



BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM
ÉPÍTŐMÉRNÖKI KAR MAGASÉPÍTÉSI TANSZÉK

Lakóépület számítógépes szimulációs épületenergetikai modellezéseinek összehasonlító elemzése

BACSA MÁRK

TDK DOLGOZAT

KONZULENS:

NAGY BALÁZS

PHD HALLGATÓ

DR. CSANAKY JUDIT EMÍLIA

ADJUNKTUS

BUDAPEST, 2014. OKTÓBER 22.

MAGYAR ABSZTRAKT

Lakóépület számítógépes szimulációs épületenergetikai modellezéseinek összehasonlító elemzése

Bacsa Márk

Konzulensek: Nagy Balázs (PhD hallgató)

Dr. Csanaky Judit Emília (Adjunktus)

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem: Magasépítési Tanszék

Az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról szóló 7/2006. (V.24.) TNM rendelet megengedi, hogy az épületek energetikai jellemzőjét a tervező döntése alapján a rendelet mellékleteiben foglalt számítási eljárásokkal vagy nemzetközileg elfogadott számítógépes szimulációs módszerrel határozzuk meg, amennyiben utóbbi eljárással végzett számítások a rendelettel egyenértékű megoldást nyújtanak. A rendelet azonban nem nevezi meg, melyek ezek a szoftverek.

Kutatásomban három, nemzetközi tervezői és minősítői gyakorlatban is alkalmazott dinamikus szimulációs szoftver bemutatását követően a programok segítségével egy általam tervezett családi ház épületenergetikai szimulációit készítettem el. A vizsgált épületet kétféle kvázi homogén határoló szerkezettel is megalkottam, a jelenleg hatályos valamint a költségoptimalizált követelményszinteknek megfelelően. A kutatás során az egyes szoftverekkel kapott eredményeket egy hazai rendelet számítási eljárását alkalmazó szoftver eredményeihez hasonlítottam. A dolgozatban továbbá az egyes szoftverek alkalmazásának korlátait, a számítógépes szimulációhoz szükséges bemenő adatok mennyiségét és minőségét, idő- és erőforrásigényét valamint az alkalmazott számítási eljárásaik menetét és komplexitását is vizsgáltam.

A kutatás iránymutatást nyújthat építészek és épületenergetikával foglalkozó szakemberek számára. A vizsgált nemzetközi gyakorlatban is alkalmazott szimulációs szoftverek közül az elvégzendő munkarész, valamint a bemenő adatok rendelkezésre állásának függvényében választhatjuk ki a legoptimálisabbat, amelyhez a dolgozat összehasonlító elemzése nagymértékben hozzájárulhat.

ENGLISH ABSTRACT

Comparative analysis of a residential building's computational energy modellings

Márk Bacsa

Consultant: Balázs Nagy (PhD student)

Dr. Judit Emília Csanaky (Senior lecturer)

Budapest University of Technology and Economics: Department of Architectural Engineering

The operating 7/2006. (V.24.) TNM regulation about the building's energy performance allows the designer to choose between the method of calculation set out in the appendix of the regulation and the internationally adopted simulation software if the latter calculation provides the same result. However the regulation does not specify these softwares.

During my research I made building energetics simulations of a house designed by myself using these softwares. I constituted the examined bulilding by two homogeneous-like building enclosure: according to the operating and the cost-optimized requirements. I compared the obtained results with the calculations of a software using the hungarian regulation. Besides in my paper I examined the boundaries of the programs, the quantity and quality of the attributes, the time and resource requirements, the calculations method and the complexity of computer simulation.

This research can be a guideline for architects and experts in building energetics. The most optimal internationally used simulation software can be chosen by the working parts and the attributes. The comparative analysis of the paper can significantly contribute to this.

Tartalomjegyzék

MAGYAR ABSZTRAKT	1
ENGLISH ABSTRACT	2
1. Bevezető	5
2. Célkitűzés	6
3. Az épületenergetikai számításokról szóló rendeletről	7
4. Épület leírása és adatai	10
4.1 Épületről általánosan	10
4.2 Épület elhelyezkedése	11
4.3 Épület adatai	12
4.4 Szerkezeti felépítés	13
4.5 Gépészeti berendezés	15
5. Vizsgált számítási eljárások és szoftverek	16
5.1 Auricon Energetic	16
5.2 GRAPHISOFT ArchiCAD	17
5.3 DesignBuilder	18
5.4 CASAnova	20
6. Szimulációk	21
6.1 Auricon Energetic vizsgálat	21
6.1.1 Számítási eljárás	21
6.1.2 Épület adatainak felvétele	22
6.1.3 Dokumentáció	25
6.2 GRAPHISOFT ArchiCAD (EcoDesigner)	26
6.2.1 Számítási eljárás	26
6.2.2 Épület adatainak felvétele	26
6.2.3 Dokumentáció	31

6.3 CASAnova.....	32
6.3.1 Számítási eljárás	32
6.3.2 Épület adatainak felvétele	32
6.3.3 Dokumentáció	33
6.4 DesignBuilder.....	34
6.4.1 Számítási eljárás	34
6.4.2 Épület adatainak felvétele	34
6.4.3 Dokumentáció	36
7. Mérési eredmények.....	37
7.1 Auricon Energetic.....	37
7.2 ArchiCAD EcoDesigner	40
7.3 CASAnova.....	45
7.4 DesignBuilder.....	46
8. Konklúzió	49
KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS.....	50
MELLÉKLETEK	50
IRODALOMJEGYZÉK.....	51

1. Bevezető

Az elmúlt évszázdban nagyon sok minden változott az építőiparban. Fejlődött a technológia, az eszközök és a módszerek. Gondolok itt az építőgépeink fejlettségére, a jobb és korszerűbb építőanyagokra, de köztük a számítógép térhódítására is, ami a tervezés, a kivitelezés és a megvalósítás elhanyagolhatatlan eszközévé vált. Az előbb felsoroltak mellett nem elfelejtendő, hogy minden épületnek és építménynek meg kell felelnie a műszaki előírásoknak és a felhasználási céloknak, minél költséghatékonyabban, mind építési- és üzemeltetési szempontból. A tartószerkezeti célokon kívül fontos szempont az épület energiafelhasználása is a használat során, mely nagyban befolyásolja az üzemeltetési költségeket, ezért egyre fontosabb az épületek energetikai tervezése és modellezése, azok optimalizálása. Ennek módja a megfelelő és részletes előtervezés és modellezés segítségével történik. A jelenleg hatályos rendeletek és szabványok meghatározzák az épület kötelező előírásait, de mivel a 7/2006 (V.24.) TNM kormányrendelet 3. §- azt tartalmazza:

„Épületet úgy kell tervezni, kialakítani, megépíteni, hogy annak energetikai jellemzői megfeleljenek az 1. mellékletben foglaltaknak.

(2) Az épület energetikai jellemzőjét a tervező döntése szerint

a) a 2. mellékletben meghatározott, részletes vagy egyszerűsített módszer egyikével, a 3. melléklet szerinti adatok figyelembevételével, vagy

b) az a) pontban meghatározott módszerrel egyenértékű, nemzetközi gyakorlatban elfogadott számítógépes szimulációs módszerrel kell meghatározni.

(3) Az épületek energetikai megfelelőségét igazoló számítást az épület egészére kell elvégezni.

(4) Az épület energetikai megfelelősége egyes zónákra vagy egyes helyiségekre elvégzett számítások eredményeinek összegezésével is igazolható” [1]

Ezért felmerül a kérdés, hogy melyek azon számítási módszerek, melyek egyenértékűek a hazai rendelettel és az egyes módszerek mennyire térnek el egymástól. Ezen eltéréseket egy általam tervezett épületen végeztem el, ügyelve a bemenő attribútumok összhangjára a program által adott lehetőségekhez mérten.

2. Célkitűzés

A vizsgálatokkal igazolni szeretném, hogy a 7/2006. (V.24) TNM [1] rendelet követelményértékeinek szigorításai [2] mekkora eltéréseket mutatnak a jelenlegi előírásokhoz képest [1]. Melyek azok a dinamikus számítást használó szoftverek, amelyek a rendeletben [1] foglalt számítási eljárás alapján kapott értéket megközelítik, esetleges eredménybeli eltérés esetén, milyen paraméterekben és mekkora mértékű differenciát tapasztalhatunk.

Szeretném bemutatni a programok használatát és kiemelni azon részeket a szoftverekben, melyekre oda kell figyelni és a hazai rendelet [1] által kapott eredmények érdekében esetlegesen módosítani szükséges.

Az Auricon Energetic szoftverrel végzem a rendelet [1] által előírt egyszerűsített és részletes számítást. Vizsgálom még a Graphisoft ArchiCAD szoftver beépített EcoDesigner modulját, a DesignBuilder-ban rendelkezésre álló EnergyPlus számítási módszerét és egy ezeknél sokkal egyszerűbben használható CASAnova nevű programot.

Fontos hogy a vizsgált épület geometriáját, szerkezeti felépítését és gépészeti rendszerét a jogszabály [1] által előírt értékeket betartva modellezzem. A programok adatbeviteli sajátosságaira fel szeretném hívni a figyelmet, hogy az összehasonlításból eredő megállapítások alapján a későbbiekben e programokat alkalmazó szakemberek munkáját segítsen és iránymutatást nyújtsak a különböző energetikai szoftverek alkalmazása terén.

A vizsgálatokat az épület geometriáját megtartva két eltérő rétegrend felépítéssel elemezem, ezzel vizsgálva a hőátbocsátási tényezők szigorodó követelményértékének hatását.

A jogszabályban [1] szereplő kritérium szerint az épület igazolható zónánként és helységenként elvégzett számítások összegeként is. A tervezett lakóépületet egy zónásnak tekinthető, ezért az eredményeknek hasonlítaniuk kell egymáshoz az összes általam alkalmazott számítási- és szimulációs eljárás esetén is.

3. Az épületenergetikai számításokról szóló rendeletről

A bevezetésben már említett jelenleg hatályos 7/2006 (V. 24.) [1] rendelet 3.§ kimondja, hogy az energetikai jellemzők meghatározásakor a tervező döntése, hogy a rendeletben meghatározott egyszerűsített, részletes vagy ezeket vegyesen alkalmazza.

		Jelenleg hatályos	2015-től hatályos	Változás %-ban
Épülethatároló szerkezet		U [W/m ² K]	U [W/m ² K]	
1	Homlokzati fal	0,45	0,24	47%
2	Lapostető	0,25	0,17	32%
3	Padlás és búvótér alatti földem	0,3	0,17	43%
4	Fűtött tetőteret határoló szerkezetek	0,25	0,17	32%
5	Árkád és áthajtó feletti földem	0,25	0,17	32%
6	Alsó záróföldem fűtetlen pince felett	0,5	0,26	48%
8	Üvegezés	-	1	-
9	Különleges üvegezés*	-	1,2	-
10	Fa vagy PVC keretszerkezetű homlokzati üvegezett nyílászáró	1,6	1,15	28%
11	Fém keretszerkezetű homlokzati üvegezett nyílászáró	2	1,4	30%
12	Homlokzati üvegezett nyílászáró, ha névleges felülete kisebb, mint 0,5 m ²	2,5	-	-
13	Homlokzati üvegfal, függönyfal	1,5	1,4	7%
14	Üvegtető	-	1,45	-
15	Tetőfelülvilágító, füstelvezető kupola	2,5	1,7	32%
16	Tetősík ablak	1,7	1,25	26%
17	Ipari és tűzgátló ajtó és kapu (fűtött tér határolására)	-	2	-
18	Homlokzati, vagy fűtött és fűtetlen terek közötti kapu	3	1,8	40%
19	Homlokzati, vagy fűtött és fűtetlen terek közötti ajtó	1,8	1,45	19%
20	Fűtött és fűtetlen terek közötti fal	0,5	0,26	48%
21	Szomszédos fűtött épületek és épületrészek közötti fal	1,5	1,5	0%
22	Lábazati fal, talajjal érintkező fal a terepszinttől 1 m mélységig (a terepszint alatti rész csak új épületeknél)	0,45	0,3	33%
23	Talajon fekvő padló (új épületeknél)	0,5	0,3	40%
24	Hagyományos energiagyűjtő falak (pl. tömegfal, Trombe fal)	-	1	-

1.TÁBLÁZAT: ÉPÜLETSZERKEZET HŐÁTBocsÁTÁSI TÉNYEZŐI HATÁLYOS ÉS 2015 –TŐL HATÁLYOS RENDELETBEN FOGLALTAK ALAPJÁN

Dönthet még úgy, hogy a számítást nemzetközi gyakorlatban elfogadott számítógépes szimulációs szoftverekkel végzi, de a jogszabály nem tér ki arra, hogy melyek is ezek a szoftverek. Azt is kimondja, hogy az energetikai megfelelés igazolható úgy, hogy az épületet zónákra bontjuk és azokat összegezzük, de úgy is, hogy helységek összegét vesszük. Ez egy egyzónásnak tekinthető lakóépület esetén ez azt jelenti, hogy valamelyik módszerrel meg kell felelnie az épületnek.

Közeljövőben e jogszabály kiegészül Magyar Közlöny 2014. évi 35 számában közölt 20/2014. (III. 7.) BM [2] rendelet tartalmával, ami az az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról szól. A 7/2006. (V. 24.) TNM [1] jogszabály 5. melléklete lesz. 2015 január 1-el érvénybe lép a hőátbocsátási tényező szigorított követelményértéke, hazai vagy uniós pályázati forrás vagy a központi költségvetésből származó támogatásból megvalósuló épületnél. 2018 December 31-től a rendelet [2] 4. § (2) bekezdése és az 5. § (1) bekezdése, 2020. December 31-én pedig a 4. § (3) bekezdése és az 5. § (2) . bekezdése lép hatályba.

A hőátbocsátási tényező követelményértékét és a változás mértékét gyűjtöttem össze (1.táblázat).

A változás nem csak a hőátbocsátási tényezőkre tér ki, hanem a rendelet [1] II. fejezetében található fajlagos hőveszteség-tényezőre és a III. fejezetben lévő összesített energetikai jellemzőre is. Ezen határértékek fűtött épület térfogatot határoló szerkezet (A) és fűtött légtérfogat (V) alapján adják meg a követelményértéket. A lakóépületre vonatkozó határértékek a 2. táblázat és 3. táblázat tartalmazza.

II. A fajlagos hőveszteség-tényezőre vonatkozó követelményértékek					
JELENLEG HATÁLYOS RENDELETBE FOGLALT ÉRTÉKEK			MÓDOSÍTÁS UTÁN A RENDELETBE FOGLALT ÉRTÉKEK		
$A/V \leq 0,3$	$q_m = 0,2$	[W/m ³ K]	$A/V \leq 0,3$	$q_m = 0,16$	[W/m ³ K]
$0,3 \leq A/V \leq 1,3$	$q_m = 0,38 (A/V) + 0,086$	[W/m ³ K]	$0,3 \leq A/V \leq 1,3$	$q_m = 0,079 + 0,27 (A/V)$	[W/m ³ K]
$A/V \geq 1,3$	$q_m = 0,58$	[W/m ³ K]	$A/V \geq 1,3$	$q_m = 0,43$	[W/m ³ K]

2.TÁBLÁZAT A FAJLAGOS HŐVESZTESÉG-TÉNYEZŐRE VONATKOZÓ KÖVETELMÉNYÉRTÉKEK

III. Az összesített energetikai jellemzőre vonatkozó követelmények					
JELENLEG HATÁLYOS RENDELETBE FOGLALT ÉRTÉKEK			MÓDOSÍTÁS UTÁN A RENDELETBE FOGLALT ÉRTÉKEK		
$A/V \leq 0,3$	$EP = 110$	[kWh/m ² a]	$A/V \leq 0,3$	$EP = 110$	[kWh/m ² a]
$0,3 \leq A/V \leq 1,3$	$EP = 120 (A/V) + 74$	[kWh/m ² a]	$0,3 \leq A/V \leq 1,3$	$EP = 30 (A/V) + 101$	[kWh/m ² a]
$A/V \geq 1,3$	$EP = 230$	[kWh/m ² a]	$A/V \geq 1,3$	$EP = 140$	[kWh/m ² a]

3.TÁBLÁZAT AZ ÖSSZESÍTETT ENERGETIKAI JELLEMZŐRE VONATKOZÓ KÖVETELMÉNYEK

A jogszabály [1] 4.melléklet II. pontjának 7. részben módosulnak az épületgépészeti rendszer viszonyítási alapjai (4.táblázat).

