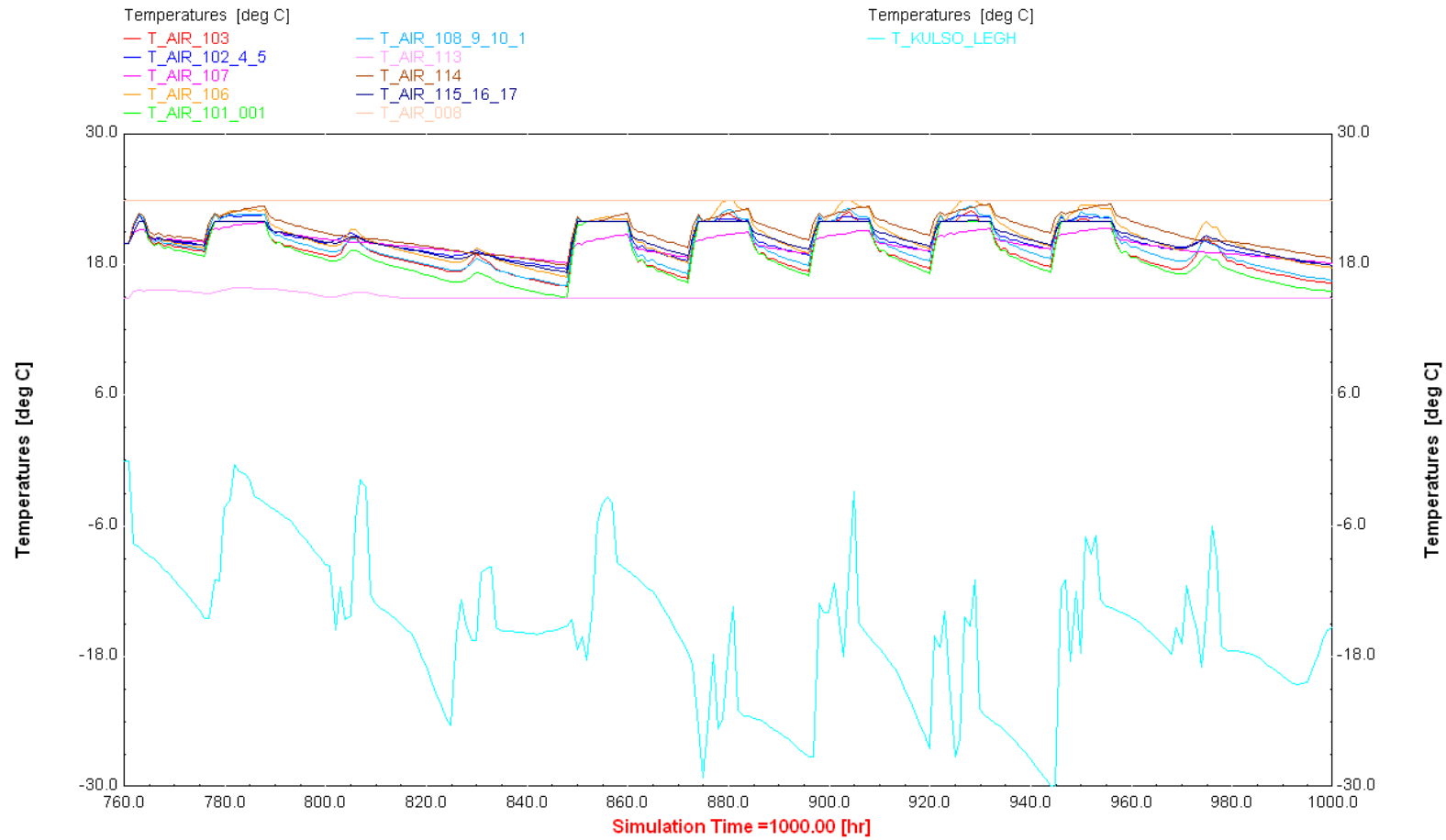
4. ábra. Zóna és külső hőmérséklet lefutás

Épület paraméterek: Porotherm, Közepes ablak, Heti 5 munkanap napi 12 óra üzemidő, 100% kiterheltség



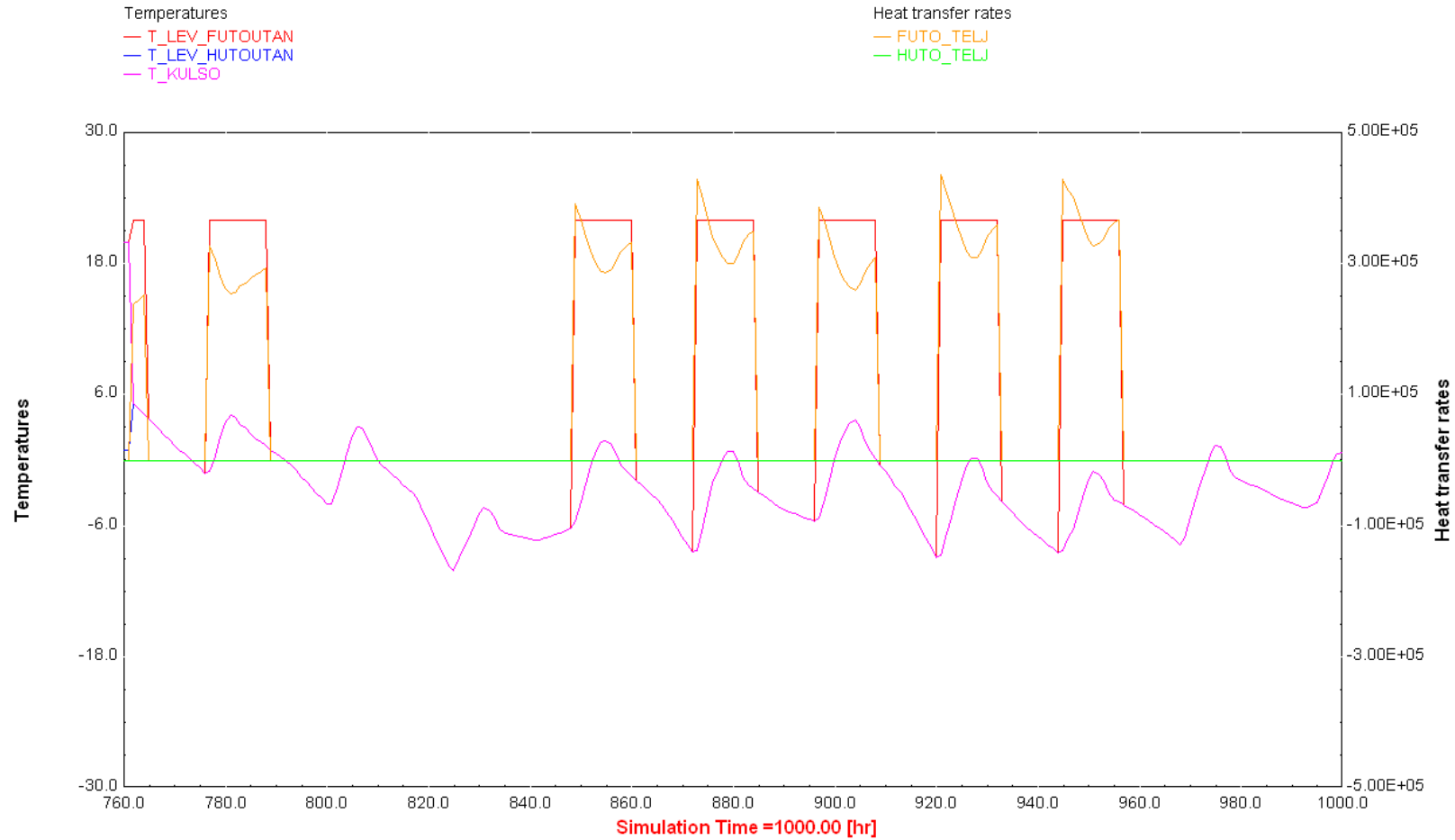
5. ábra. Szellőzés adatok és külső hőmérséklet lefutás

Épület paraméterek: Porotherm, Közepes ablak, Heti 5 munkanap napi 12 óra üzemidő, 100% kiterheltség