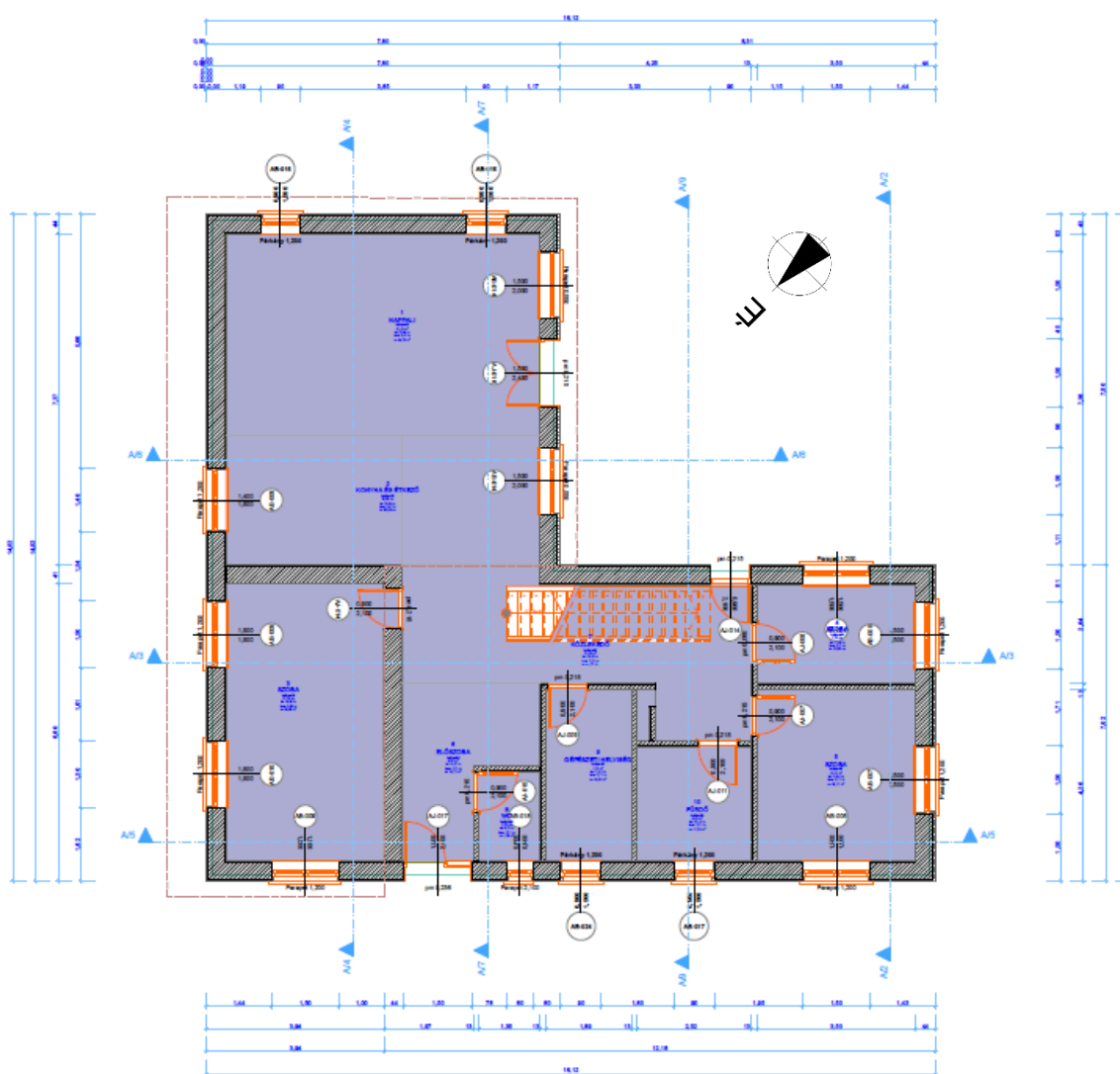
7/2006 (V.24.TNM)	
HATÁLYOS	MÓDOSÍTÁS
A fajlagos hőveszteségtényező értéke a vizsgált épület felület/térfogat viszonya függvényében az 1. mellékletben megadott követelményérték:	A fajlagos hőveszteség-tényező értéke a vizsgált épület felület/térfogat viszonya függvényében a II. pontban megadott követelményérték;
- az éghajlati adatok a 3. mellékletben megadottaknak felelnek meg,	Az éghajlati adatok a 3. mellékletben megadottaknak felelnek meg;
- a légszerezés az épület használati módjának (használok száma, tevékenysége, technológia stb.) alapján a szakma szabályai szerint számított szükséges érték,	A fogyasztói igényeket és az ebből származó adatokat: légszerezés, belső hőterhelés, világítás, a használati melegvíz-ellátás nettó energiaigénye az épület használati módjának (használok száma, tevékenysége, technológia stb.) alapján a vonatkozó jogszabályok, szabványok és a szakma szabályai szerint kell meghatározni; az épület szakaszos üzem korrekciós szorzójának értéke $\sigma = 0,9$.
- a belső hőterhelés az épület használati módjának (használok száma, tevékenysége, technológia stb.) alapján a vonatkozó szabványok, jogszabályok és a szakma szabályai szerint számított érték,	
- a világítási energiaigény az épület használati módjának (használok száma, tevékenysége, technológia stb.) alapján a szakma szabályai szerint számított szükséges érték,	
- a használati melegvíz-ellátás nettó energiaigénye az épület használati módjának (használok száma, tevékenysége stb.) alapján a szakma szabályai szerint számított szükséges érték, és ezen igények kielégítésére az alábbiakban leírt épületgépészeti rendszer szolgál:	
- a fűtési rendszer hőtermelőjének helye (fűtött téren belül vagy kívül) a tényleges állapottal megegyezően adottságként veendő figyelembe,	A fűtési rendszer hőtermelőjének helye (fűtött téren belül vagy kívül) a tényleges állapottal megegyezően adottságként veendő figyelembe,
- a feltételezett energiahordozó földgáz,	A feltételezett energiahordozó földgáz,
- a feltételezett hőtermelő alacsony hőmérsékletű kazán,	A feltételezett hőtermelő kondenzációs kazán,
- a feltételezett szabályozás termosztatikus szelep 2K arányossági sávval,	A feltételezett szabályozás termosztatikus szelep 2K arányossági sávval,
- a fűtési rendszerben tároló nincs,	A fűtési rendszerben tároló nincs,
- a vezetékek nyomvonala a ténylegessel megegyező (az elosztó vezetékek fűtött téren belül vagy kívül való vezetése),	A vezetékek nyomvonala a ténylegessel megegyező (az elosztó vezetékek fűtött téren belül vagy kívül való vezetése),
- a vezetékek hőveszteségének számításakor a 70/55 °C hőfoklépcsőhöz tartozó vezetékek veszteségét kell alapul venni,	A vezetékek hőveszteségének számításakor az 55/45 °C hőfoklépcsőhöz tartozó vezetékek veszteségét kell alapul venni,
- a szivattyú fordulatszám-szabályozású,	A szivattyú fordulatszám szabályozású, a fűtővíz hőfoklépcsője 10 K,
- a melegvíz-ellátás hőtermelője földgáztüzelésű alacsony hőmérsékletű kazán,	A melegvíz-ellátás hőtermelője földgáztüzelésű kondenzációs kazán,
- a vezetékek nyomvonala a ténylegessel megegyező,	A vezetékek nyomvonala a ténylegessel megegyező,
- 500 m ² hasznos alapterület felett cirkulációs rendszer van,	500 m ² hasznos alapterület felett cirkulációs rendszer van,
- a tároló helye adottság (fűtött téren belül vagy kívül),	A tároló helye adottság (fűtött téren belül vagy kívül),
- a tároló indirekt fűtésű,	A tároló indirekt fűtésű,
- a gépi szellőzéssel befűjt levegő hőmérséklete a helyiség-hőmérséklettel egyező, a léghevítőt az alacsony hőmérsékletű, földgáztüzelésű kazánról táplálják,	Amennyiben van gépi szellőzés a gépi szellőzéssel befűjt levegő hőmérséklete a helyiség-hőmérséklettel egyező, a léghevítőt az alacsony hőmérsékletű, földgáztüzelésű kazánról táplálják, a szellőzőrendszer 70% hatásfokú hővisszanyerővel van felszerelve, a szellőzőrendszer légmennyisége, a vezetékek ellenállása és a működési ideje a ténylegessel megegyező,
- a légszarnak hőszigetelése 20 mm vastag,	A légszarnak hőszigetelése 20 mm vastag, a nyomvonala a tényleges állapottal megegyezően adottságként veendő figyelembe.
- a gépi hűtés energiaigényének számítását a 2. melléklet szerint kell elvégezni.	A gépi hűtés energiaigényének számítását a 2. melléklet szerint kell elvégezni.

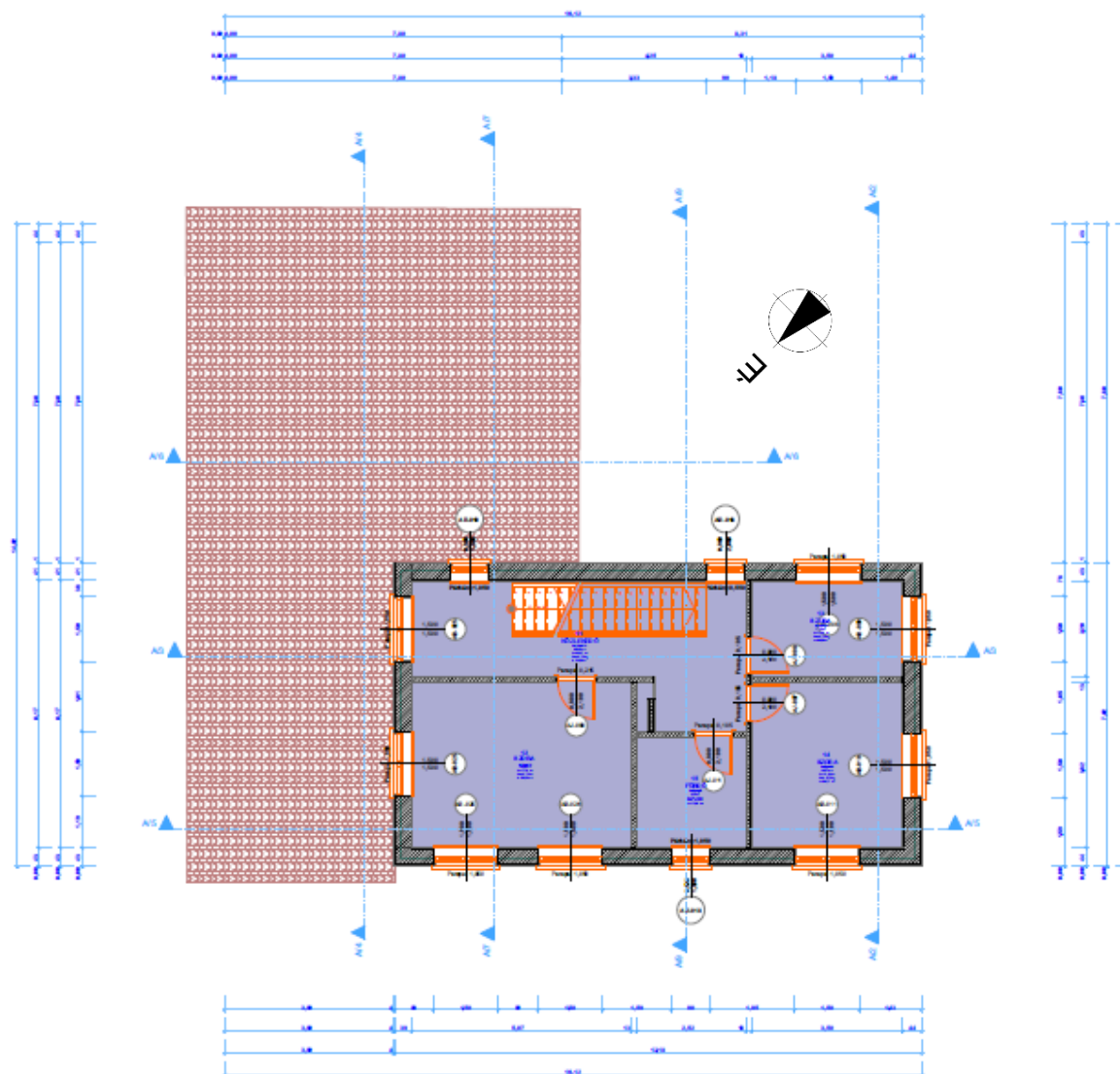
4.TÁBLÁZAT GÉPÉSZETRE SZÓLÓ MÓDOSÍTÁSOK

4. Épület leírása és adatai

4.1 Épületről általánosan

A vizsgált épületet egy bruttó 174 m² alapterületű földszinttel (1. ábra) és 85 m² –es emelettel (2. ábra) rendelkezik. Ezen épület került vizsgálatra a szimulációk során. Az volt a cél, hogy egy összetettebb, többféle szerkezeti elemet is tartalmazó komplex épületet vizsgáljak. Az épület a már említett két szinttel rendelkezik, melyet egy lapos tető és egy kishajlású tető zár le. Helységek lakó funkcióra alkalmas kialakítású zónákból állnak.





2.ÁBRA ÉPÜLET EMELETI TERVE

4.2 Épület elhelyezkedése

Földrajzi elhelyezkedés nagyban befolyásolja a környezeti adottságokat, benapozást és szoláris hőnyereséget is, ezért a magyar környezeti viszonyokon belül Budapestre került az épület. A lokáció kiválasztásában továbbá szerepet játszott, hogy a főváros esetén érhetőek el részletes és ingyenes éghajlatadatok, melyeket az alkalmazott szoftverek esetében (pl. ArchiCAD, CASAnova...) kulcsfontosságú. Tájolása a terv Y tengelyéhez viszonyított 225° (1-2.ábra).

4.3 Épület adatai

Az épület a talajon fekvő területe 140,55 m². Emelet nettó alapterülete 66,93 m². Belmagassága általánosan 2,7 m, a kishajlású tető esetén 3,5 m. Teljes fűtött légtérfogata 580,6 m³. További méreteket az 5. táblázat tartalmazza.

		Földszint	Emelet	Összesen
Bruttó alapterület	[m ²]	174,024	85,815	259,839
Nettó alapterület	[m ²]	140,55	66,93	207,48
Helység belmagassága	[m]	2,7-3,5	2,7	
Helyégek térfogata	[m ³]	399,68	180,92	580,6

5. TÁBLÁZAT ÉPÜLET ALAPTERÜLETE ÉS HELYSÉGEK ÖSSZTÉRFOGATA

Helységek jelöléseit, alapterületét és térfogatát szintenként a 6. táblázat tartalmazza.

Helységek							
Földszint				Emelet			
Jel	Megnevezés	Alapterület [m ²]	Térfogat [m ³]	Jel	Megnevezés	Alapterület [m ²]	Térfogat [m ³]
1	Nappali	31,10	94,39	11	Közeledő	20,04	54,11
2	Konyha és étkező	20,00	60,75	12	Szoba	19,38	52,42
3	Szoba	21,76	60,71	13	Szoba	7,70	20,83
4	Szoba	7,70	20,83	14	Szoba	13,37	36,17
5	Szoba	13,37	36,17	15	Fürdő	6,43	17,39
6	Előszoba	8,92	24,13				
7	Közeledő	21,36	58,48				
8	WC	2,70	7,30				
9	Gépészeti helység	7,22	19,53				
10	Fürdő	6,43	17,39				
Összesen		140,56	399,68	Összesen		66,92	180,92
Összes alapterület [m ²]				Összes térfogat [m ³]			
207,48				580,60			

6. TÁBLÁZAT HELYSÉGEK ALAPTERÜLETE ÉS TÉRFOGATA

Mivel a benapozás szempontjából fontos a helységekhez csatlakozó külső falak nagysága és azokon lévő nyílászárók, ezért ezeket külön égtájanként kigyűjtöttem (7. táblázat)

Helységekhez tartozó külső fal és nyílászáró égtájanként		
	Fal	Nyílászáró
Észak-Nyugat	49,939	19,26
Észak-Kelet	40,686	11,10
Dél-Nyugat	39,550	18,60
Dél-Kelet	60,215	12,15
Összesen	190,390	61,110

7. TÁBLÁZAT NYÍLÁSZÁRÓK ÉGTÁJANKÉNT

4.4 Szerkezeti felépítés

Az épület két szerkezeti felépítéssel rendelkezik. Egyik megfelel a jelenleg hatályos 7/2006 (V. 24.) TNM jogszabály 1. mellékletében [1] foglalt értékek által előírt hőátbocsátási tényezők követelményértékeinek, míg a második rétegrend pedig az új 2015 Január 1-gyel életbelépő módosításának [2] (1. táblázat).

Az előírásnak megfelelően választottam ki a szerkezeti rétegrendemet úgy, hogy a két felépítésű épület geometriai méretei, helységek befoglaló térfogata és alapterülete ne változzon. A rétegfelépítésnél csak az energetikai modellezésben számottevő rétegeket soroltam fel (8-9 táblázat)

1. rétegfelépítés: a hatályos rendeletnek megfelelő

Külső fal					
Réteg	Réteg megnevezés	Vastagság [cm]	Hővesztesség tényező [W/mK]	Fajhő [kJ/kgK]	Sűrűség [kg/m ³]
1	Baumit Termo Extra hőszigetelő vakolat	4	0,09	1	440
2	Porotherm 38-as falazóblokk	38	0,23	0,88	800
3	Baumit gipszes belsővakolat	1,5	0,6	1	1250

Talajjal érintkező padlórétegrend					
1	Hidegburkolat	1,5	1,4	0,92	2400
2	Aljzatbeton	5	1,15	1	1800
3	EPS hőszigetelés	15	0,06	1,46	25
4	Gyengén vasalt beton	10	1,55	1	1800

Lapostető					
1	Leterhelő kavicságy	5	1,4	1,9	2200
2	Expandált polisztirolhab	15	1,46	25	70
3	Vasalt feltbeton (2% vashányd)	4	2,5	1	2400
4	Porotherm kettőzött gerendás földmrendszer	17	0,69	0,88	1270
5	Baumit gipszes belsővakolat	2	0,6	1	1250

Kishajlású tető					
1	Alumínium lemezfedés	0,08	198	0,46	2600
2	Deszkázat	2,5	0,2	1	1200
3	Kiszellőztetett légrés	5	-	1	-
4	Szaruzat közti hőszigetelés	13	0,04	1	70
5	Belső fa burkolat	2,5	0,2	1	1200

8.TÁBLÁZAT 1.RÉTEGREND

2. rétegfelépítés: a módosításnak megfelelő

Külső fal					
Réteg	Réteg megnevezés	Vastagság [cm]	Hőveszteség tényező [W/mK]	Fajhő [kJ/kgK]	Sűrűség [kg/m ³]
1	Baumit Termo Extra hőszigetelő vakolat	4	0,09	1	440
2	Porotherm 38-as falazóblokk	38	0,11	0,88	800
3	Baumit gipszes belsővakolat	1,5	0,6	1	1250

Talajjal érintkező padlórétegrend					
1	Hidegburkolat	1,5	1,4	0,92	2400
2	Aljzatbeton	5	1,15	1	1800
3	EPS hőszigetelés	15	0,04	1,46	25
4	Gyengén vasalt beton	10	1,55	1	1800

Lapostető					
1	Leterhelő kavicságy	5	1,4	1,9	2200
2	Expandált polisztirolhab	22	0,04	25	70
3	Vasalt feltbeton (2% vashányd)	4	2,5	1	2400
4	Porotherm kettőzött gerendás födémrendszer	17	0,49	0,88	740
5	Baumit gipszes belsővakolat	2	0,6	1	1250

Kishajlású tető					
1	Aluminium lemezfedés	0,08	198	0,46	2600
2	Deszkázat	2,5	0,2	1	1200
3	Kiszellőztetett légrés	5	-	1	-
4	Szaruzat közti hőszigetelés	20	0,04	1	70
5	Belső fa burkolat	2,5	0,2	1	1200

9.TÁBLÁZAT 2. RÉTEGREND

Megfigyelhető, hogy az épületek határoló szerkezeti elemeinek hőátbocsátási tényezői 3%-os eltérésen belül vannak a két előírás határértékéhez viszonyított százalékos arányban, így figyelve arra, hogy a két vizsgálati eredmény jól összehasonlítható legyen (10. táblázat).

		Jelenleg hatályos [1]	1. rétegrend		2015-től hatályos [2]	2. rétegrend		Százal ékos eltérés
Épülethatároló szerkezet		U [W/m2K]	U [W/m2K]		U [W/m2K]	U [W/m2K]		
1	Homlokzati fal	0,45	0,44		0,24	0,23		1,94%
2	Lapostető	0,25	0,24		0,17	0,16		1,88%
3	Fűtött tetőteret határoló szerkezetek	0,25	0,24		0,17	0,16		1,88%
4	Üvegezés		1,46		1	0,73		
5	Fa vagy PVC keretszerkezetű homlokzati üvegezett nyílászáró	1,6	1,47	1,59	1,15	1,02	1,15	
6	Homlokzati üvegezett nyílászáró, ha névleges felülete kisebb, mint 0,5 m2	2,5	1,51			1,26		
7	Homlokzati, vagy fűtött és fűtetlen terek közötti ajtó	1,8	1,4		1,45	1,1		1,92%
8	Lábazati fal, talajjal érintkező fal a terepszinttől 1 m mélységig (a terepszint alatti rész csak új épületeknél)	0,45	0,35		0,3	0,24		-2,22%
9	Talajon fekvő padló (új épületeknél)	0,5	0,35		0,3	0,24		

10. TÁBLÁZAT RÉTEGRENDEK HŐÁTBOCSÁTÁSI TÉNYEZŐI

4.5 Gépészeti berendezés

A gépészetnél a rendelet [1] alapján (4. táblázat) előírt épületgépészeti rendszer viszonyítási alapjait vettem fel. A fűtés és használati melegvíz előállítására fűtött téren belül történik. Az első rétegrendnél acsony hőmérsékletű kazánt 15K hőfoklépcsővel (70/55 °C). Míg 2. rétegrend esetén kondenzációs kazán 10K hőfoklépcsővel (55/45 °C). Mindkét esetben az energiahordozó földgáz, termosztatikus szelep 2K arányossági sávval, tárolás mentes, fordulatszám szabályozású szivattyúval. Gépi szellőztetés és hűtés nincs. A világítást a rendelet szerint lakó funkciójú épület esetén nem kell figyelembe venni..

5. Vizsgált számítási eljárások és szoftverek

Az alkalmazott szoftverek energetikai vizsgálatát különböző eljárásokkal végzik. Ezen eljárások és számítási módszerek más és más eredményt mutatnak.

5.1 Auricon Energetic



3.ÁBRA AURICONENERGETIC LOGO

Ezen szoftver (3. ábra) egy viszonylag új magyar fejlesztésű program, mely a rendeletbe [1] foglalat egyszerűsített és részletes számítási módszert alkalmazza tanúsítási, engedélyezési tervi dokumentáció és egyéb célokra.

The screenshot shows the Auricon Energetic 1.6.9 software interface. The window title is 'Auricon Energetic 1.6.9 | D:\! CLOUD SERVICE\Dropbox\! TDK\Auricon Energetic\REGI NF 38\Épület N+F 38 RÉSZLETES 2.aes'. The interface includes a sidebar with buttons for 'Projekt adatok', 'Helyiségek', 'Hőátbocsátási tényezők', 'Hőhidkorrekció', 'Nyílászárók', 'Fajlagos hővesztégtényező', 'Gépészet', and 'Összesítés'. The main area contains a form for entering building data, including fields for 'Tanúsító', 'Projekt', 'Kapcsolódó határozat adatai', 'Megrendelő', 'Ingatlan', and 'Rendeltetés'. A map of Hungary is visible on the right side of the form. The bottom section displays calculated values for 'Fűtött térfogatot határoló szerkezetek összes belső felülete (A)', 'Fűtött térfogat belméretek szerint számolva (V)', 'Nettó fűtött alapterület (A_N)', and 'Fajlagos hőátaró tömeg'.

4.ÁBRA AURICONENERGETIC KEZELŐFELÜLETE

A fejlesztők garantálják, hogy a számítási lépések a magyar előírások [1] és szabványok [3,4,5] alapján történik, így ezzel a szoftverrel számítottam ki az épület energetikaigényét.

A program egy egyszerű kezelőfelülettel rendelkezik (4. ábra), nincs 3D modell importálási lehetősége, minden adatot a már meglévő vagy a felmért tervek alapján kell megadni. Rendelkezik saját anyag adatbázissal, de mi is hozzáadhatunk a számunkra megfelelőt. Nyílászáró adatbázisa nincs, de a nyílászáró paraméterei és felépítése alapján automatikusan számolja az MSZ EN 673:2012 [3] és ISO 15099:2003 [4] szabvány alapján a nyílászáró hőátbocsátási tényezőjét. (Erre később külön kitérek.) Dokumentációja részletesen tartalmazza a bemenő adatokat és jól kiemeli a lényeges elemeket.

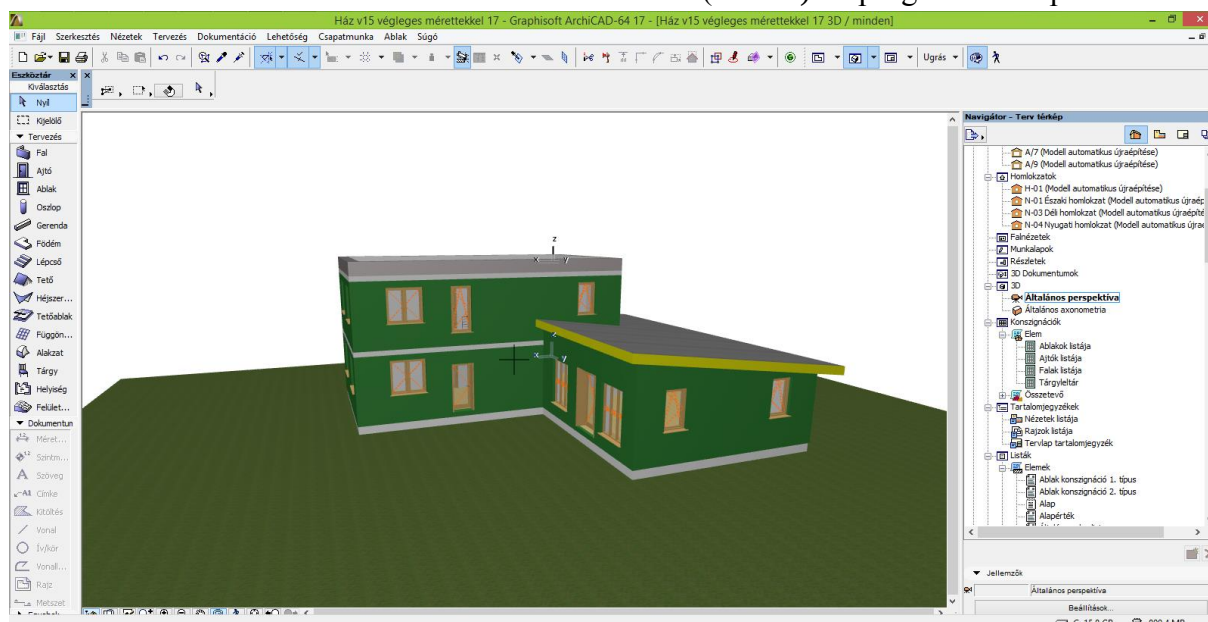
5.2 GRAPHISOFT ArchiCAD

GRAPHISOFT
ARCHICAD



5.ÁBRA ARCHICAD ÉS ECODESIGNER LOGO

Nemzetközi gyakorlatban sok helyen alkalmazott modulatorientált tervezőszoftver (5. ábra). Könnyen és gyorsan építhető benne összetettebb komplexebb épület is. Vázlattervek és kiviteli tervek készítésére is alkalmas kezelőfelületen (6. ábra). A programba beépítésre került



6.ÁBRA ARCHICAD KEZELŐFELÜLETE

egy EcoDesigner kiegészítő modul, melynek számítási VIP magját a SrtuSoft fejlesztette. Dinamikus modelleken alapszik a számítás, melynél a számítást alkotóelem-csoportonként külön hajtja végre. Eredményeit ismert és mért adatok alapján végzi 140-2007 ANSI/ASHRAE

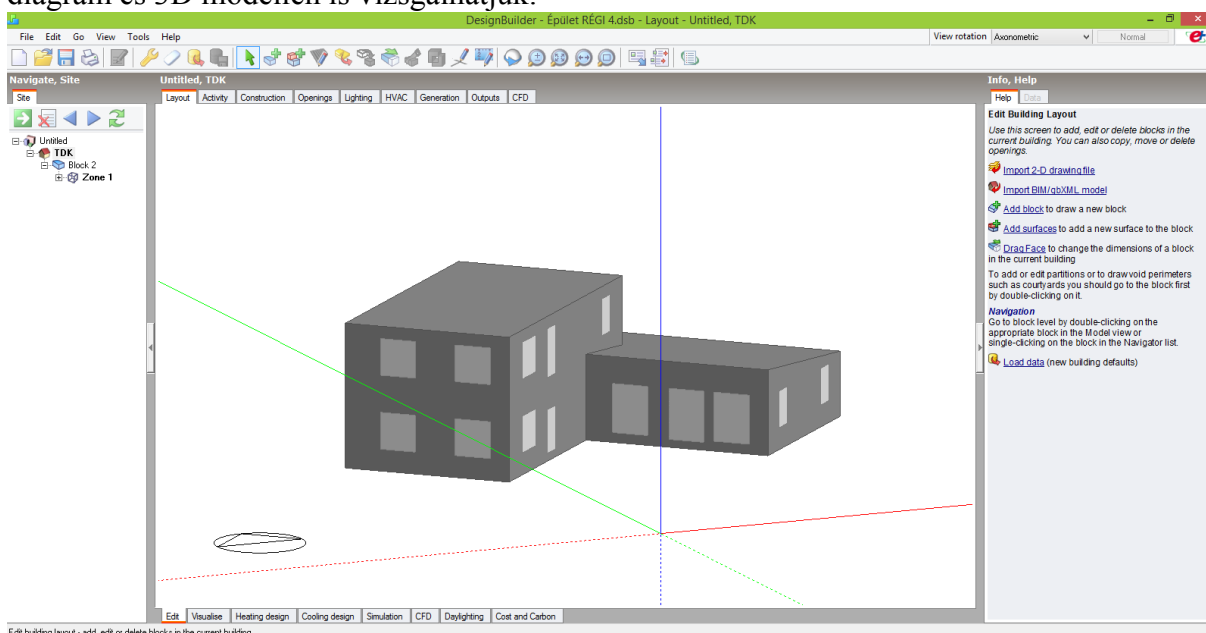
[6] szabvány (Szabványos ellenőrzési eljárás épületek energetikai elemzésére szolgáló számítógépes programok értékelésére) előírásait betartva. Evvel a modullal tanusítvány nem készíthető. Külön megvásárolva StruSoft VIP-Energy szoftver segítségével lehetőség nyílik tanusításra, mely ugyan ezt a modult futtatja. A modult EN-15265, IEA-BESTEST, ANSI/ASHRAE 140-2001, StruSoft-BESTEST tesztekkel hitelesítették.

5.3 DesignBuilder



7.ÁBRA DESIGNBUILDER LOGO

A program (6. ábra) EnergyPlus energetikai modult használó szoftver, azaz ennek a programnak nincs saját fejlesztésű számítási módszere. Könnyebb kezelhetőséget (8. ábra) biztosít az EnergyPlus grafikus felület nélküli számítási motorhoz. A DesignBuilder 4.2-es verziója az EnergyPlus 8.1-es verzióját használja a vizsgálatokhoz. Saját 3D modellezési lehetőséget biztosít, melybe képek és DWG/DXF 2D rajzok is beimportálhatóak. Nagyon részletes kezelőfelületet írt az EnergyPlus modulhoz, így elmondható, hogy a program alkalmas összetett energetikai modellezésre. Dokumentáció készítője adatorientált, azaz a számítási eredmények a dokumentációban szöveges formában jelennek meg, a programon belül ezeket diagram és 3D modellen is vizsgálhatjuk.



8.ÁBRA DESIGNBUILDER KEZELŐFELÜLETE

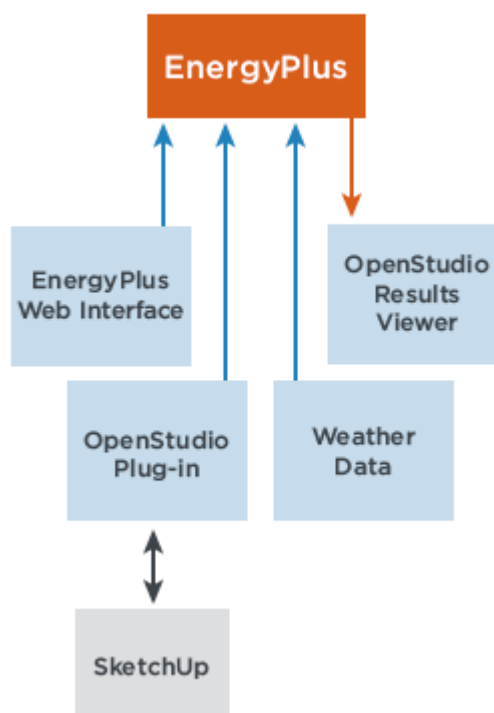


11.ÁBRA ENERGYPLUS LOGO



12.ÁBRA OPENSTUDIO LOGO

Ahogy azt már említettem a DesignBuilder program által használt EnergyPlus (11. ábra) számítási metódus alkalmas épületek, épületszerkezetek és gépészeti rendszerek vizsgálatára. A motort az amerikai US Department of Energy alkotta meg. Eredetileg csak szöveges formátumban lehetett a bemenő adatokat megadni és az eredményeket is így reprezentálta a modul. Ma már nagyon sok program használja számítási metódusát, de hivatalosan az OpenStudio (12. ábra) szabad forráskódú szoftverrel kapcsolódott össze, ez segít a bemenő adatok és eredmények megjelenítésében (13. ábra). Kifejlesztettek egy SketchUp kiegészítő modult, mellyel a tervezett épület hőtechnikai tömbjeit tudjuk lemodellezni.



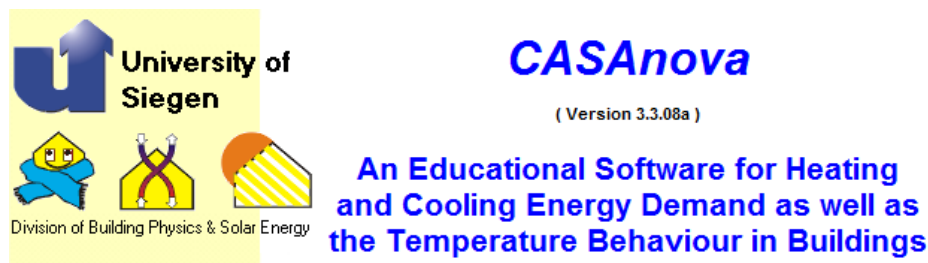
13.ÁBRA ENERGYPLUS ÉS OPENSTUDIO FELÉPÍTÉSE

Vannak olyan EnergyPlus-on alapuló szoftverek, melyek grafikus felülettel rendelkeznek. Ezek közé tartozik a DesignBuilder, EFEN, AECOsím Energy Simulator, Hevacomp Simulator V8i, N++, gEnergy, Simergy, BEopt, Sefaira és az Archsim.

IDF (EnergyPlus adathordozó fájlja) készítő alkalmazások is készültek, melyek segítenek a bemenő geometriai, szerkezeti, elhelyezkedési stb. adatok elkészítésében. Ilyen az Easy EnergyPlus, Autodesk Ecotect Analysis mellyel benapozás vizsgálatot, árnyékoltságot, akusztikai vizsgálatot is lehet végezni, EnergyPlugged Autodesk Autocad kiegészítő modul, EP SYS és EP GEO, EP-Quick, ESP-r és a jEPlus.

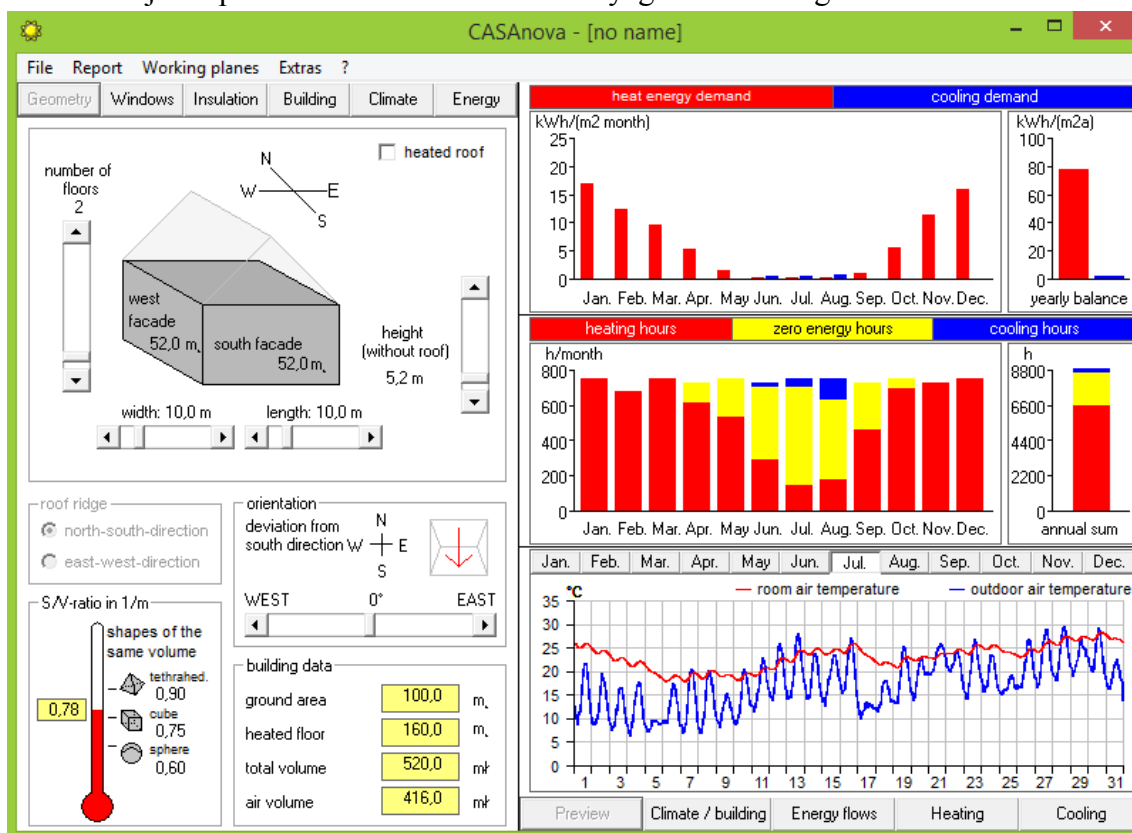
Megemlítendő még az Autodesk Green Building Studio, mely egy webes felületen működő szimulációs szoftver. EnergyPlus bemenő adatfájlt kell megadni és lefuttatja a szimulációt, melyet bárhol elérhetünk.

5.4 CASAnova



9.ÁBRA CASANOVA LOGO

A német Siegeni Egyetem által fejlesztett CASAnova program (9. ábra) a német DIN EN 832:2003-06 szabvány alapján számol, melyet a DIN EN ISO 13790:2008-09 már felváltotta, azonban még mindig nagyon sokan használják. A program kezelőfelülete nagyon egyszerű (10. ábra), minimális adatok bevitele után azonnal elkészíti az elemzést. A dokumentációja szépen szerkesztett és minden lényeges adatot diagramokkal is szemléltet.



10.ÁBRA CASANOVA KEZELŐFELÜLETE

6. Szimulációk

Az összes szimulációnál a legfontosabb szempont volt, hogy az épület bemenő adatai megegyezzenek, hogy meg tudjam határozni milyen különbségek vannak az egyes szoftverekben és azok mekkora eltérést mutatnak az eredményekben.

6.1 Auricon Energetic vizsgálat

6.1.1 Számítási eljárás

A jelenleg hatályos 7/2006 (V.24.) TNM [1] rendeletben foglalt határértékeket és számítási eljárást használja a program az energetikai tanúsításra (11. táblázat). A munkafolyamat elején ajánlott megadni a számítási eljárást, mert ez alapján állítja be a program az egyes beviteli panelokat.