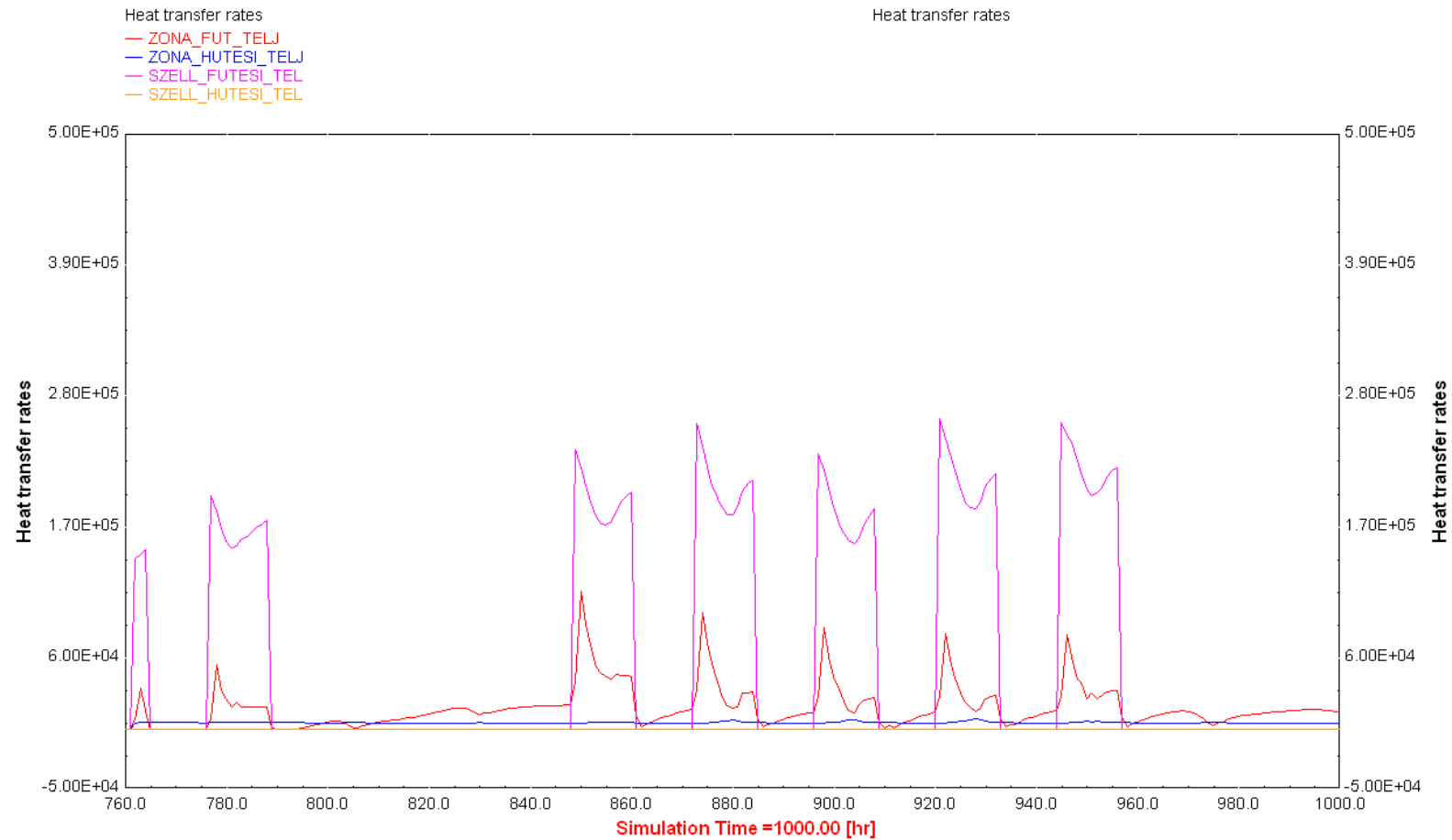


6. ábra. Zóna és külső hőmérséklet lefutás az év leghidegebb időszakában

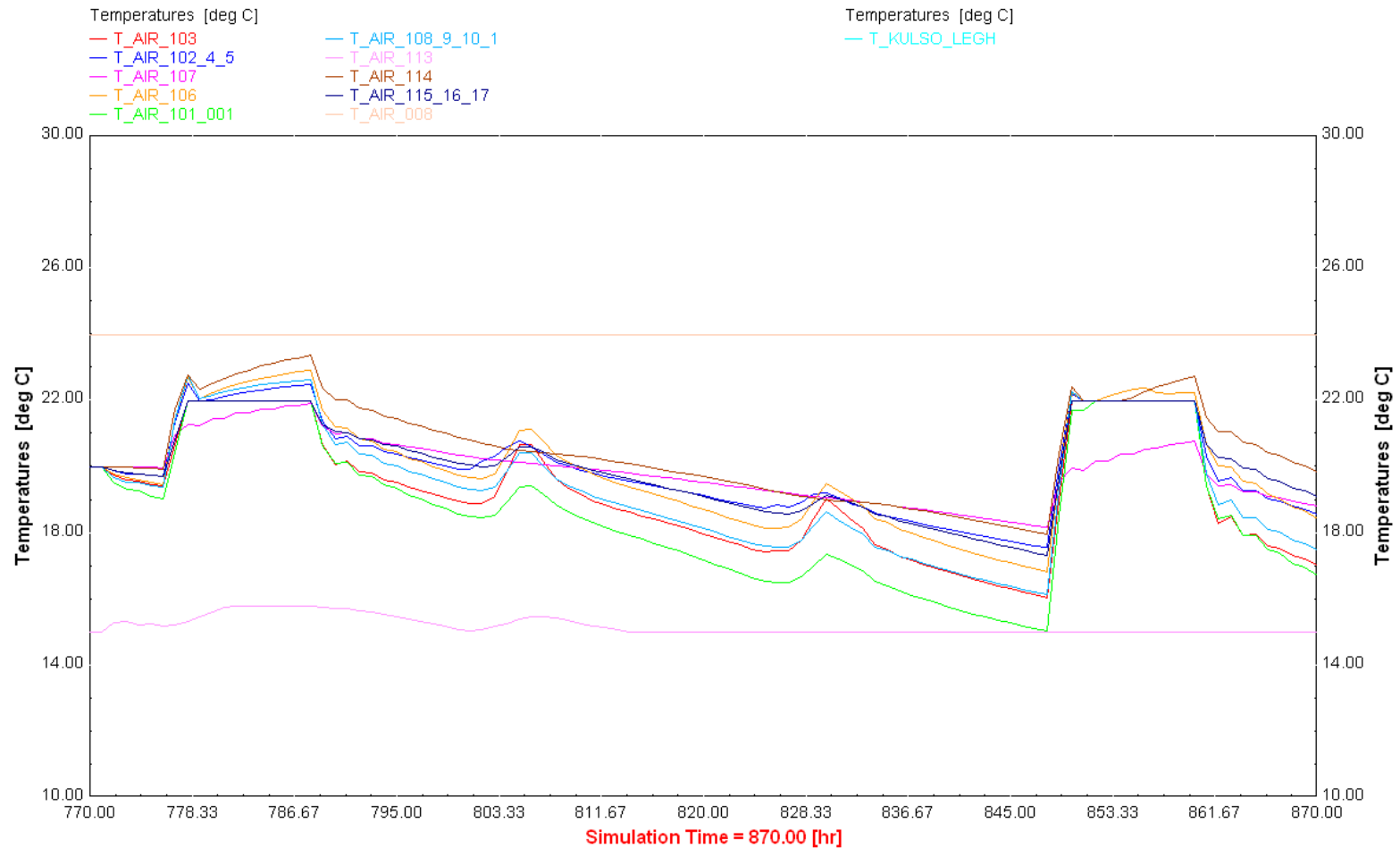
Épület paraméterek: Porotherm, Közepes ablak, Heti 5 munkanap napi 12 óra üzemidő, 100% kiterheltség