Számítás		
	Egyszerűsített	Részletes
Épület fajlagos hőtároló tömeg számítása	7/2006 (V. 24)	MSZ EN ISO 13790
Fűtési energia számítása	7/2006 (V. 24) Δt_b 8 [K] egyensúlyi hőmérséklet-különbség tartozó érték	7/2006 (V. 24) épület átlaghőmérsékletére megadott képlet alapján határozza meg az egyes helyiségek hőmérsékletének a helyiségtérfogattal súlyozott átlagaként kell meghatározni
Fajlagos hővesztégtényező	Elhanyagolja	7/2006 (V. 24) Sugárzási nyereség (Q_{sid}) figyelembe figyelembevétel
Felületi ellenállások számítása	MSZ-04-140/2:1991	MSZ EN ISO 6946:2008
Hőhídvesztések	7/2006 (V. 24) táblázata alapján	MSZ EN ISO 14683:2008
Hőmérsékleti görbe végpontja	Programban megadott érték alapján	Szerkezet lehűlő oldalához rendelt hőmérséklet alapján
Helység-hőmérséklet meghatározása	+20 C	MSZE 24140:2012-ben meghatározott értékek légtér-fogat szerinti súlyozott átlaga
Direkt sugárzási nyereség (Q_{sd}) fűtési idényre	Minden nyílászáró É-inak tekint	Égtájankén a 7/2006 (V. 24) 3. mellékletében megadott táblázatot figyelembevéve
Direkt sugárzási nyereség (Q_{sd}) nyári sugárzási hőterhelés	7/2006 (V. 24) Zavartalan benapozás	7/2006 (V. 24)-alapján a tereptárgyak és árnyékolók hatását is figyelembeveszi
Direkt sugárzási nyereség (Q_{sd}) egyensúlyi hőmérséklet különbséghez	Elhanyagolja	7/2006 (V.24) táblázatban meghatározott értékek alapján
Indirekt sugárzási nyereség (Q_{sid})	Elhanyagolja	Megadható
Táblázati értékek interpolációja	7/2006 (V. 24) Táblázati értékekhez kisebb közelebbesőt választja	7/2006 (V. 24) Táblázati értékek között interpolál

11. TÁBLÁZAT EGYSZERŰSÍTETT ÉS RÉSZLETES SZÁMÍTÁS ALAPJA

6.1.2 Épület adatainak felvétele

Épület geometriai adatait az egyszerűsített számítás esetén kézzel adjuk meg a fűtött határoló szerkezetek belső felületét, míg részletesnél helységenként (14. ábra) kell bevinnünk azokat, melyhez a helység típusa szerinti hőmérsékletet és páratartalmat párosít a MSZE 24140:2012 szabvány M1.2. jelű táblázatának adatai alapján.

Épület helyiségeinek adatai:

Név	Típus	Hőmérséklet [°C]	Páratartalom [%]	Alapterület [m²]	Térfogat [m³]
1 Nappali	Lakószoba	20	65	31,10	94,39
2 Konyha és étkező	Konyha	20	75	20,00	60,75
3 Szoba	Lakószoba	20	65	21,49	60,71
4 Szoba	Lakószoba	20	65	7,70	20,83
5 Szoba	Lakószoba	20	65	13,37	36,17
6 Előszoba	Előszoba	20	50	8,92	24,13
7 Közlekedő	Zárt folyosó	20	50	21,62	58,48
8 WC	WC	20	50	2,70	7,30
9 Gépi helyiség	Termék	20	50	7,22	19,53
10 Fürdőszoba	Mosdó	20	65	6,43	17,39
11 Közlekedő	Zárt folyosó	20	50	20,04	54,11
12 Szoba	Lakószoba	20	65	19,38	52,42
13 Szoba	Lakószoba	20	65	7,70	20,83
14 Szoba	Lakószoba	20	65	13,37	36,17
15 Fürdő	Mosdó	20	65	6,43	17,39

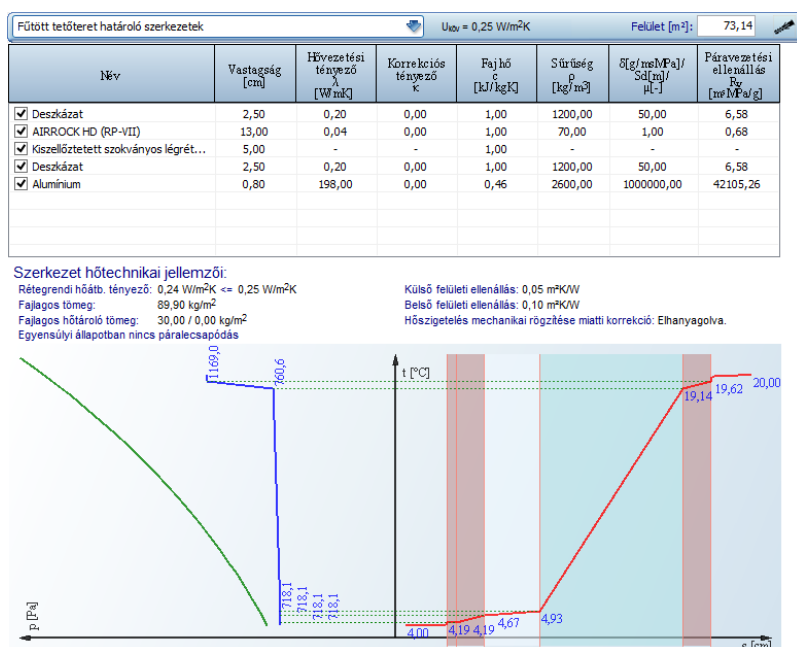
Összes alapterület: 207,47 m²
 Összes térfogat: 580,60 m³
 Átlaghőmérséklet: 20,00 °C

Kapcsolt rétegrendek:

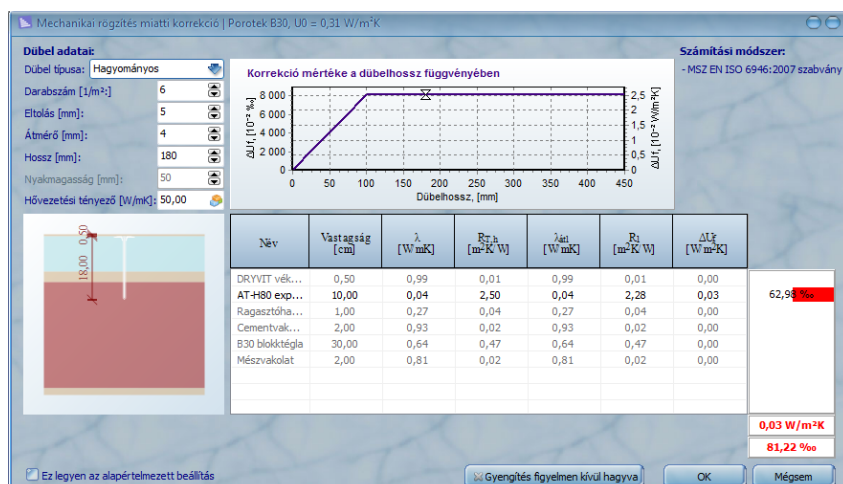
- ☐ Külső falszerkezet
- ☐ Lapostető
- ☐ Tető
- ☐ Talajon fekvő födém

14.ÁBRA HELYSÉGEK MEGADÁSA PANEL

Mindkét esetben a szerkezeti rétegrend (15. ábra) felépítést belülről kifele a program anyagtajából kiválasztva fel kell építenünk. Kiszámítja a program, ha a szerkezeti réteg hőátbocsátási tényezőjét és jelzi, ha nem felel meg a rendeletben foglaltaknak. Abban az esetben, ha a szerkezetben páralecsapódás van, piros felirattal jelez.



15.ÁBRA SZERKEZETI RÉTEGREND



Az ellenőrző adatok a hatályban lévő jogszabály [1] adatait tartalmazza és nincs rá lehetőség ezen adatok átírására, ezért ha az ember

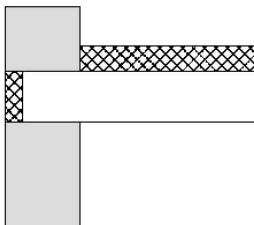
16.ÁBRA MECHANIKAI RÖGZÍTÉS KORREKCIÓS ABLAKA

az új szabályozásban foglalt követelményértéknek szeretne megfelelni, akkor kézzel vissza, kell ellenőrizni a fajlagos hőveszteség tényezőt és az összesített energetikai jellemzőt (2-3. táblázat)..

Mechanikai rögzítés miatti korrekciót is megadhatunk a programnak (16. ábra). Ebben az esetben az MSZ EN ISO 6946:2008-as [7] szabványban szereplő számítási eljárás alapján számítja ki a dübelezés korrekcióját.

Hőhíd-hatást a megadott értékek alapján felajánlja a hőhídkorrekciós tényezőket (χ). Részletes számítás esetén alkalmazott MSZ EN ISO 14683:2008 szabványban megadott belső felület vonal menti hőátbocsátási tényezőt (Ψ_i) veszi figyelembe (17. ábra).

Hőhíd típusa	Hossz, L [m]	Ψ [W/mK]	$L \cdot \Psi$ [W/K]
Lapostető 12	35,13	0,40	14,05
Közbenső födém csatlakozás 9	35,13	0,14	4,92
Belső válaszfal csatlakozás 6	22,81	0,10	2,28
Talajon fekvő padló 4	58,53	0,65	38,04
Homlokzati ajtó- és ablaknyílás 10	1,00	0,10	0,10
Épületsarok 4	24,95	0,10	2,49
Épületsarok 8	2,71	-0,10	-0,27



Lapostető 12
 $\Psi_e = 0,15$ $\Psi_{oi} = 0,40$ $\Psi_i = 0,40$

17.ÁBRA HŐHÍD HATÁS
FIGYELEMBEVÉTELE

Nyílászárókat égtájakhoz igazítva kell megadnunk (18. ábra). A 7/2006 (V. 24.) TNM rendelet 2 melléklet II. kiegészítésének 3.1 pontja azt mondja ki:

Régi típusú ablakok Új típusú üvegezett nyílászárók Bejáratok ajtó

Típusa: Homl. üvegezett nyílászáró (fa/PVC keretszer)

Szerkezet anyaga: fa, 65/75 mm

Távtartó anyaga: alumínium

Nyílászáró geometriája

Pontos megadás	Megadom az üvegezés felületét (%)
Megadom az üvegezés felületét (m²)	
Nyílászáró tokmérete - vízszintes:	150,00 cm
függőleges:	150,00 cm
Üvegfelület mérete:	1,32 m²
Távtartók összhossza:	459,57 cm
Névleges teljes felület:	2,25 m²
Üvegezés felülete:	1,32 m²
Üvegezés aránya:	58,67 %

Alaprajzi szög: 315,00

Nyílászáró tényezői

Üvegezés sugárzásátbocsátási tényezője: 0,50

☒ Program által számolt értékekből
☐ Saját magam adom meg

Üvegezés hőátbocsátási tényezője: 1,46 W/m²K

Nyílászáró hőátbocsátási tényezője: 1,48 W/m²K

Árnyékolási tényezők: ☒ Fix árnyékolók

Megnevezés	Színezés				
	Világos	Középszin	Sötét	Fekete	
Belső	Reluxa	0,55	0,65	0,75	0,85
	Vászonredőny	0,40	0,55	0,65	0,75
	Függöny	0,45	0,60	0,70	0,80
Közbenső	Reluxa	0,35	0,40	0,45	0,50
	Vászonredőny	0,30	0,35	0,40	0,45
Külső	Reluxa	0,10	0,10	0,12	0,12
	Redőny	0,15	0,15	0,15	0,15
	Ponyvaernyő	0,20	0,25	0,25	0,25
	Fa spaletta vagy redőny	0,13	0,14	0,15	0,15
	Fém spaletta vagy redőny	0,14	0,15	0,16	0,16
	Fém lamella	0,20	0,20	0,20	0,20

Nyílászáró benapozás vizsgálata

Érvényes:

Sugárzási nyereség a fűtési időnyire: 177,50 kWh/a, (134,47 kWh/m²a)

Sugárzási nyereség a nyári hőterheléshez: 118,86 W, (90,05 W/m²)

Sugárzási nyereség az egyens. hőm. különbséghez: 33,92 W, (25,70 W/m²)

OK Mégsem

18.ÁBRA NYÍLÁSZÁRÓ PANEL

„Nyílászárók hőátbocsátási tényezőjénél (U) az üvegezés (vagy más átlátszó szerkezet) és a keretszerkezetének (vagy más a felületen megjelenő felületnek) együttes felületre vetített átlagát kell figyelembe venni, figyelembe véve a szerkezeten belüli hőhidak hatását (pl. az üvegezés és a keretszerkezet csatlakozását, a távtartókat).” [1].

Ezen kívül nem tartalmazza, hogy melyik szabvány alapján végezzük el.

A nyílászáró hőtechnikai jellemzőit (19. ábra) az MSZ EN 673:2012 alapján számolja, azonban az üvegezés jellemzőit az MSZ EN 673:2012 és ISO 15099 alapján is ki tudja számolni. A kettő közti nagy különbség, hogy míg az MSZ EN 673:2012-nél az üvegezett felület

Nylászáró hozott adatai:

Az üvegezett felület nagysága, (A_g) :	1,32	m ²
Távartók össz hossza, (l_g) :	4,60	m
Az üvegezés vonalmenti hőátbocsátási tényezője, (ψ_g) :	0,04	W/mK
A tok- és szárnykeret átlagos hőátbocsátási tényezője, (U_f) :	1,30	W/m ² K

Geometriai és hőtechnikai jellemzők:

Nylászáró síkjának függőlegessel bezárt szöge, (α): °

Tok- és szárnykeret vetületi felülete, (A_f) : m²

Üvegrétegek száma:

1. üvegréteg:

Vastagság (d_g) :

mm

Hővezetési tényező (λ_g) :

W/mK

Bevonat - helye:

K

- emissziós tényező (ϵ_K):

B

- emissziós tényező (ϵ_B):

1. gázréteg:

Vastagság (d_c) :

mm

Argon

2. üvegréteg:

Vastagság (d_g) :

mm

Hővezetési tényező (λ_g) :

W/mK

Bevonat - helye:

K

- emissziós tényező (ϵ_K):

B

- emissziós tényező (ϵ_B):

2. gázréteg:

Vastagság (d_c) :

mm

Levegő

3. üvegréteg:

Vastagság (d_g) :

mm

☒ Van átátszártatlan keretkitöltés

Nagysága, (A_p) :	0,00	m ²
Hővezetési tényezője, (λ_p) :	0,00	W/mK
Szegélyének hossza, (l_p) :	0,00	m
Vonalmenti hőátbocsátási tényezője, (ψ_p) :	0,00	W/mK
Vastagsága, (d_p) :	0,00	mm

Számítási paraméterek:

Alkalmazott szabvány:

Felületi (hőátadási) ellenállás számítása:

Eredmények:

Külső felületi (hőátadási) ellenállás, (R_{se}):	0,04	m ² K/W
Belső felületi (hőátadási) ellenállás, (R_{si}):	0,14	m ² K/W
Külső üvegréteg külső felületi hőmérséklete:	-8,07	°C
Belső üvegréteg külső felületi hőmérséklete:	14,82	°C
Üvegezés hőátbocsátási tényezője, (U_g) :	1,46	W/m ² K
Átátszártatlan keretkitöltés hőátbocsátási tényezője, (U_p):	--	W/m ² K
Nylászáró hőátbocsátási tényezője, (U_w):	1,48	W/m ² K

Hőfokelési görbe

Üvegezés és nyílászáró hőátbocsátási tényezői a dőlésszög függvényében:

Ez az eljárás csak ISO 15099 szerinti számítás alatt működik.

☒ Azonnali frissítés változásokról

19.ÁBRA ÜVEGEZÉS SZÁMÍTÓ PANEL

nagysága (A_g), távtartók hossza (l_g), üvegezés vonalmenti hőátbocsátási tényezője (ψ_g), üvegek száma, bevonata és kitöltő anyagon kívül nem befolyásolja a nyílászáró hőátbocsátási tényezőjét. Addig azonban az ISO 15099 figyelembe veszi az üvegezést, a kitöltő gáz vastagságát és a nyílászáró függőlegestől való eltérését, mely befolyásolja a kitöltő gáz termodinamikai tulajdonságát. Megjegyzendő hogy a két számítás nagymértékben befolyásolja hőátbocsátási tényezőt.

Megemlítendő még hogy a tokszerkezet anyagai véges határok között választható. A mai nyílászárók értékeit nem tartalmazza. Ez a számítómodul a régi típusú épületek

felmérésénél érdekes, melyre tökéletesen alkalmas. A tervezési fázisban megfelelőségi minőségtanulmánnyal rendelkező nyílászárónak tényezőjét kézzel is megadhatjuk.

6.1.3 Dokumentáció

A tanúsítás két fontos része a 7/2006 (V.24.) TNM rendelet 1. melléklet II. bekezdésében szereplő hőveszteség tényezőre vonatkozó követelmények (2. táblázat) a fűtött épülettérfogatot határoló szerkezet összes felülete (A) és a fűtött légtérfogat (V) hányadosának függvényében.

Határoló szerkezetek adatai a hőhidak figyelembe vételével							
Szerkezet neve	U_k [W/m ² K]	μ	χ	$U_{k,0}$ [W/m ² K]	Felület, A [m ²]	$\Sigma A \cdot U_{k,0} + \Sigma \chi$ [W/K]	Fajl. hőár. tőmeg, [kg/m ²]
Külső falszerkezet (Külső fal)	0,44	-	-	0,44	190,39	83,01	86,75/0,00
Lapostető (Lapostető)	0,24	-	-	0,24	66,93	15,83	126,60/0,00
Tető (Fűtött tetőteret határoló)	0,24	-	-	0,24	73,14	17,49	30,00/0,00
Nyílászárók	1,51	-	-	-	61,20	92,65	-
Vonalmenti hőveszteségek	-	-	-	-	-	61,62	-
Összesen	-	-	-	-	531,68	270,60	-
Összes fűtött alapterület, A _f [m ²]	Fűtött térfogatot határoló felület, A _h [m ²]		Fűtött helyiségek térfogata, V [m ³]		A/V [m ² /m ³]		
207,47	531,68		580,60		0,92		
Fajlagos hőveszteségtényező: - előírt: 0,43 W/m ² K							
- tényleges: 0,38 W/m ² K							
Megfelel!							

20.ÁBRA HŐVESZTESÉG TÉNYEZŐ ELLENŐRZÉS

Szimuláció összegzi a határoló felületek és a vonalmenti hőveszteségeket és minősít a határérték alapján (20. ábra).

Ugyan ezen aránypár alapján a III. melléklet [1] összetett energetikai jellemzőre vonatkozó követelményértékeket (3. táblázat) tartalmazza. Ezen követelményértéket összeveti a gépészeti berendezések éves energia igényével (21. ábra), melyek aránya segítségével be is sorolhatjuk az épületet a 176/2008. (VI. 30.) [9] kormányrendelet 3. melléklete segítségével (22. ábra).

Épület rendeltetése	Légszerezési fűtési időben [h/a]	H/MV netto hőenergiaigénye [kWh/m ² a]	Világítás energiaigénye [kWh/m ² a]	Világítás energiaigény korrekciós szorzó	Szükséges üzem korrekciós szorzó	Belső hőnyeresség átlagértéke [W/m ²]
Lakóépületek	0,5	30	4	1	0,9	5
Irodáépületek	0,8	9	11	0,7	0,8	7
Oktatási épületek	0,9	7	6	0,6	0,8	9
Egyenlítő hőnyerességek átlag [K]	7,07	73427,42	4769,37	18845,41	90,83	

Fűtési rendszerek száma: 1

☒ Saját értéket adok meg az épület légszerezésére vonatkozóan: ☐ Tömítettségéből származó légcseré növekedés

1. fűtési rendszer

A fűtés éves hőenergiaigényének fedezete: Csak a fűtési rendszer

Alapterületi részesedés [%]: 100,00 Részesedés a fűtési időnyelből [%]: 100,00

Fűtés típusa: Polyelektrolit/áramú tü... Fűtőközeg hőmérséklete [°C]: 70/55 Alacsony hőmérsékletű kazán

Elosztóvezeték: Fűtött térben belül Beágyazott fűtőfelületek Fűtött térben belül

Szivattyú típusa: Szabályozott fordulats... Hőátadásnál szükség van ventilátorra

Rendszer típusa: Vízfűtés, kétszemes radiátoros és beágyazott fűtés

Szabályozó típusa: Termosztikus szelepek és más arányos szabályozók 2 K arányossági sávval

☒ A fűtésszabályozás automatikával programozható

☒ Van hőátadás Hőátadó hely: Fűtött térben belül CO₂ emissziós faktor beállítása

Q _f	Q _h	Q _h	Q _h	Q _h	Q _h	Q _h	Q _h	Q _h	Q _h	Q _h
90,83	3,30	2,29	0,00	1,08	1,00	1,00	0,93	0,00	0,57	2,50

A fűtés fajlagos éves nettó egyenértékű energiaigénye, E_f: 107,89 kWh/m²a

21.ÁBRA GÉPÉSZET BEÁLLÍTÁSI PANEL

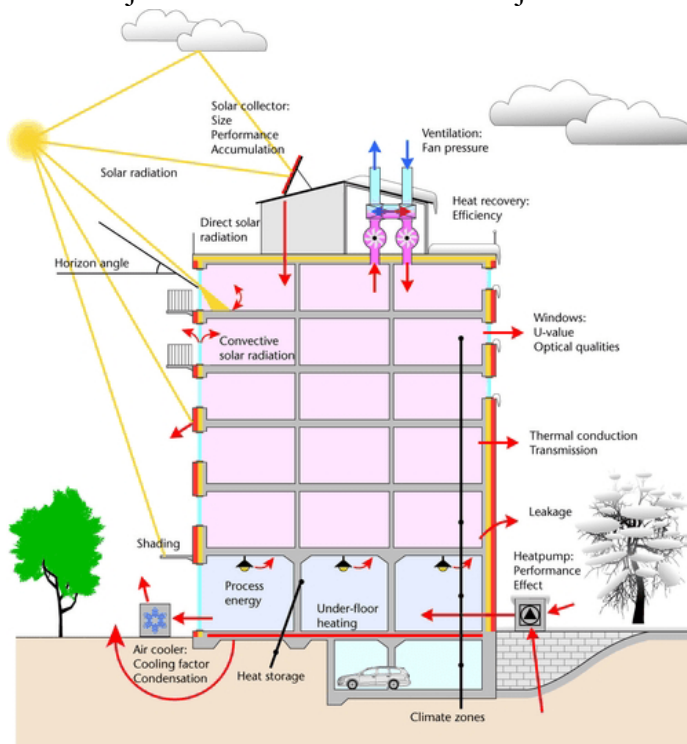
JEL	%-os teljesítmény	MEGNEVEZÉS
A+	< 55	Fokozottan energiatakarékos
A	56 - 75	Energiatakarékos
B	76 - 95	Követelménynél jobb
C	96 - 100	Követelménynek megfelelő
D	101 - 120	Követelményt megközelítő
E	121 - 150	Átlagosnál jobb
F	151 - 190	Átlagos
G	191 - 250	Átlagost megközelítő
H	251 - 340	Gyenge
I	341 <	Rossz

22.ÁBRA BESOROLÁS

6.2 GRAPHISOFT ArchiCAD (EcoDesigner)

6.2.1 Számítási eljárás

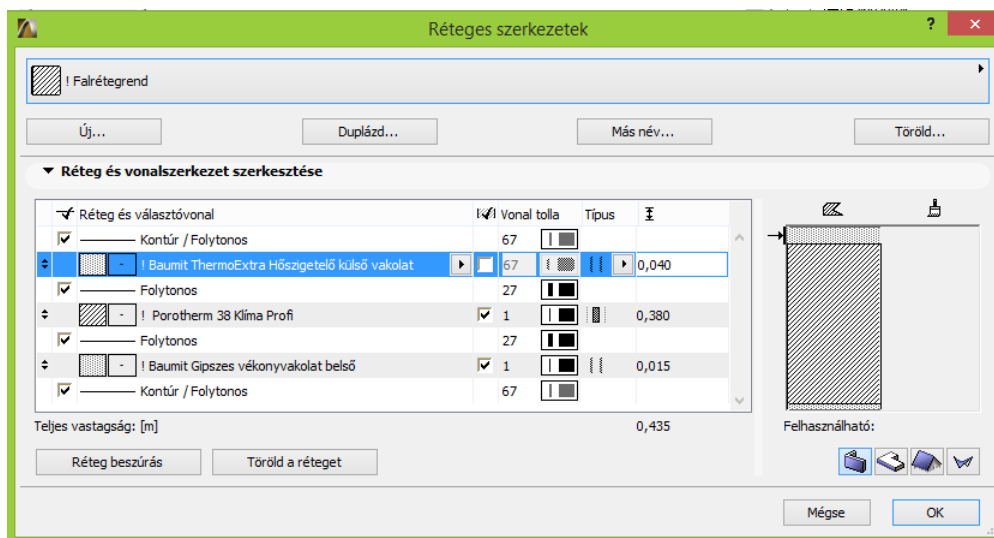
A tervezéskor nagy segítséget nyújthat az EcoDesigner kiegészítő modul, mely a StruSoft által fejlesztett VIP-Energy motort használja és az Archicad 16-os verziójától kezdve a programmal egy egészet képez, és már telepítéskor megtaláljuk. Korábbi verzióknál külön kellett hozzáadni a modult. Ez egy dinamikus számítási módszer óránkénti bontásban. Kiszámítja a fűtési-, hűtési energiaigényt meghatározott zónák alapján. A számítási módszert IEA-BESTEST, ASHRAE-BESTEST és CEN-15265 minősítették. A 23. ábra sematikusan összefoglalja a számításban figyelembe vett tényezőket.



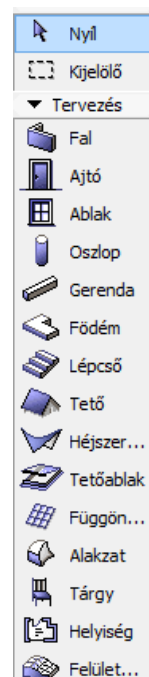
23.ÁBRA SZÁMÍTÁSI ELV

6.2.2 Épület adatainak felvétele

A kezelőfelületen található fal, födém, gerenda, ablak stb. (24. ábra) objektumok segítségével az épület geometriája könnyen felépíthető. Az objektumokhoz hozzátársítjuk az szerkezeti rétegrend felépítést (25. ábra).



25.ÁBRA RÉTEGRENDFELÉPÍTÉS



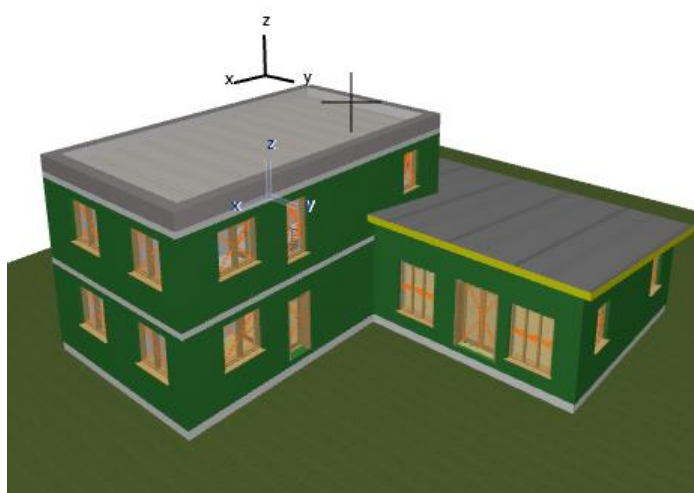
24.ÁBRA
KEZELŐPANE

A beépített anyagtár általános építőanyagokat tartalmazza, ezért a pontosabb eredmény érdekében ide definiálnunk kell a számunkra fontos összetevőket.



28.ÁBRA HELYSÉGMEGADÁSI
MÓDOK

Amint elkészül az épület modellje (26. ábra) definiálnunk kell az energetikai vizsgálatához az épület zónáit. A zónákat helység paranccsal tudjuk elkészíteni melyhez a 27. ábrán látható funkciókat rendelhetünk.

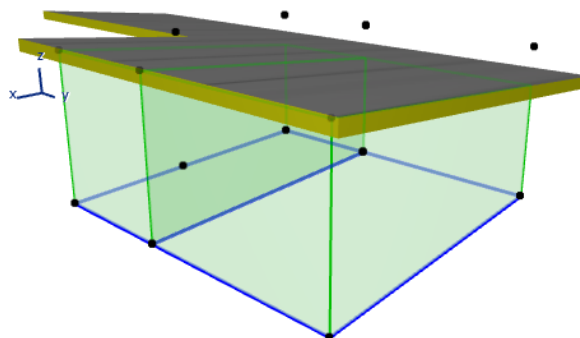
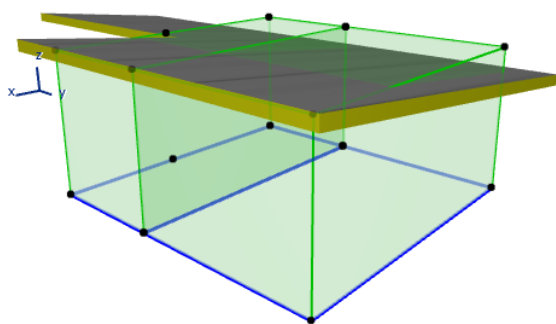


26.ÁBRA ÉPÜLETMODELL

0 BGF 0 FŐ TERÜLET	
✓ 1 HNF 1 Lakás és pihenés	
2 HNF 2 Iroda	
3 HNF 3 Gyártás és kutatás	
4 HNF 4 Raktározás és értékesítés	
5 HNF 5 Oktatás és kultúra	
6 HNF 6 Egészségügy	
7 NNF 7 Egyéb használat	
8 FF 8 Technikai berendezések	
9 VF 9 Kommunikáció	

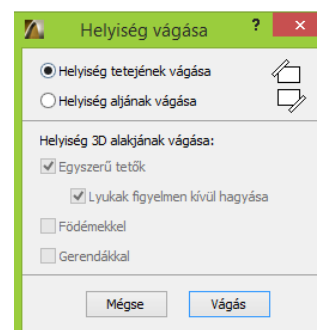
27.ÁBRA HELYSÉGFUNKCIÓK

Három módon definiálhatjuk a helységet: kézi, belső él és tengelyvonal (28. ábra). A program csak akkor veszi figyelembe a függőleges határoló szerkezetet, ha a helység határoló vonala érinti az objektumot és belső él paranccsal definiáltuk azt. Födémszerkezetekre is igaz, hogy csak akkor veszi figyelembe, ha az objektum határvonalával érintkezik.



29.ÁBRA HELYSÉG TETŐVEL METSZÉSE

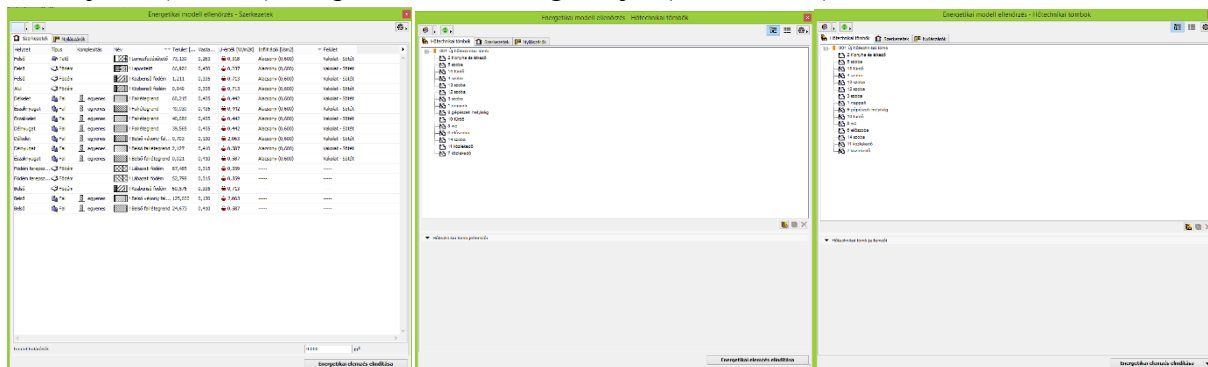
Tető esetén, a 3D modellen (29. ábra) a helységet el kell metszenünk a tetővel (30. ábra), hogy megkapjuk a valós helységmértetet.



30.ÁBRA HELYSÉG VÁGÁSA PARANC

Réteges szerkezetek esetén fontos, hogy a program nem számol külön objektumonként épített réteges szerkezettel csak azzal, amelyet a zóna érint.

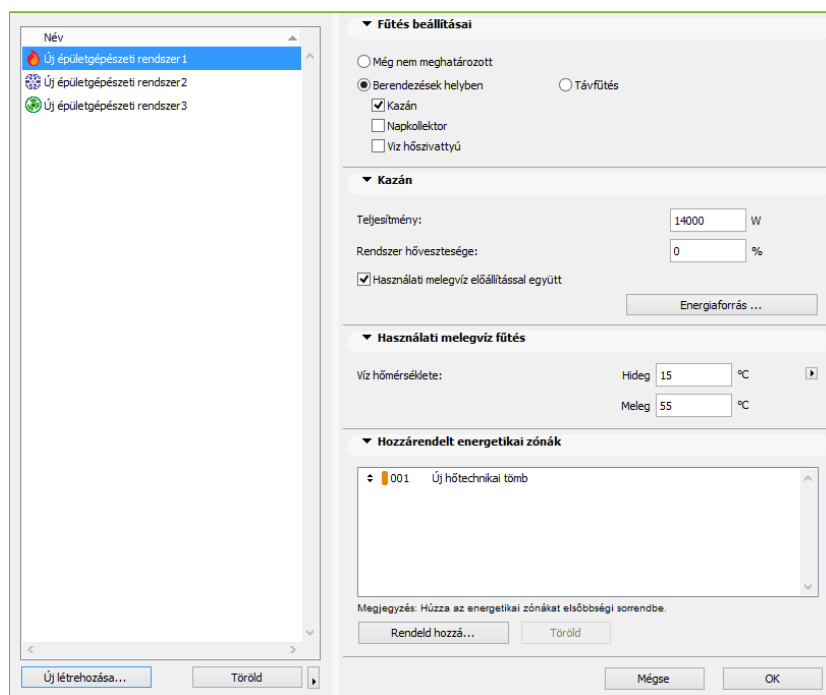
Ha a zónákat definiáltuk kezdődhet a számítás. A tanulmány keretein belül külön vizsgáltam ArchiCAD 16, ArchiCAD 17 és ArchiCAD 18 szoftver beépített EcoDesigner moduljával (31.ábra) az épület kétféle rétegrendjét (8-9 táblázat).



31.ÁBRA ARCHICAD ECODESIGNER MODUL 16-17-18-AS VÁLTOZATBAN

A három kezelőfelület nagyon hasonlít egymásra. A 16-os verzóban nincs lehetőség több hőtechnikai tömb megadására ezért itt csak szerkezeti és nyílászáró fül jelenik meg előttünk. Itt a legördülő menüből definiálhatjuk a működési profilt abból is egyet, másodlagosat csak százalékos arányban adhatunk meg. Maximum 3 db profilt definiálhatunk mely az összes helységet tartalmazza. Ilyen probléma nincs a 17, 18-as verziókban, mert akárhány tömböt felvehetünk. Ugyan ez a helyzet a gépészeti berendezések megadásával is, mert azt hőtechnikai tömbhöz tudjuk társítani őket.

Gépészeti beállítások (32.ábra) terén nincs nagy választási lehetőségünk. Megadhatunk fűtési, hűtési és szellőztetőrendszert. Az esetemben csak kazán és használati melegvíz előállításával volt szükség 15-55 °C értékkel. A kazán beállítása teljesítmény és hőveszteség beállításával



32.ÁBRA GÉPÉSZET BEÁLLÍTÁSI FELÜLET

lehetséges. Ez csekény információbevitel. A 7/2006 (V.24) TNM [1] rendelet szerinti viszonyítási épületgépészeti rendszert nem tudjuk definiálni.

Energiahordozók primer energia átalakítási tényezője eltér a rendelet [1] III. melléklet V.1. táblázatában előírt értéktől. A CO₂ emissziós faktor értékek pedig az Auricon Energetic által használt 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories háttér tanulmányány [10] értékeitől. Ezen eltéréseket a 12. táblázat tartalmazza.

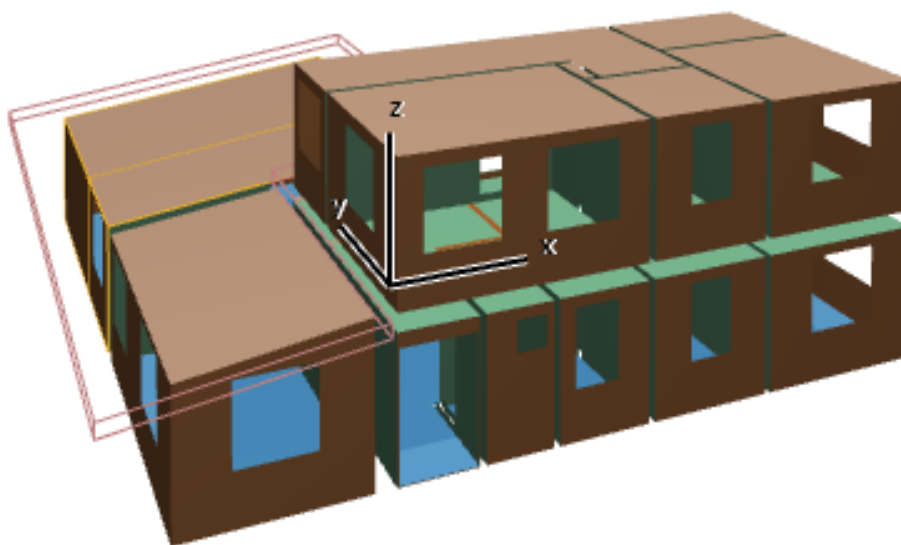
	Primer energia átalakítási tényező (e)		CO ₂ emissziós faktor (f _{co2})	
	Rendeltben foglalt [1]	ArchiCAD	Auricon Energetic	ArchiCAD
Elektromos áram	2,5	3	365	216
Csúcson kívüli elektromos áram	1,8			
Földgáz	1	1,1	203	2,16
Tüzelőolaj	1	1,1	279	300
Szén	1	1,2	377	291
Pellet	0,6	1,2	0	0,025
Tűzifa	0,6	1,2	0	0,025
Nap, szél	0	-	0	-
Távfűtés	1,26	1	273	0
Távhűtés		1		0

12.TÁBLÁZAT PRIMER ENERGIA ÁTALAKÍTÁSI TÉNYEZŐK ÉS EMISSZIÓS FAKTOROK

A Szerkezeti fülön (33. ábra) listázza a program a zónákkal érintkező szerkezeti elemeket. Kimutatja a határoló szerkezet érintkező területét rétegrend alapján, a vastagságát és hőátbocsátási tényezőt számít a felépítő anyagok alapján. Édemes visszaellenőrizni 3D nézetben, hogy minden szerkezeti elemet felismert-e a program (34.ábra).