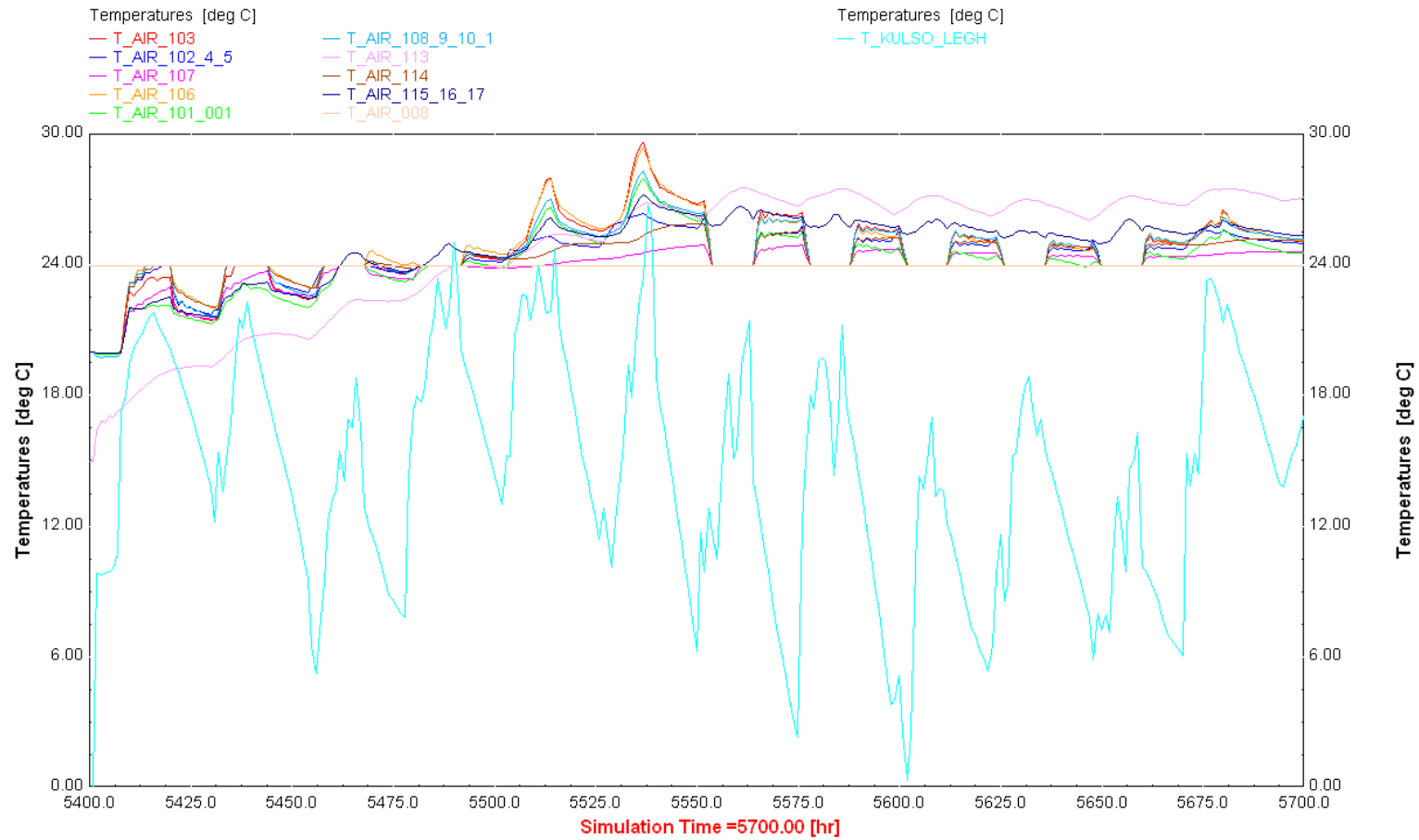
7. ábra. Szellőzés adatok és külső hőmérséklet lefutás az év leghidegebb időszakában
Épület paraméterek: Porotherm, Közepes ablak, Heti 5 munkanap napi 12 óra üzemidő, 100% kiterheltség



8. ábra. Teljesítmény lefutás adatok az év leghidegebb időszakában
Épület paraméterek: Porotherm, Közepes ablak, Heti 5 munkanap napi 12 óra üzemidő, 100% kiterheltség



9. ábra. Zóna hétfégi hőmérséklet lefutás az év leghidegebb időszakában
Épület paraméterek: Porotherm, Közepes ablak, Heti 5 munkanap napi 12 óra üzemidő, 100% kiterheltség



10. ábra. Zóna és külső hőmérséklet lefutás az év legmelegebb időszakában

Épület paraméterek: Porotherm, Közepes ablak, Heti 5 munkanap napi 12 óra üzemidő, 100% kiterheltség



A modell által szolgáltatott, a vizsgálat szempontjából lényeges kimeneti adatok a következők voltak:

Az épület éves fűtési, hűtési energiafelhasználása. A kapott adat nem tartalmazza a szellőző levegő fűtési és hűtési energiafelhasználását. Az energiafelhasználás ebben a modellben az épület fűtési és hűtési energiaigényét jelenti, és nem tartalmazza a gépészeti rendszerek veszteségeit, segédenergia felhasználását, energia átalakítási veszteségeket, stb.

Szellőzés éves fűtési, hűtési energiafelhasználása. Az energiafelhasználás a modellben a szellőző levegő fűtési és hűtési energiaigényét jelenti, és nem tartalmazza a gépészeti rendszerek veszteségeit, segédenergia felhasználását, energia átalakítási veszteségeket, stb.

A kapott eredményeket az 1. táblázat tartalmazza.

Sorszám	Szerkezet	Ablakfelület	Üzemidő	Kiterheltség	Q fűtés	Q hűtés	Q fűtés	Q hűtés	Szumma Q	Szumma Q
					zónák	zónák	szell	szell	fűtés	hűtés
					[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]
31	Könnyűszerkezet	0,5 x Tervezett ablakfelület	Heti 5 munkanap napi 12 h	100%-os kiterheltség	17240	38020	82545	1102	99785	39122
32	Könnyűszerkezet	0,5 x Tervezett ablakfelület	Heti 5 munkanap napi 12 h	65%-os kiterheltség	21110	30410	82545	1102	103655	31512
33	Könnyűszerkezet	0,5 x Tervezett ablakfelület	Heti 5 munkanap napi 12 h	30%-os kiterheltség	27250	24420	82545	1102	109795	25522
34	Könnyűszerkezet	0,5 x Tervezett ablakfelület	Heti 7 munkanap, napi 16 h	100%-os kiterheltség	15040	57990	161211	1774	176251	59764
35	Könnyűszerkezet	0,5 x Tervezett ablakfelület	Heti 7 munkanap, napi 16 h	65%-os kiterheltség	19530	41380	161211	1774	180741	43154
36	Könnyűszerkezet	0,5 x Tervezett ablakfelület	Heti 7 munkanap, napi 16 h	30%-os kiterheltség	27420	29240	161211	1774	188631	31014
28	Könnyűszerkezet	0,5 x Tervezett ablakfelület	Folyamatos napi 24 h	100%-os kiterheltség	13600	81700	271599	1776	285199	83476
29	Könnyűszerkezet	0,5 x Tervezett ablakfelület	Folyamatos napi 24 h	65%-os kiterheltség	18880	52950	271599	1776	290479	54726
30	Könnyűszerkezet	0,5 x Tervezett ablakfelület	Folyamatos napi 24 h	30%-os kiterheltség	27710	34040	271599	1776	299309	35816
40	Könnyűszerkezet	Tervezett ablakfelület	Heti 5 munkanap napi 12 h	100%-os kiterheltség	16950	44460	82545	1102	99495	45562
41	Könnyűszerkezet	Tervezett ablakfelület	Heti 5 munkanap napi 12 h	65%-os kiterheltség	20700	36400	82545	1102	103245	37502
42	Könnyűszerkezet	Tervezett ablakfelület	Heti 5 munkanap napi 12 h	30%-os kiterheltség	25720	29570	82545	1102	108265	30672
43	Könnyűszerkezet	Tervezett ablakfelület	Heti 7 munkanap, napi 16 h	100%-os kiterheltség	15160	65820	161211	1774	176371	67594



17th „Building Services, Mechanical and Building Industry days”
International Conference, 13-14 October 2011, Debrecen, Hungary