Típus	Helyzet	K...	Hőtechnikai tömb	Név
 Tető	Felső	001 Új hőtechnikai tö.		Lemezfedésűstő
 Födém	Felső	001 Új hőtechnikai tö.		Lapostető
 Födém	Födém terepsz...	001 Új hőtechnikai tö.		Lábazati födém
 Födém	Födém terepsz...	001 Új hőtechnikai tö.		Lábazati födém
 Födém	Belső (001 Új h...	001 Új hőtechnikai tö.		Közbenő födém
 Födém	Felső	001 Új hőtechnikai tö.		Közbenő födém
 Födém	Alul	001 Új hőtechnikai tö.		Közbenő födém
 Fal	Délkelet	001 Új hőtechnikai tö.		Falrétregnd
 Fal	Északnyugat	001 Új hőtechnikai tö.		Falrétregnd
 Fal	Északkelet	001 Új hőtechnikai tö.		Falrétregnd
 Fal	Délnyugat	001 Új hőtechnikai tö.		Falrétregnd
 Fal	Belső (001 Új h...	001 Új hőtechnikai tö.		Belső vékony falrétregnd másolata
 Fal	Délkelet	001 Új hőtechnikai tö.		Belső vékony falrétregnd másolata
 Fal	Belső (001 Új h...	001 Új hőtechnikai tö.		Belső falrétregnd
 Fal	Délnyugat	001 Új hőtechnikai tö.		Belső falrétregnd
 Fal	Északnyugat	001 Új hőtechnikai tö.		Belső falrétregnd

33.ÁBRA SZERKEZET



34.ÁBRA ENERGETIKAI HATÁROK 3D-BEN

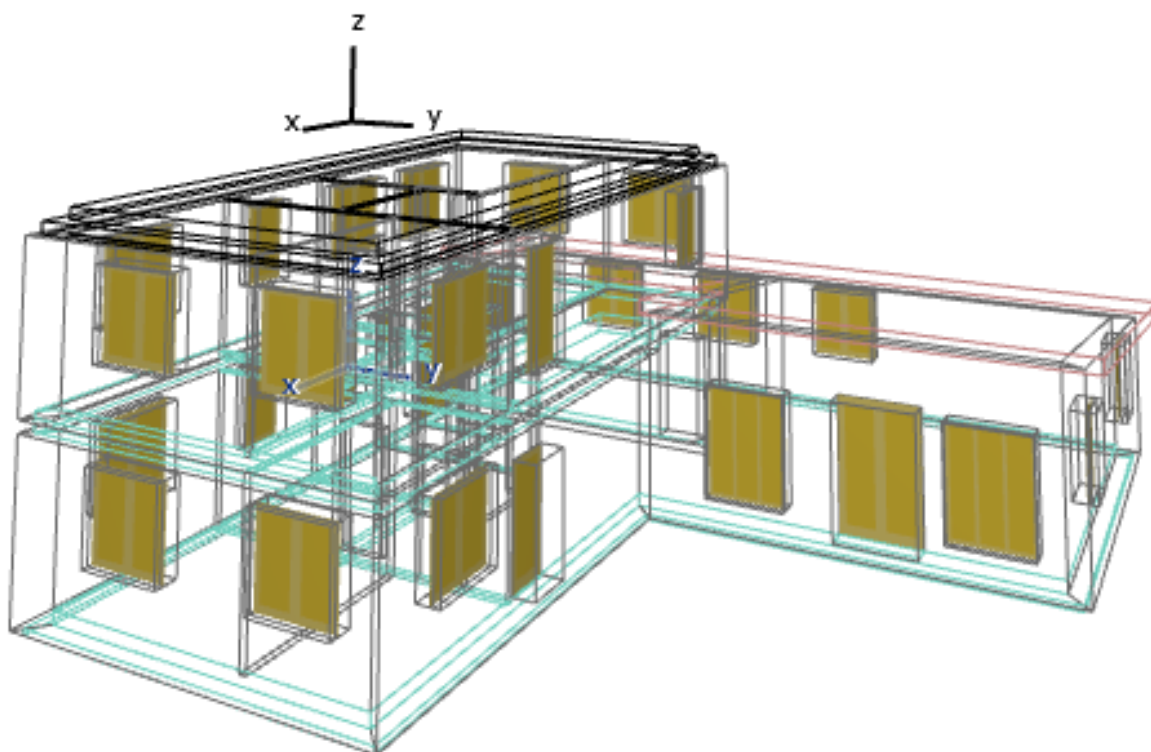
Oda kell figyelni a hőhíd hatás korrekciós tényezőre (35. ábra), mert a program automatikusan felajánlj egy értéket, de ha nincsenek rögzítő elemeink a falon, akkor ennek értékét nullára kell felvennünk.

Külső hőátbocsátási együttható:	24,000	W/m ² K
Belső hőátbocsátási együttható:	10,000	W/m ² K
Hőhíd hatás:	0,000	W/m ² K

35.ÁBRA HŐHÍDHATÁS

Szerkezetmegadásnál figyelnünk kell a szerkezet infiltráció értékére. A jogszabály [1] lakóépületre előírt légcseréérték 0,5 1/h. A programban alapértelmezetten meghatározott, szerkezetekhez társított filtrációs értékek l/sm² mértékegységben adottak, melyek alkalmazása esetén az épület légcsereszámja nem felel meg. Az értéket manuális iterációval kellett meghatároznom, mert az függ az épület szerkezetétől, alapterületétől. Az Archicad 16-ban csak előre definiált négy lehetőség nem nyújtott megfelelő beállítási variációt. A többi verzióban az épületem esetén ez az érték 0,24 l/sm² adta a kielégítő értéket.

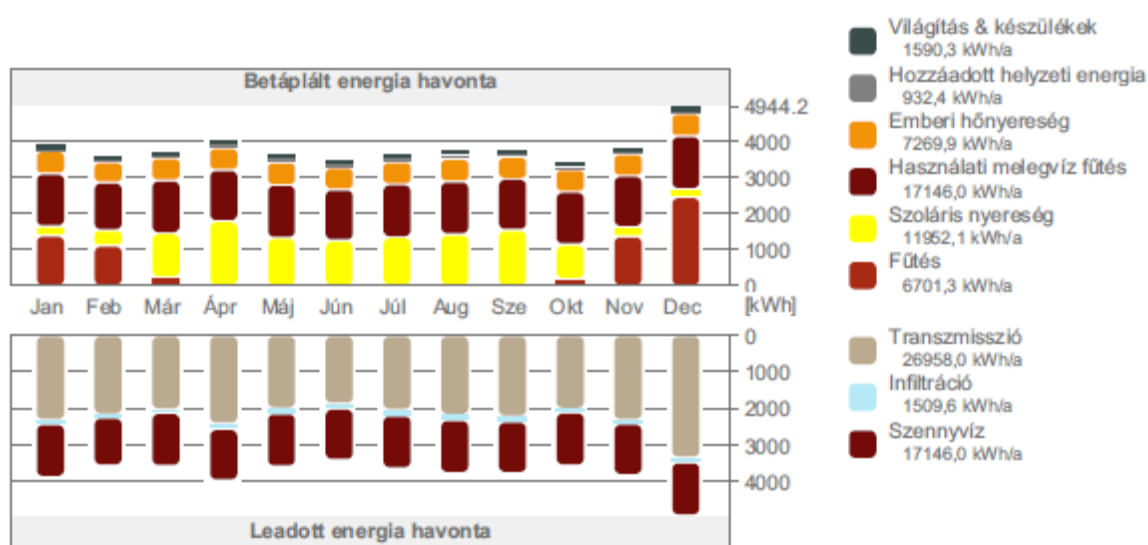
A nyílászárók (36.ábra) ugyan ezen az előbb ismertetett eljárással történik a következő fülön. Itt az üveg és tokszerkezet hőátbocsátási tényezőjét, vonalenti hőátbocsátási tényezőjét tudjuk megadni. A nyílászáró infiltráció értékét a proram 0,18 l/sm²-re ajánlotta fel, mely újjépítésű megfelelően kivitelezett épület esetén közel nulla.



36.ÁBRA NYÍLÁSZÁRÓK 3D NÉZETBEN

6.2.3 Dokumentáció

A program dokumentációja egyszerű letisztult. A 16-os verzió kivül az éves energiamérleg (37. ábra) alapján meghatározható a fajlagos hőveszteség tényező, ami szükséges a tanúsításhoz. Így elmondható, hogy a 16-os verziós dokumentáción kívül a többi tartalmazza vagy számíthatóak a tanúsításhoz szükséges értékeket. Az energiamérlegből kiderül, hogy a program számol a szennyvíz energia veszteséggel és helyzeti energia nyereséggel is, melyet a rendelet [1] számítása nem vesz figyelembe.



37.ÁBRA ENERGIAMÉRLEG

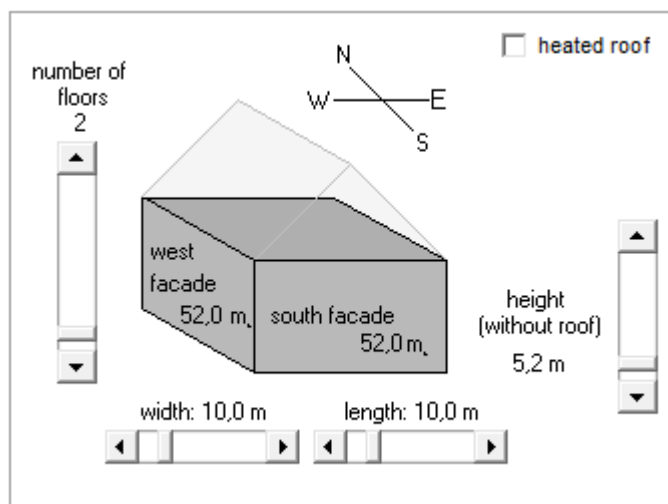
6.3 CASAnova

6.3.1 Számítási eljárás

A számítás a DIN EN 832:2003-06 szabvány alapján készül. Ezen szabvány már nincs hatályban, de mivel a számítási eljárásokban forradalmi áttörés nem volt ezért érdemes megvizsgálni egyszerűsége miatt.

6.3.2 Épület adatainak felvétele

A kezelőfelület hat darab fülből áll. Elsőnél megadjuk az épület méreteit (38. ábra). A séma egy téglalap alapterületű épület, melyet beállíthatunk több szintesnek és fűtött tetőteret is adhatunk neki. Mivel csak ilyen geometriájú épületet lehet megadni ezért a talajon fekvő terület, fűtött falfelület és a befoglaló térfogatot interpolálva kell meghatároznunk az épületünkhöz



38.ÁBRA ÉPÜLET MEGADÁSA

legjobban közelítő értéket. Tájolását délhez viszonyított 45 fokban forgathatjuk, így figyelni kell a beállításnál.

Ablakok és szerkezet beállítása (39. ábra) négy égtájnak megfelelően történik. Nyílászárók esetén a felület százalékos arányában adjuk meg égtájanként. Itt kell definiálnunk a keret és üvegezés hőátbocsátási tényezőjét és azt, hogy ebből hány százalék a tokszerkezet. Határoló

39.ÁBRA ABLAK ÉS SZERKEZET BEÁLLÍTÁSA

szerkezetekhez tartozó hőveszteség tényező értékeket a falak esetén szintén égtájanként állíthatjuk be.

Épület belső hőmérsékletét megadjuk 20 °C rendeletben előírt értékre. A Belső hőnyereség 5 W/m². A szerkezet típusát a 7/2006 (V.24) TNM rendelet szerint már ismert könnyű vagy nehéz szerkezet választható, de nem azonos besorolással, mert a program még e kettő között közepes konstrukciót is definiál a 13. táblázat alapján.

Típus	Karakterisztikus hőkapacitás
Könnyű (Lightweight)	25 kJ/(m ² K)
Közepes (Medium)	65 kJ/(m ² K)
Nehéz (Heavy)	105 kJ/(m ² K)

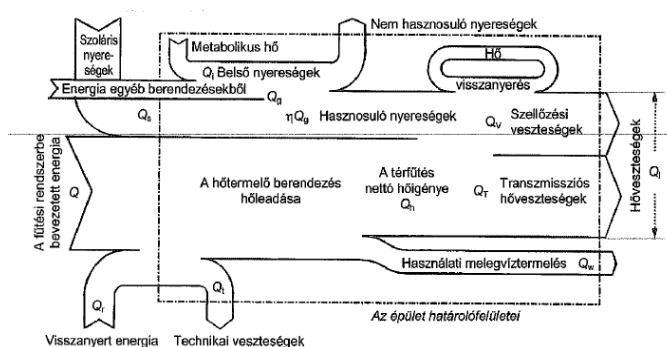
13. TÁBLÁZAT ÉPÜLET BESOROLÁSA

Földrajzi és éghajlati adatoknál szerepel Budapest.

Gépészeti beállításokkal a hatályos rendelet előírásait még jól lehet közelíteni, annyi különbséggel, hogy a 2K arányossági sávú termoszelep helyett csak 1K arányossági sávút választhatunk ki az alacsony hőmérsékletű kazánhoz. Használati meleg víz nem állítható be. Primerenergia faktor a rendelethez viszonyítva a 14. táblázat tartalmazza.

	Rendelet	CASAnova
Földgáz	1	1,1
Elektromosság	2,5	3

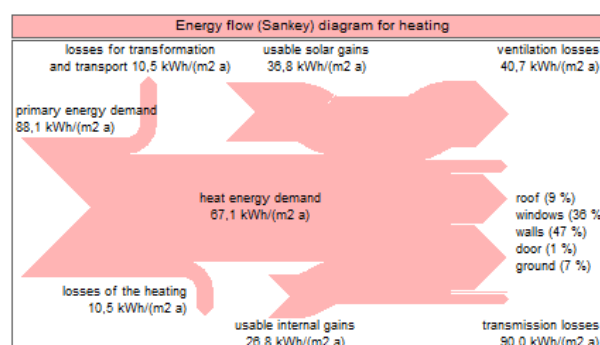
14. TÁBLÁZAT ÉPÜLET BESOROLÁSA



40. ÁBRA ENERGIAMÉRLEG [11]

6.3.3 Dokumentáció

Eredmény kimutatás diagramokkal történik a kezelőfelületen. Nyomtatás esetén a diagram értékeit táblázat formájában is kimutatja. Energiamérleget az MSZ-EN 832:2002-es szabványban [11] (40.ábra) szereplő ábrához hasonló formában is prezentálja (41.ábra).



41. ÁBRA CASANOVA ENERGIAMÉRLEG

6.4 DesignBuilder

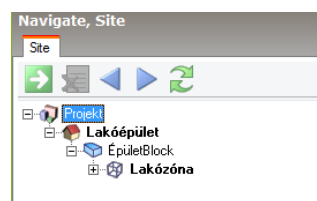
6.4.1 Számítási eljárás

A program már bemutatott EnergyPlus által írt számítási eljárást használja grafikus felületen.

6.4.2 Épület adatainak felvétele

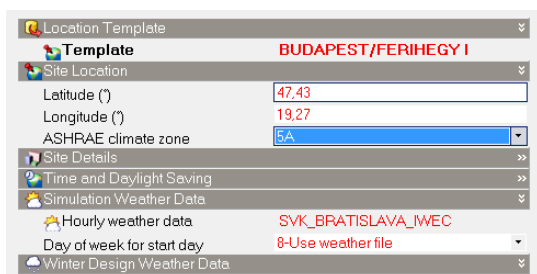
Először is új projekt nyitáskor meg kell adni a földrajzi elhelyezkedést és az analízis típusát (EnergyPlus, SBEM, DBSlim).

A kezelőfelület fa struktúrában mutatja a különböző elemek részeit és a felső füleken (42.ábra) pedig a beállítási lehetőségeket. A projekt beállításain belül ellenőrizendő az épület földrajzi helyzete (Location) és a program által kiválasztott időjárásfájl. Budapestet (43. ábra) tartalmazza a program, de nem rendelkezik Budapest

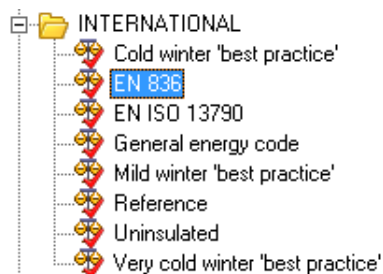


42. ÁBRA FA STRUKTÚRA

időjárásfájljával csak Szombathely és Debrecenével ezért Bratislava időjárásfájlját ajánlotta fel a program. Több nemzethez hozzá van rendelve az ott hatályos szabvány. Magyarországhoz nincs. Olyan nemzetközi szabványok (44.ábra) közül választhatunk, mint EN 836 vagy EN ISO 13790, de definiálhatunk saját profilt is.

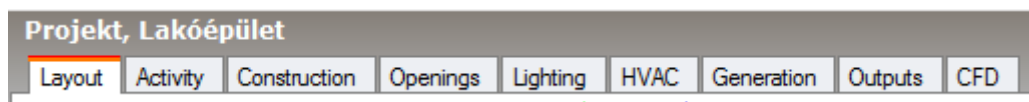


43. ÁBRA FÖLDRAJZI HELYZET BEÁLLÍTÁSA



44. ÁBRA NEMZETKÖZI SZABVÁNYOK

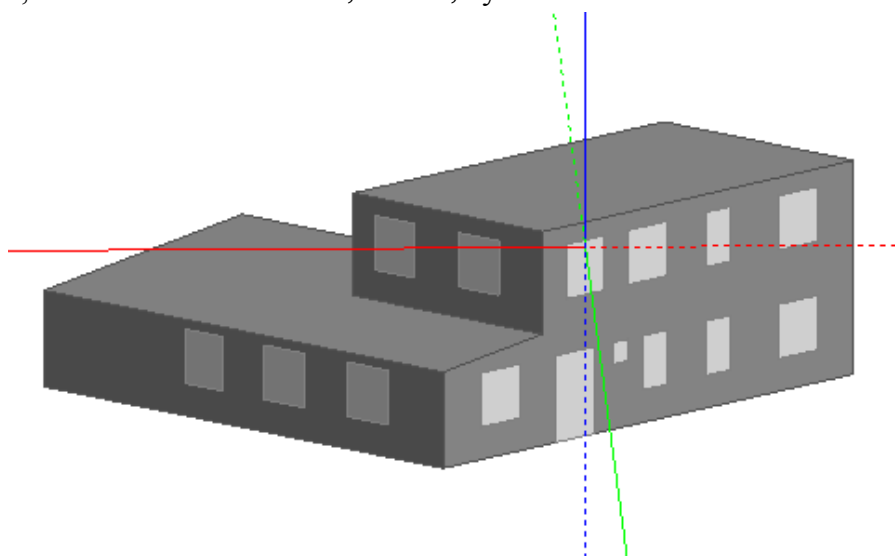
Ahogy a bemenő adatokat definiáltuk egy új épületen, modellezés típusát és azt, hogy a modelleztet épület külső vagy belső méreteit rajzoljuk meg.



45. ÁBRA ÉPÜLET BEÁLLÍTÁSA

A felső füleken (45.ábra) állíthatjuk be az épület adatait. A Layout fülön tudjuk elkészíteni az épület(ek) 3D modelljét. Érdekes importálni DXF/DWG formátumú épületalaprajzot vagy kép formátumú kézi skiccet, hogy könnyebben modellezni tudjuk az épületet. Rajzeszközök segítségével az épület körvonalát kell meghatároznunk, mellyel

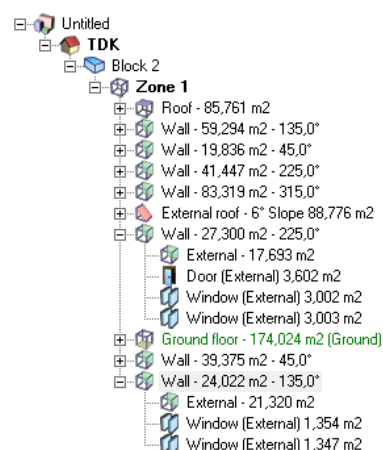
kijelöljük a zóna alapját. Alap megadásakor megadott magasságú zónát fog létrehozni a program. Egyszerűbb 3D modellezőkhöz hasonlóan a megrajzolt 2D elemeket Drag Face (extrudálás) paranccsal tudjuk módosítani. Tető kialakítása metszés parancs segítségével történik. A program automatikusan nyílászárókat helyez a külső felületre, ezeket kézzel módosíthatjuk, ahogy szeretnénk. Ha az épületet (46.ábra) megrajzoltuk a program felismeri a falfelületeket, határoló födémelemeket, tetőket, nyílászárókat.



46. ÁBRA 3D ÉPÜLETMODELL

Második fülön (Activity) beállíthatjuk a zóna használati típusát az előre elkészített felhasználási profilból, mely a parkoló háztól kezdve az egyetemig tartalmazza az ott található helységek használati értékeit. Olyan részletesen, mint például ünnepnapok száma, számítógépek energiafelhasználása vagy vendéglátóhelyek főzési energiája.

A Construction fül alatt megadhatjuk a határoló szerkezetek rétegfelépítését. Anyagtára nagyon sok elemmel rendelkezik. Én a két rétegrendemet külön vittem be a számítások összehasonlíthatósága érdekében. Itt az épület egészére definiálunk, ha egyes falak más felépítésűek, akkor a zónákban kikeressük (47.ábra) a falat és ott külön tudunk definiálni az adott falra. Infiltráció értéket is itt tudjuk megadni a modell egészére, melynek értéke 0,5.



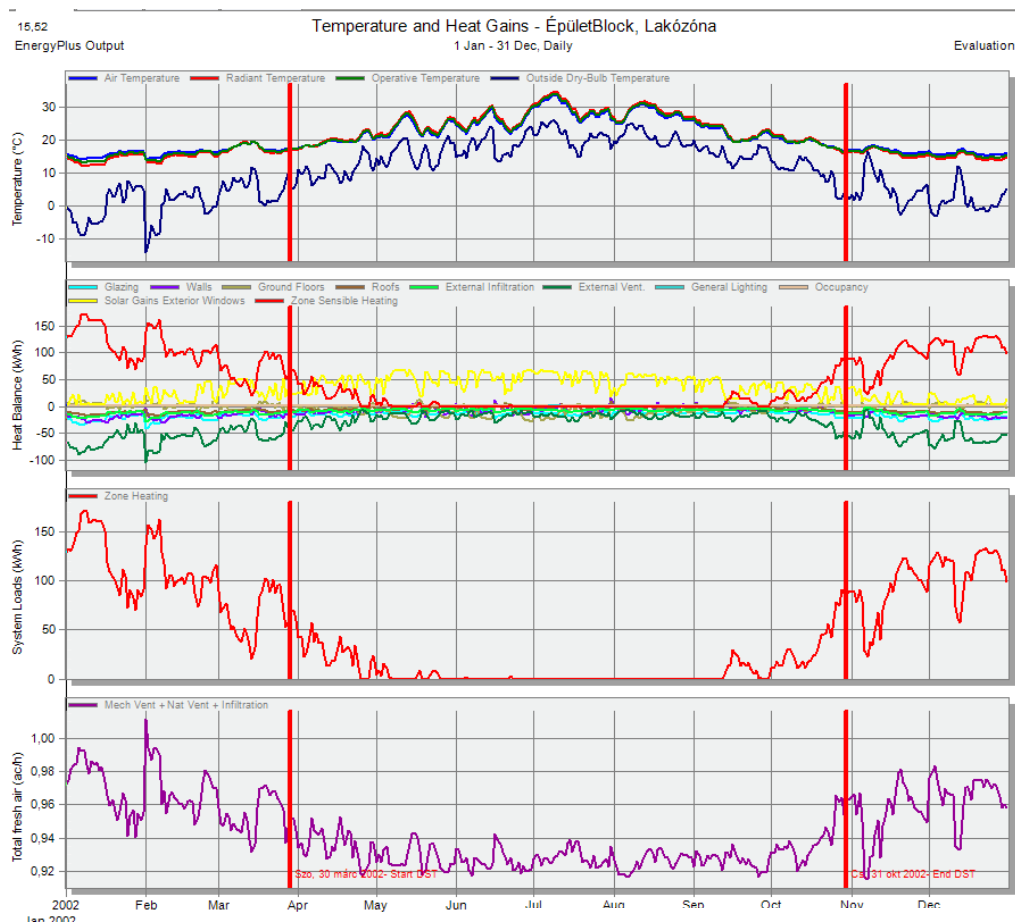
47. ÁBRA ZÓNA ELEMELI

Nyílászáróknál az üvegezést saját konstrukció esetén az ISO 15099-es [4] szabvány alapján számolja. Itt is külön és együtt is definiálhatjuk az épületet.

Fűtési és gépészeti rendszer panel (HVAC), itt oda kell figyelni a CoP érték rendelet szerinti megadására. Esetemben melegvizet radiátorfűtés esetén 0,65-t ajánlott fel a program, melyet 1-re módosítottam.

6.4.3 Dokumentáció

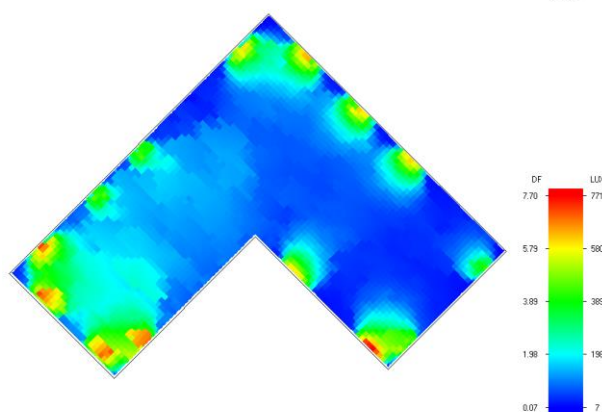
A szimuláció lefuttatását az alsó menüsorban végezhetjük el. A eredmények kinyerhetők éves energiamérleg (48.ábra) diagrammban és szöveges formában is.



48. ÁBRA ENERGIAMÉRLEG DIAGRAM



A program LEED vizgálatra, napfényintenzitás eloszlásra (49.ábra), és CFD (Computational Fluid Dynamics) szimulációra is képes az épület külső és belső területére egyaránt.



49. ÁBRA NAPPÉNYINTENZITÁS

7. Mérési eredmények

Az épületem adatait megadtam a 6. pontban felsorolt szoftverekben és a kapott eredményeket egymáshoz viszonyítva és a régi és az új rendelet közti eltérését vizsgáltam.

7.1 Auricon Energetic

A programban az egyszerűsített és részletes vizsgálatoknál látszódott, hogy az a részletes számítás esetén sokkal jobb értéket kaptunk, mint az egyszerűsítetténél (15. táblázat). Várható eredmény volt, de az már kevésbé, hogy míg a 2. rétegrendem esetén a két számítás megfelelt a 7/2006 (V.24) TNM [1] új mellékletében [2] szereplő fajlagos hőveszteség tényező határértéknek, addig az 1. rétegrendnél ez már nem így történt.

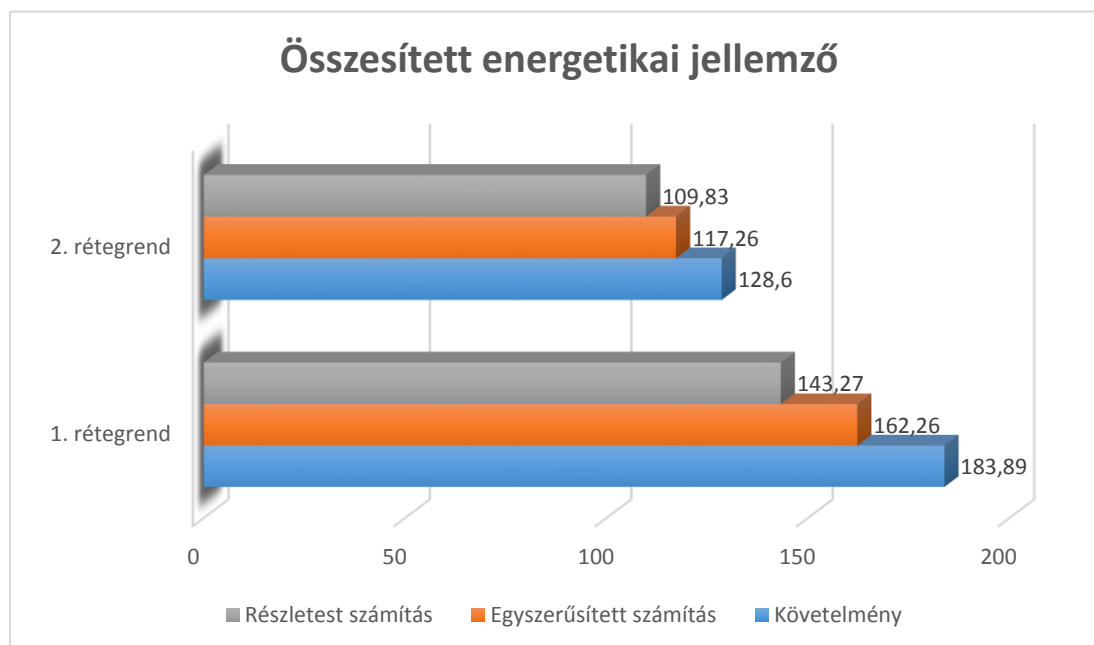
A	V	A/V
537,89	580,6	0,93

FAJLAGOS HŐVESZTESÉGTÉNYEZŐ			
1. rétegrend			
		Előírás:	$(0,38 \cdot A/V) + 0,086$
Egyszerűsített	0,47	0,44	NEM FELEL MEG
Részletes	0,38		MEGFELEL

2. rétegrend			
		Előírás:	$0,079 + (0,27 \cdot A/V)$
Egyszerűsített	0,3	0,33	MEGFELEL
Részletes	0,26		MEGFELEL

15. TÁBLAZAT EGYSZERŰSÍTETT ÉS RÉSZLETES SZÁMÍTÁS MEGFELELŐSÉGE

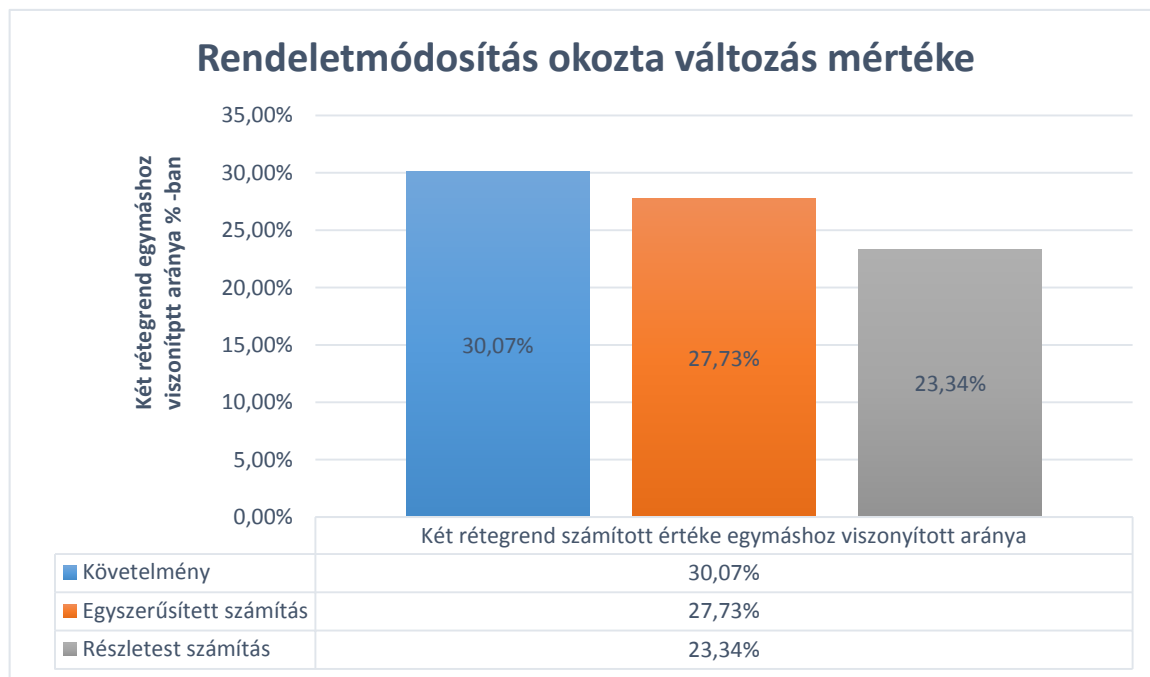
Ettől eltekintve az épület energiaigényeit és előírt határértékeit az 1. diagramon gyűjtöttem össze.



1. DIAGRAM ÖSSZESÍTETT ENERGETIKAI JELLEMZŐ

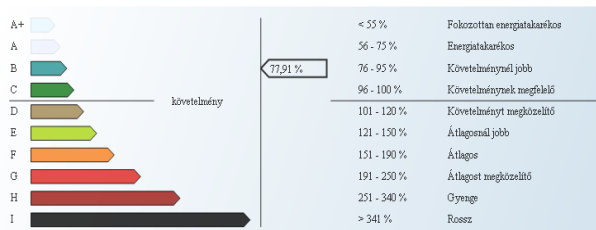
A két számítás közti eltérés a jelenlegi szabályozásnál 12%-os az új rendeletnél 6%.

A rendelet módosításainak köszönhetően (2. diagram) kimondható hogy 30%-kal szigorúbb elvárások vannak az épülettel szemben, addig az egyszerűsített számításnál 27,7%, részletesnél 23,3%.



2.DIAGRAM RENDELETMÓDOSÍTÁS OKOZTA VÁLTOZÁS MÉRTÉKE

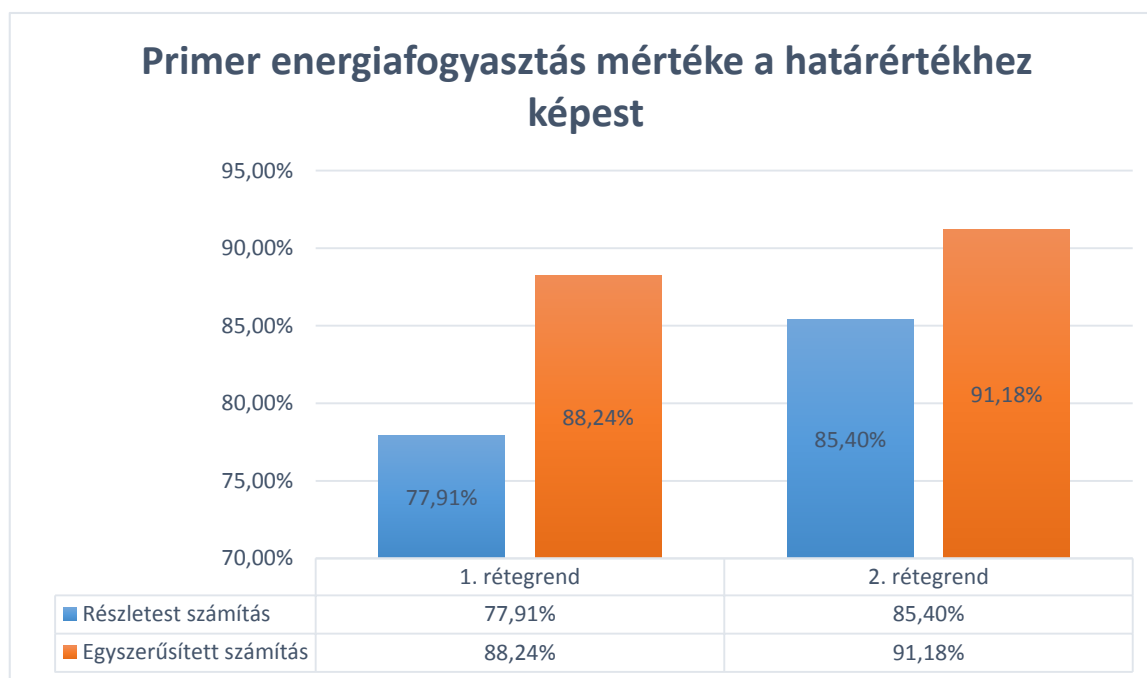
Ha a követelményhatárok nem változnak, akkor az épületem besorolása sem változik (50.ábra), de látszódik, hogy az épület százalékos aránya a követelményértékhez képest romlott. (16. táblázat)



50.ÁBRA BESOROLÁS

	Követelmény energiaigény	Épület szükséges energiaigénye		Besorolás
	1. rétegrend			
Egyszerűsített számítás	183,89	162,26	88,24%	Követelménynél jobb
Részletest számítás		143,27	77,91%	Követelménynél jobb
	2. rétegrend			
Egyszerűsített számítás	128,6	117,26	91,18%	Követelménynél jobb
Részletest számítás		109,83	85,40%	Követelménynél jobb

16.TÁBLÁZAT ÉPÜLET BESOROLÁSA



3. DIAGRAM PRIMER ENERGIAFOGYASZTÁS MÉRTÉKE A HATÁRÉRTÉKHEZ KÉPEST

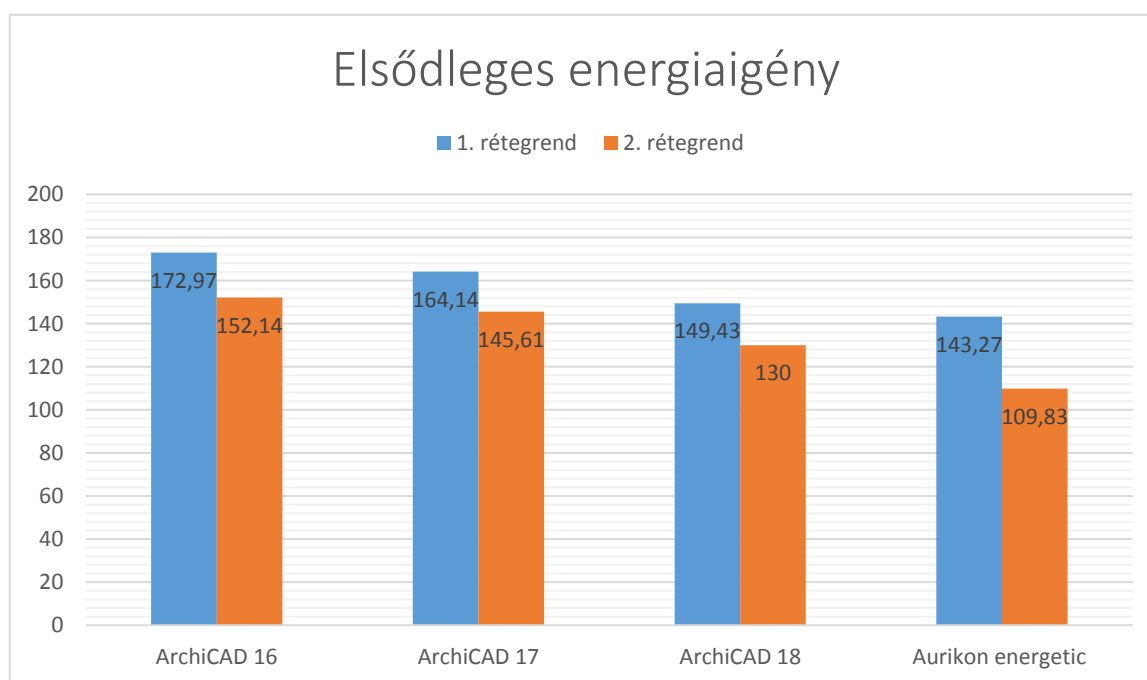
Az épület szerkezeti elemeit ahol lehetett a követelmény értékhez képest 2 %-os eltérést próbáltam tartani (10. táblázat), ahol nem ott a követelményértékkel arányosítva határoztam meg. Így az épületben 7,5 %-os eltérés keletkezett a két épület között részletes vizsgálat esetén, 3 % egyszerűsített számításkor (3. diagram).