44	Könnyűszerkezet	Tervezett ablakfelület	Heti 7 munkanap, napi 16 h	65%-os kiterheltség	19590	48480	161211	1774	180801	50254
45	Könnyűszerkezet	Tervezett ablakfelület	Heti 7 munkanap, napi 16 h	30%-os kiterheltség	27190	35280	161211	1774	188401	37054
37	Könnyűszerkezet	Tervezett ablakfelület	Folyamatos napi 24 h	100%-os kiterheltség	14010	89320	271599	1776	285609	91096
38	Könnyűszerkezet	Tervezett ablakfelület	Folyamatos napi 24 h	65%-os kiterheltség	19340	60710	271599	1776	290939	62486
39	Könnyűszerkezet	Tervezett ablakfelület	Folyamatos napi 24 h	30%-os kiterheltség	26750	43000	271599	1776	298349	44776
49	Könnyűszerkezet	2 x Tervezett ablakfelület	Heti 5 munkanap napi 12 h	100%-os kiterheltség	17120	57980	82545	1102	99665	59082
50	Könnyűszerkezet	2 x Tervezett ablakfelület	Heti 5 munkanap napi 12 h	65%-os kiterheltség	20460	49010	82545	1102	103005	50112
51	Könnyűszerkezet	2 x Tervezett ablakfelület	Heti 5 munkanap napi 12 h	30%-os kiterheltség	24590	41750	82545	1102	107135	42852
52	Könnyűszerkezet	2 x Tervezett ablakfelület	Heti 7 munkanap, napi 16 h	100%-os kiterheltség	15980	82140	161211	1774	177191	83914
53	Könnyűszerkezet	2 x Tervezett ablakfelület	Heti 7 munkanap, napi 16 h	65%-os kiterheltség	20520	63990	161211	1774	181731	65764
54	Könnyűszerkezet	2 x Tervezett ablakfelület	Heti 7 munkanap, napi 16 h	30%-os kiterheltség	27330	50470	161211	1774	188541	52244
46	Könnyűszerkezet	2 x Tervezett ablakfelület	Folyamatos napi 24 h	100%-os kiterheltség	15320	105600	271599	1776	286919	107376
47	Könnyűszerkezet	2 x Tervezett ablakfelület	Folyamatos napi 24 h	65%-os kiterheltség	20590	77880	271599	1776	292189	79656
48	Könnyűszerkezet	2 x Tervezett ablakfelület	Folyamatos napi 24 h	30%-os kiterheltség	30370	54830	271599	1776	301969	56606
4	Porotherm30 + hőszigetelés	0,5 x Tervezett ablakfelület	Heti 5 munkanap napi 12 h	100%-os kiterheltség	16480	36930	82545	1102	99025	38032
5	Porotherm30 + hőszigetelés	0,5 x Tervezett ablakfelület	Heti 5 munkanap napi 12 h	65%-os kiterheltség	20620	29580	82545	1102	103165	30682
6	Porotherm30 + hőszigetelés	0,5 x Tervezett ablakfelület	Heti 5 munkanap napi 12 h	30%-os kiterheltség	26960	23630	82545	1102	109505	24732
7	Porotherm30 + hőszigetelés	0,5 x Tervezett ablakfelület	Heti 7 munkanap, napi 16 h	100%-os kiterheltség	14030	56590	161211	1774	175241	58364
8	Porotherm30 + hőszigetelés	0,5 x Tervezett ablakfelület	Heti 7 munkanap, napi 16 h	65%-os kiterheltség	18800	40510	161211	1774	180011	42284
9	Porotherm30 + hőszigetelés	0,5 x Tervezett ablakfelület	Heti 7 munkanap, napi 16 h	30%-os kiterheltség	27200	28540	161211	1774	188411	30314
1	Porotherm30 + hőszigetelés	0,5 x Tervezett ablakfelület	Folyamatos napi 24 h	100%-os kiterheltség	12430	79950	271599	1776	284029	81726
2	Porotherm30 + hőszigetelés	0,5 x Tervezett ablakfelület	Folyamatos napi 24 h	65%-os kiterheltség	17900	52110	271599	1776	289499	53886
3	Porotherm30 + hőszigetelés	0,5 x Tervezett ablakfelület	Folyamatos napi 24 h	30%-os kiterheltség	27250	33400	271599	1776	298849	35176
13	Porotherm30 + hőszigetelés	Tervezett ablakfelület	Heti 5 munkanap napi 12 h	100%-os kiterheltség	16230	43410	82545	1102	98775	44512



17th „Building Services, Mechanical and Building Industry days”
International Conference, 13-14 October 2011, Debrecen, Hungary



14	Porotherm30 + hőszigetelés	Tervezett ablakfelület	Heti 5 munkanap napi 12 h	65%-os kiterheltség	20080	35480	82545	1102	102625	36582
15	Porotherm30 + hőszigetelés	Tervezett ablakfelület	Heti 5 munkanap napi 12 h	30%-os kiterheltség	25400	28780	82545	1102	107945	29882
16	Porotherm30 + hőszigetelés	Tervezett ablakfelület	Heti 7 munkanap, napi 16 h	100%-os kiterheltség	14140	64360	161211	1774	175351	66134
17	Porotherm30 + hőszigetelés	Tervezett ablakfelület	Heti 7 munkanap, napi 16 h	65%-os kiterheltség	18870	47520	161211	1774	180081	49294
18	Porotherm30 + hőszigetelés	Tervezett ablakfelület	Heti 7 munkanap, napi 16 h	30%-os kiterheltség	26800	34520	161211	1774	188011	36294
10	Porotherm30 + hőszigetelés	Tervezett ablakfelület	Folyamatos napi 24 h	100%-os kiterheltség	12810	87750	271599	1776	284409	89526
11	Porotherm30 + hőszigetelés	Tervezett ablakfelület	Folyamatos napi 24 h	65%-os kiterheltség	18200	59630	271599	1776	289799	61406
12	Porotherm30 + hőszigetelés	Tervezett ablakfelület	Folyamatos napi 24 h	30%-os kiterheltség	26120	42340	271599	1776	297719	44116
22	Porotherm30 + hőszigetelés	2 x Tervezett ablakfelület	Heti 5 munkanap napi 12 h	100%-os kiterheltség	16360	56830	82545	1102	98905	57932
23	Porotherm30 + hőszigetelés	2 x Tervezett ablakfelület	Heti 5 munkanap napi 12 h	65%-os kiterheltség	19860	48060	82545	1102	102405	49162
24	Porotherm30 + hőszigetelés	2 x Tervezett ablakfelület	Heti 5 munkanap napi 12 h	30%-os kiterheltség	24120	40870	82545	1102	106665	41972
25	Porotherm30 + hőszigetelés	2 x Tervezett ablakfelület	Heti 7 munkanap, napi 16 h	100%-os kiterheltség	14920	80540	161211	1774	176131	82314
26	Porotherm30 + hőszigetelés	2 x Tervezett ablakfelület	Heti 7 munkanap, napi 16 h	65%-os kiterheltség	19710	62780	161211	1774	180921	64554
27	Porotherm30 + hőszigetelés	2 x Tervezett ablakfelület	Heti 7 munkanap, napi 16 h	30%-os kiterheltség	26680	49350	161211	1774	187891	51124
19	Porotherm30 + hőszigetelés	2 x Tervezett ablakfelület	Folyamatos napi 24 h	100%-os kiterheltség	14050	104000	271599	1776	285649	105776
20	Porotherm30 + hőszigetelés	2 x Tervezett ablakfelület	Folyamatos napi 24 h	65%-os kiterheltség	19520	76630	271599	1776	291119	78406
21	Porotherm30 + hőszigetelés	2 x Tervezett ablakfelület	Folyamatos napi 24 h	30%-os kiterheltség	29560	53870	271599	1776	301159	55646
58	Vasbetonfal + hőszigetelés	0,5 x Tervezett ablakfelület	Heti 5 munkanap napi 12 h	100%-os kiterheltség	15820	36800	82545	1102	98365	37902
59	Vasbetonfal + hőszigetelés	0,5 x Tervezett ablakfelület	Heti 5 munkanap napi 12 h	65%-os kiterheltség	20090	29490	82545	1102	102635	30592
60	Vasbetonfal + hőszigetelés	0,5 x Tervezett ablakfelület	Heti 5 munkanap napi 12 h	30%-os kiterheltség	26110	23490	82545	1102	108655	24592
61	Vasbetonfal + hőszigetelés	0,5 x Tervezett ablakfelület	Heti 7 munkanap, napi 16 h	100%-os kiterheltség	13630	55870	161211	1774	174841	57644
62	Vasbetonfal + hőszigetelés	0,5 x Tervezett ablakfelület	Heti 7 munkanap, napi 16 h	65%-os kiterheltség	18040	40350	161211	1774	179251	42124
63	Vasbetonfal + hőszigetelés	0,5 x Tervezett ablakfelület	Heti 7 munkanap, napi 16 h	30%-os kiterheltség	27350	28450	161211	1774	188561	30224
55	Vasbetonfal + hőszigetelés	0,5 x Tervezett ablakfelület	Folyamatos napi 24 h	100%-os kiterheltség	11620	79670	271599	1776	283219	81446



17th „Building Services, Mechanical and Building Industry days”
International Conference, 13-14 October 2011, Debrecen, Hungary



56	Vasbetonfal + hőszigetelés	0,5 x Tervezett ablakfelület	Folyamatos napi 24 h	65%-os kiterheltség	17140	52020	271599	1776	288739	53796
57	Vasbetonfal + hőszigetelés	0,5 x Tervezett ablakfelület	Folyamatos napi 24 h	30%-os kiterheltség	26560	33300	271599	1776	298159	35076
67	Vasbetonfal + hőszigetelés	Tervezett ablakfelület	Heti 5 munkanap napi 12 h	100%-os kiterheltség	15630	43280	82545	1102	98175	44382
68	Vasbetonfal + hőszigetelés	Tervezett ablakfelület	Heti 5 munkanap napi 12 h	65%-os kiterheltség	19590	35400	82545	1102	102135	36502
69	Vasbetonfal + hőszigetelés	Tervezett ablakfelület	Heti 5 munkanap napi 12 h	30%-os kiterheltség	24990	28710	82545	1102	107535	29812
70	Vasbetonfal + hőszigetelés	Tervezett ablakfelület	Heti 7 munkanap, napi 16 h	100%-os kiterheltség	13400	64020	161211	1774	174611	65794
71	Vasbetonfal + hőszigetelés	Tervezett ablakfelület	Heti 7 munkanap, napi 16 h	65%-os kiterheltség	18200	47290	161211	1774	179411	49064
72	Vasbetonfal + hőszigetelés	Tervezett ablakfelület	Heti 7 munkanap, napi 16 h	30%-os kiterheltség	26240	34330	161211	1774	187451	36104
64	Vasbetonfal + hőszigetelés	Tervezett ablakfelület	Folyamatos napi 24 h	100%-os kiterheltség	11960	87410	271599	1776	283559	89186
65	Vasbetonfal + hőszigetelés	Tervezett ablakfelület	Folyamatos napi 24 h	65%-os kiterheltség	17410	59430	271599	1776	289009	61206
66	Vasbetonfal + hőszigetelés	Tervezett ablakfelület	Folyamatos napi 24 h	30%-os kiterheltség	25340	42150	271599	1776	296939	43926
76	Vasbetonfal + hőszigetelés	2 x Tervezett ablakfelület	Heti 5 munkanap napi 12 h	100%-os kiterheltség	15780	56660	82545	1102	98325	57762
77	Vasbetonfal + hőszigetelés	2 x Tervezett ablakfelület	Heti 5 munkanap napi 12 h	65%-os kiterheltség	19370	47950	82545	1102	101915	49052
78	Vasbetonfal + hőszigetelés	2 x Tervezett ablakfelület	Heti 5 munkanap napi 12 h	30%-os kiterheltség	23680	40760	82545	1102	106225	41862
79	Vasbetonfal + hőszigetelés	2 x Tervezett ablakfelület	Heti 7 munkanap, napi 16 h	100%-os kiterheltség	14120	79980	161211	1774	175331	81754
80	Vasbetonfal + hőszigetelés	2 x Tervezett ablakfelület	Heti 7 munkanap, napi 16 h	65%-os kiterheltség	19000	62290	161211	1774	180211	64064
81	Vasbetonfal + hőszigetelés	2 x Tervezett ablakfelület	Heti 7 munkanap, napi 16 h	30%-os kiterheltség	26030	48870	161211	1774	187241	50644
73	Vasbetonfal + hőszigetelés	2 x Tervezett ablakfelület	Folyamatos napi 24 h	100%-os kiterheltség	13090	103500	271599	1776	284689	105276
74	Vasbetonfal + hőszigetelés	2 x Tervezett ablakfelület	Folyamatos napi 24 h	65%-os kiterheltség	18600	76150	271599	1776	290199	77926
75	Vasbetonfal + hőszigetelés	2 x Tervezett ablakfelület	Folyamatos napi 24 h	30%-os kiterheltség	28630	53370	271599	1776	300229	55146

1. táblázat

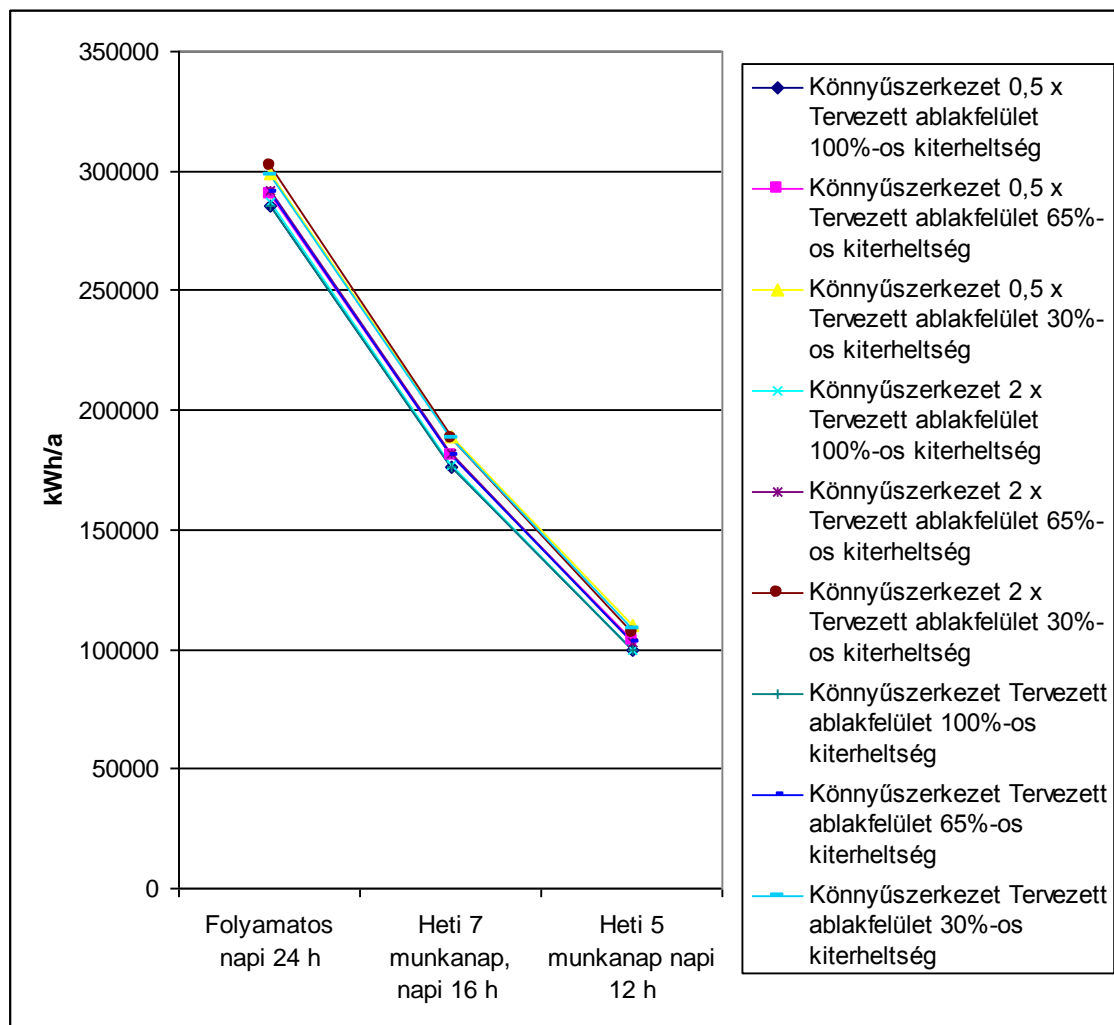
5. A kapott eredmények bemutatása, értékelése



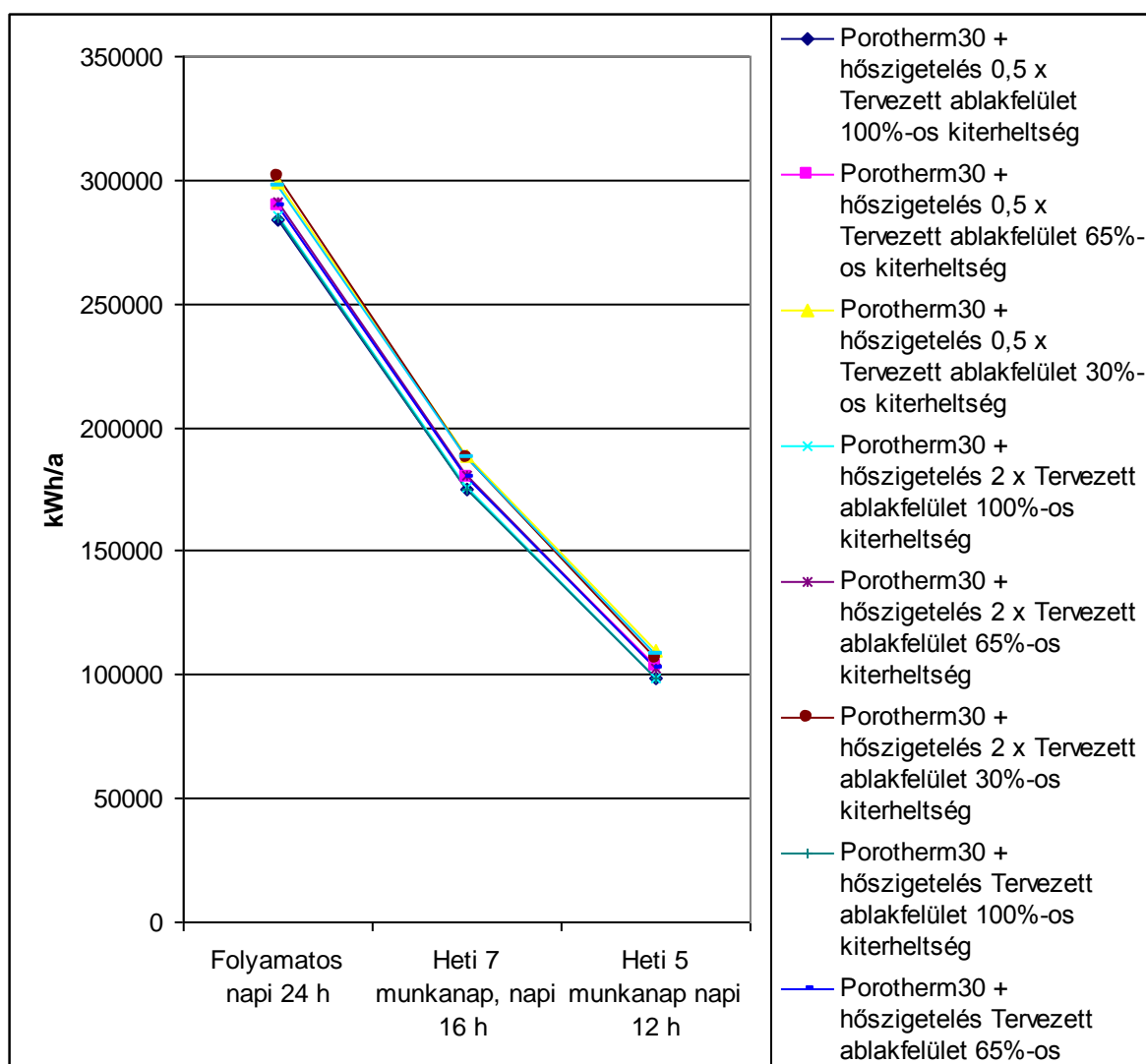
A zónák fűtési és hűtési éves energiafelhasználását diagramokban foglaltam össze, amelyek az 5 dimenziós vizsgálati tér egy-egy koordináta síkra vett vetületét ábrázolják.

A vizsgálatokat az egyes paraméterek diszkrét értékeire végeztem el. A következő grafikonokon a tengelyen nem szereplő paraméterek diszkrét értékeinek azonos csoportjaihoz tartozó pontjait a könnyebb áttekinthetőség érdekében kötöttem össze.

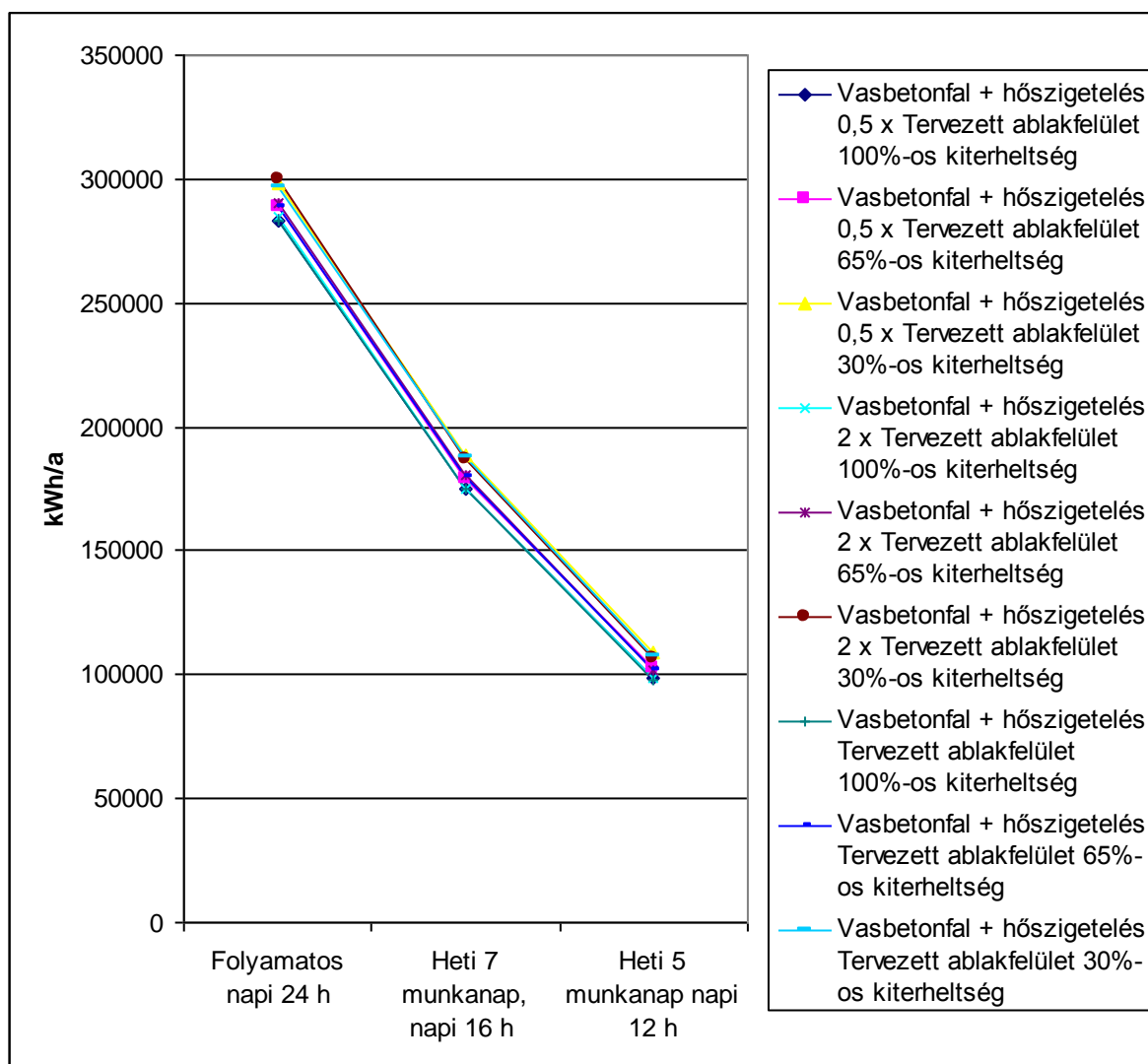
Az összes zóna fűtési és az épület szellőzésének fűtési éves energiafelhasználását mutatja például a következő 3 diagram.



11. ábra. Az üzemidő hatása az éves fűtési energiafelhasználására a Könnyűszerkezetes épület esetén



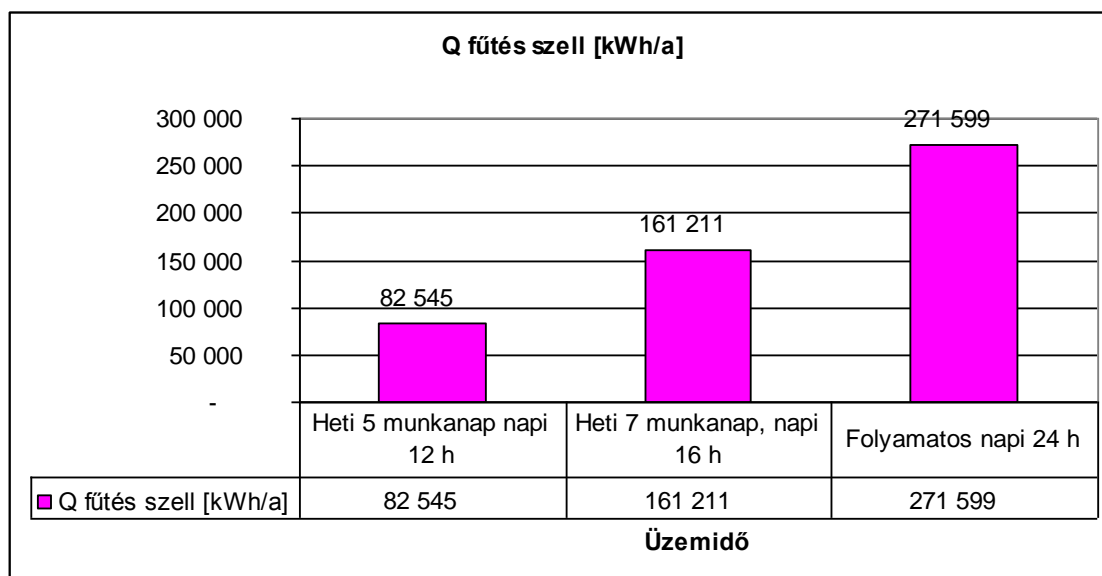
12. ábra. Az üzemidő hatása az éves fűtési energiafelhasználásra a Porotherm30 épületszerkezet esetén



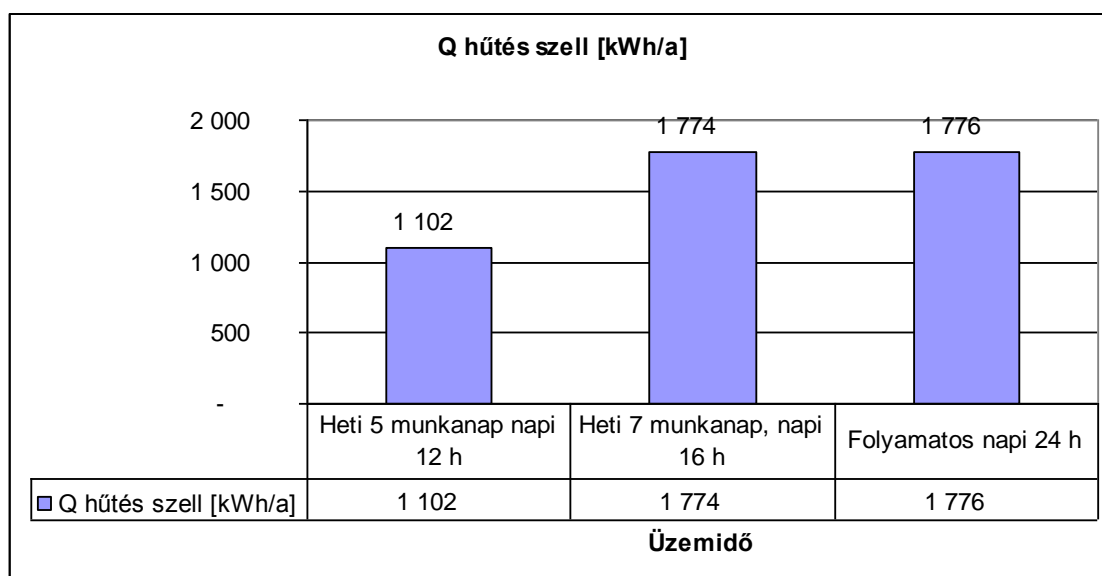
13. ábra. Az üzemidő hatása az éves fűtési energiafelhasználásra a Vasbeton épületszerkezet esetén

Az 1. számú táblázatban látható, hogy a szellőzés fűtési és hűtési éves energia igénye azonos év meteorológiai adatai mellett csak az eltérő üzem és üzemszüneti idők esetében mutat különbséget, azaz a többi paramétertől a jelenleg felállított modellben független.

A kapott értékeket a 14. és 15. ábra mutatja.



14. ábra. A szellőző levegő fűtésére felhasznált éves fűtési energia



15. ábra. A szellőző levegő hűtésére felhasznált éves hűtési energia

A szellőzés fűtési és a hűtési energiafelhasználás üzemidő függvényében történő változása eltérő tendenciát mutat. A hűtési energiafelhasználásnak a Heti 7 munkanap, napi 16h és a Folyamatos napi 24 h közötti elenyésző különbsége abból adódik, hogy a hűtési igény jelentős részben a napi 16



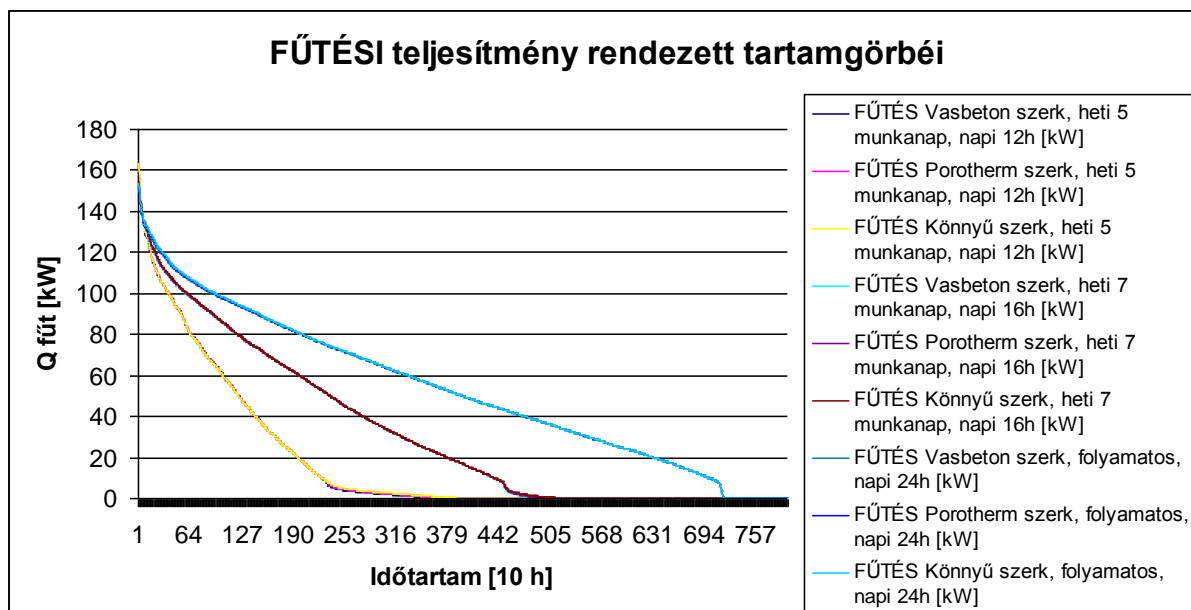
h üzemidőben jelentkezik, ezért a folyamatos 24 h üzemidő nem okoz további számottevő növekedést.

6. Az adott feladatra optimális épület kiválasztása

Az éves fűtési és hűtési energiaigények alapján meghatároztam az épület éves primer energiaigényét, a TNM rendelet szerinti primer energiaátalakítási tényezőkkel (Fűtés teljesítmény tényezője: 1,01; Fűtés primer energia átalakítási tényezője: 1,0 –földgáz-, Hűtőgép energiahatékonysági mutatója EER: 3, Hűtéshez felhasznált villamosenergia primerenergia átalakítási tényezője: 2,5). A kapott értékek alapján az azonos üzemidő és kiterheltség paraméterek szerint csoportosítva kiválasztható a tervezett feladatra a legkisebb éves primerenergia-fogyasztású épület. Ebből a szempontból a csökkentett ablakfelületű (0,5 x Tervezett ablakfelület) esetet figyelmen kívül hagytam, mivel azt a vizsgálatba csak a paraméter változásának vizsgálata céljából vettem fel, de az építészeti előírások miatt pl. a természetes világítás biztosításához megfelelő méretű ablakfelületek szükségesek. A kapott eredmények szerint valamennyi használati módra a Vasbeton + hőszigetelés szerkezetű épület a tervezett ablakfelülettel lesz a legkedvezőbb.

7. A teljesítmény lefutás vizsgálata

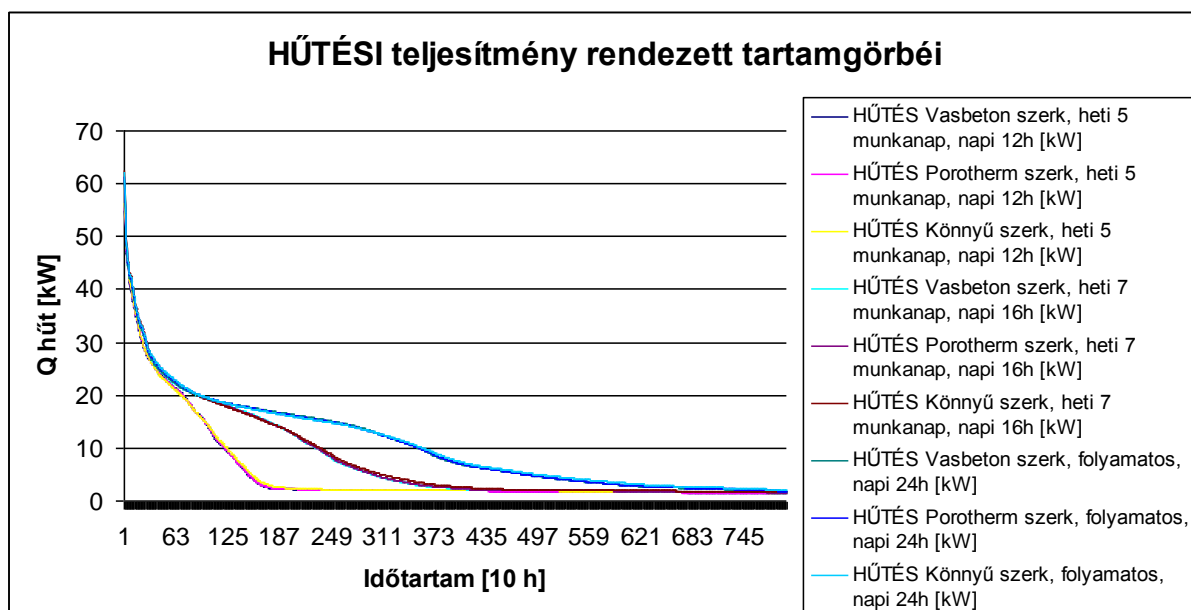
Az órai fűtési és hűtési teljesítményadatok feldolgozásával előállítható az épület éves fűtési és hűtési teljesítmény rendezett tartamgörbéje. A számított eredményeket a 13 diagramok tartalmazzák. A grafikonokból látható, hogy hűtés és fűtés esetén is a teljesítményigények gyakorisági görbéjét az üzemidő jelentősen, a többi paraméter elhanyagolható mértékben befolyásolja (a diagramokon az azonos üzemidőhöz tartozó görbék gyakorlatilag egybe esnek). A görbék alakja az üzemidő függvényben változik. Ennek megfelelően a maximális teljesítmény azonos hányadára méretezett hőtermelő vagy hűtőgép az eltérő üzemidők mellett eltérő lefedettséget biztosít. Megfordítva, a tartamgörbék segítségével kiválasztható a magasabb energiahatékonyságú alap és az alacsonyabb energiahatékonyságú csúcsterhelést kiszolgáló berendezések adott épülethez illesztett teljesítményeinek aránya.



16. ábra. Fűtési teljesítmény rendezett tartamgörbéje

Maximális fűtési teljesítmények	
FŰTÉS Vasbeton szerk, heti 5 munkanap, napi 12h [kW]	159,03
FŰTÉS Porotherm szerk, heti 5 munkanap, napi 12h [kW]	162,99
FŰTÉS Könnyű szerk, heti 5 munkanap, napi 12h [kW]	163,29
FŰTÉS Vasbeton szerk, heti 7 munkanap, napi 16h [kW]	152,89
FŰTÉS Porotherm szerk, heti 7 munkanap, napi 16h [kW]	154,58
FŰTÉS Könnyű szerk, heti 7 munkanap, napi 16h [kW]	155,30
FŰTÉS Vasbeton szerk, folyamatos, napi 24h [kW]	152,00
FŰTÉS Porotherm szerk, folyamatos, napi 24h [kW]	152,55
FŰTÉS Könnyű szerk, folyamatos, napi 24h [kW]	153,54

2. táblázat



17. ábra. Hűtési teljesítmény rendezett tartamgörbéje

Maximális hűtési teljesítmények	
HŰTÉS Vasbeton szerk, heti 5 munkanap, napi 12h [kW]	54,70
HŰTÉS Porotherm szerk, heti 5 munkanap, napi 12h [kW]	55,31
HŰTÉS Könnyű szerk, heti 5 munkanap, napi 12h [kW]	56,09
HŰTÉS Vasbeton szerk, heti 7 munkanap, napi 16h [kW]	60,77
HŰTÉS Porotherm szerk, heti 7 munkanap, napi 16h [kW]	61,28
HŰTÉS Könnyű szerk, heti 7 munkanap, napi 16h [kW]	62,29
HŰTÉS Vasbeton szerk, folyamatos, napi 24h [kW]	60,50
HŰTÉS Porotherm szerk, folyamatos, napi 24h [kW]	61,12
HŰTÉS Könnyű szerk, folyamatos, napi 24h [kW]	62,20

3. táblázat



8. Összefoglalás

A TRNSYS program használatával az épület épületenergetikai viselkedésének vizsgálatát matematikai modell felhasználásával el lehetett végezni, és abból értékelhető adatokat nyerni.

Az adott feladatra optimális épületszerkezet meghatározható.

Megbecsülhető a tervezettől eltérő használat esetén fellépő energiahatékonyság-romlás mértéke, és tervezhetővé válik az ebből eredő károk csökkentésének lehetősége.

A teljesítményigények időbeli alakulásának ismerete a gazdaságos készülék méretek illetve készülék összetételek kiválasztásához nyújt segítséget.

A modell felállítása még a jelentős egyszerűsítések mellett is nagyon bonyolult és időigényes, azonban csak az ilyen és ehhez hasonló dinamikus-termikus épületmodellek nyújtanak lehetőséget a vizsgált paraméterek változásának tanulmányozására.

Felhasznált szakirodalom

Fekete I. Épületfizika kézikönyv, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1985.

Dr. Kalmár F. Energiafelhasználás csökkentése lakóépületekben, Debreceni Egyetem, Debrecen, 2009.

Prof. Zöld A. szerk. Az új épületenergetikai szabályozás, BAUSOFT Pécsvárad Kft. Pécs, 2006.

Pokorádi L. Rendszerek és folyamatok modellezése, Campus Kiadó, Debrecen, 2008.

TRNSYS 16 a TRaNsient SYstem Simulation program