7.2 ArchiCAD EcoDesigner

Ugyanazt a modellt három verziójú ArchiCAD-ben is vizsgáltam, melyek között különbségek mutatkoznak. Kiemelendő hogy a 16-os verzióban az infiltrációt csak előre meghatározott értékek között választhatjuk és nem beállítható a működési profil adatai, amire a másik két verzióban lehetőségünk van. Ami még kiemelendő, hogy az ArchiCAD 16 minden körülmény között számol a környezeti megújuló energiával, Ezért a lehetőségeihez mérten a legjobban közelítettem az épületemet, de az értékei nem mérvadóak az összehasonlításban, mert nem lehet összehangolni pontosan az én épületem adataival.

Szimulációt a program által felkínált primer energia átalakítási tényezővel és emissziós faktorral futtattam le (12. táblázat). Az így kapott eredményeket vettem elsődleges értékeknek.

A verzióváltásnál tapasztalt jelenség hogy a szerkezeti és nyílászáró elemeknél beállított infiltráció és U értéket nem vitte magával. Ezeket újra definiálni kellett.



4.DIAGRAM ELSŐDLEGES ENERGIAIGÉNY

Az elsődleges energiaigény diagrammon (4. diagram) látszódik hogy a generációk előrehaladásával a program egyre kisebb energiaigényt adott. Ez azt bizonyítja, hogy az energetikai motor fejlődik és optimalizálódik.

Az Archicad programmal legjobban közelítve az épületet, kimondható hogy mindkét rétegrend esetén a 18-as verzió közelítette meg az Auricon Energetic által kiadott elsődleges energiafogyasztást (17.táblázat).

A szén-dioxid kibocsátást is megvizsgálhatjuk, de egy fontos dolgot figyelembe kell vennünk. Az EcoDesigner kiegészítő modul az összes energiamennyiség primer energia átalakítási tényező nélküli értékkel számolja. Ezért a dokumentációban kapott földgáz mennyiséget a 7/2006 (V. 24) TNM [1] V.1 táblázata alapján 1-gyel míg az elektromos áram mennyiséget 2,5 tel felszoroztam, ezek összegét vizsgáltam (18.táblázat) (5. diagram).

A	V	A/V
537,89	580,82	0,93

1. rétegrend	Auricon Energetic		
	143,27		
	ArchicAD 16	ArchicAD 17	ArchicAD 18
	172,97	164,14	149,43
Eltérés százalékban	20,73%	14,57%	4,30%
Követelmény	185,1		

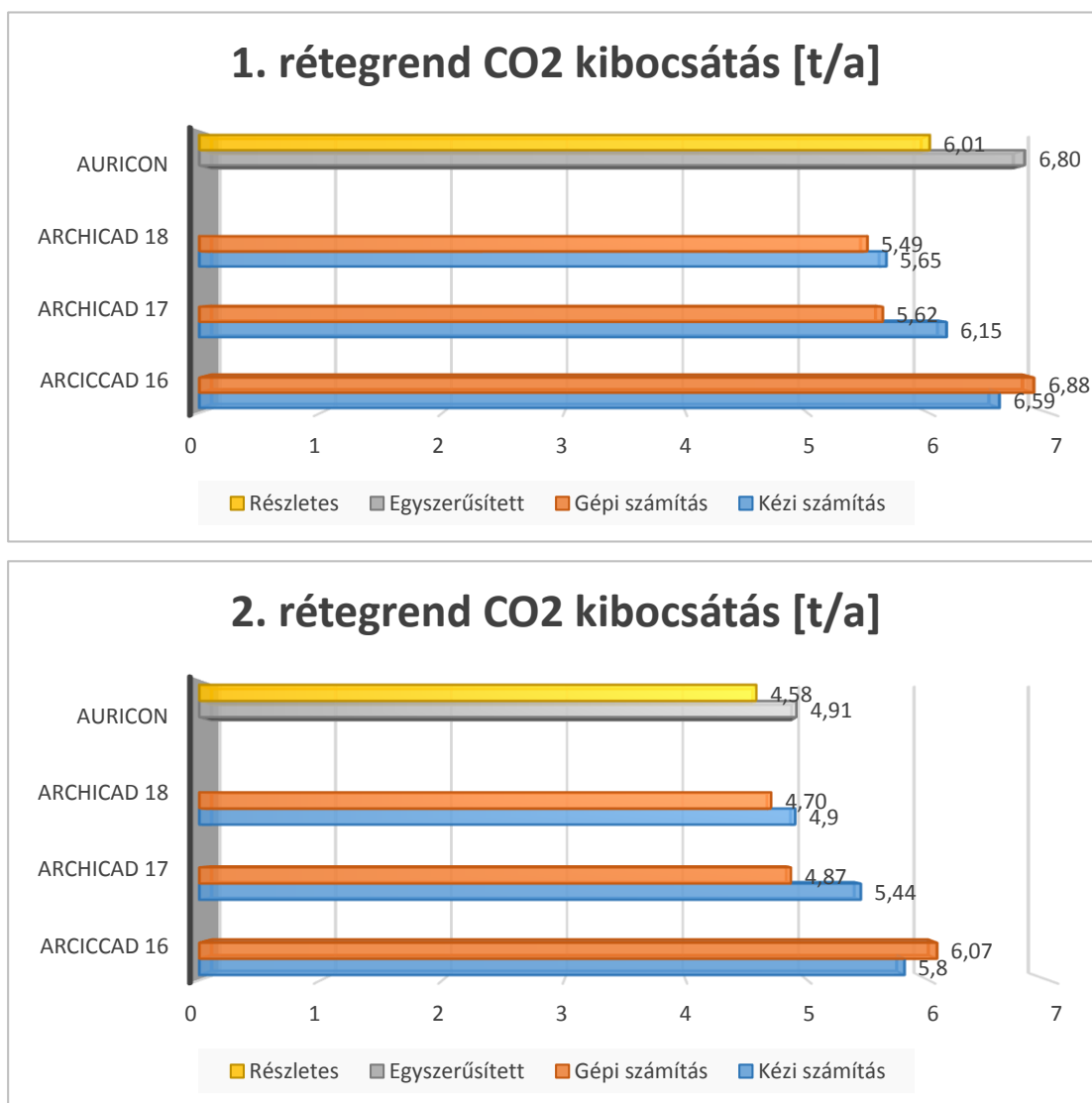
2. rétegrend	Auricon Energetic		
	109,83		
	ArchicAD 16	ArchicAD 17	ArchicAD 18
	152,14	145,61	130
Eltérés százalékban	38,52%	32,58%	18,36%
Követelmény	128,8		

17.TÁBLÁZAT ELTÉRÉS A RÉSZLETES SZÁMÍTÁSTÓL

1. rétegrend									
	Földgáz			Elektromos			Összes primer energia [kWh/a]	Emissziós faktor földgáz [g/kWh]	ÖSSZES CO2 [t/a]
	Mennyiség [kWh/a]	Primer energia átalakítási tényező	Primer energia földgáz [kWh/a]	Mennyiség [kWh/a]	Primer energia átalakítási tényező	Primer energia elektromos [kWh/a]			
ArchiCAD 16	31407	1,0	31407,0	431	2,5	1077,5	32484,5	203	6,59
ArchiCAD 17	23164		23164,0	2857		7142,5	30306,5		6,15
ArchiCAD 18	23847		23847,0	1590		3975	27822,0		5,65

2. rétegrend									
	Földgáz			Elektromos			Összes primer energia [kWh/a]	Emissziós faktor földgáz [g/kWh]	ÖSSZES CO2 [t/a]
	Mennyiség [kWh/a]	Primer energia átalakítási tényező	Primer energia földgáz [kWh/a]	Mennyiség [kWh/a]	Primer energia átalakítási tényező	Primer energia elektromos [kWh/a]			
ArchiCAD 16	27788	1,0	27788,0	319	2,5	797,5	28585,5	203	5,80
ArchiCAD 17	19668		19668,0	2857		7142,5	26810,5		5,44
ArchiCAD 18	20181		20181,0	1590		3975	24156,0		4,90

17.TÁBLÁZAT CO2 KIBOCSÁTÁS



5. DIAGRAM CO2 KIBOCSÁTÁS DIAGRAMON ÁBRÁZOLVA

Visszajelzést keresve az átalakítási tényező és emissziós faktor hatására, a modelt a rendeletben [1] foglalt primer átalakítási tényezőkkel és emissziós faktorokkal [10] is vizsgáltam. Az éves primer energiaigény +/- 1kWh/a-en belüli eltérést kaptam, a kézzel számolt értékhez képest.

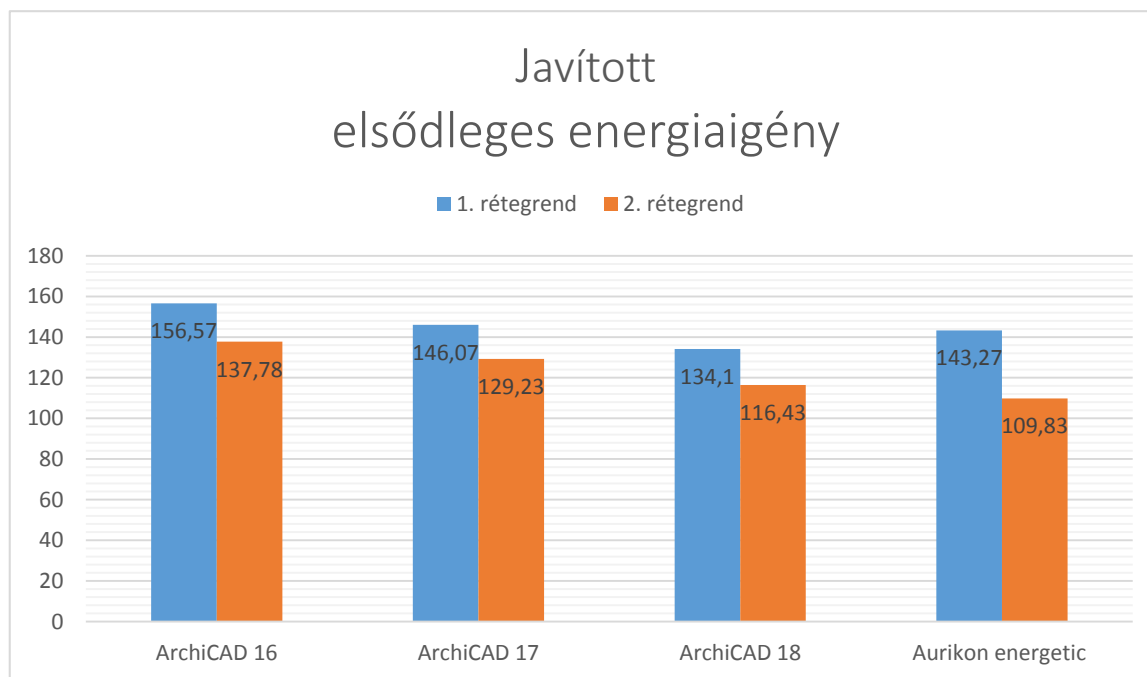
1. RÉTEGREND				
		Éves primerenergi a igény [kWh/a]	Alapterület [m ²]	Épület fajlagos primerenergia igény [kWh/m ² a]
Auricon Energetic	Egyszerű	33664	207,47	162,26
	Részletes	29724		143,27
ArchiCAD	16	32485		156,57
	17	30306		146,07
	18	27822		134,10

18. TÁBLÁZAT 1. RÉTEGREND MÓDOSÍTOTT FAJLAGOS PRIMER ENERGIAIGÉNY

Észrevételezném, az így kapott primer energiafogyasztás értékek azt mutatják, hogy az értékek nagy mértékben megközelítik a rendelet [1] által leírt részletes módszer által kapottakat (18- 19. táblázat) (6. diagram).

2.RÉTEGREND				
		Éves primerenergia igény [kWh/a]	Alapterület [m ²]	Épület fajlagos primerenergia igény [kWh/m ² a]
Auricon Energetic	Egyszerű	24328	207,47	117,26
	Részletes	22786		109,83
ArchiCAD	16	28586		137,78
	17	26811		129,23
	18	24156		116,43

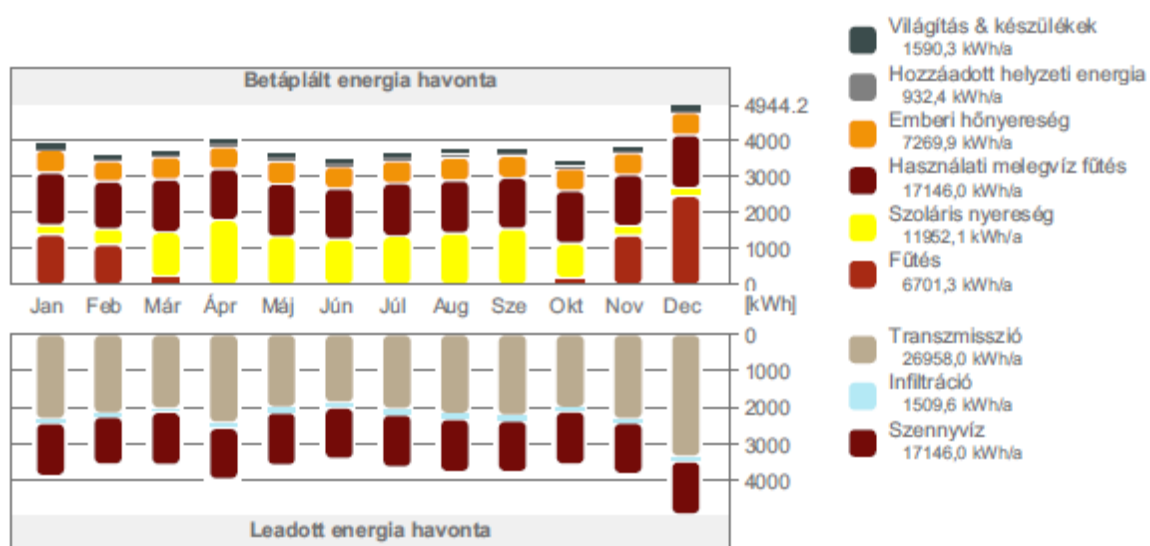
19.TÁBLÁZAT 2.RÉTEGREND MÓDOSÍTOTT FAJLAGOS PRIMER ENERGIAIGÉNY



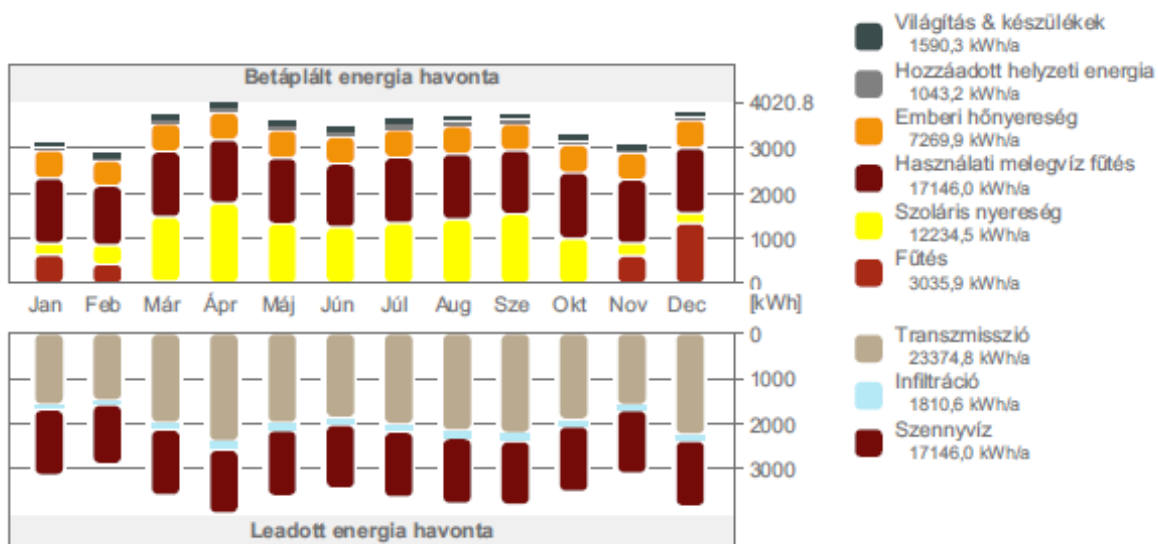
6. DIAGRAM MÓDOSÍTOTT FAJLAGOS PRIMER ENERGIAIGÉNY

Az épület két rétegrendjének energiamérlegét vizsgálva a 18-as verzió esetén észrevehetjük, hogy a transzmissziós hőveszteséggel arányosan csökken a fűtési hőigény.

A fűtési és melegvízelőállítási energiaszükséglet (51-52. ábra) összege közel azonos a rendelet [1] szerint számolttal, annyi különbséggel, hogy az ArchiCAD által számolt melegvízelőállítás energiaszükséglet hasonul a rendelet [1] által számolt fűtési energiaszükséglethez, a fűtési energiaszükséglet pedig a használati melegvíz előállításához.



51.ÁBRA 1. RÉTEGREND ENERGIAMÉRLEGE



52.ÁBRA 2. RÉTEGREND ENERGIAMÉRLEGE

7.3 CASAnova

Ahogy azt már a szimulációk 6.3. fejezetében kifejtettem ez a program nagyon egyszerű épület modellezésére lett kitalálva.

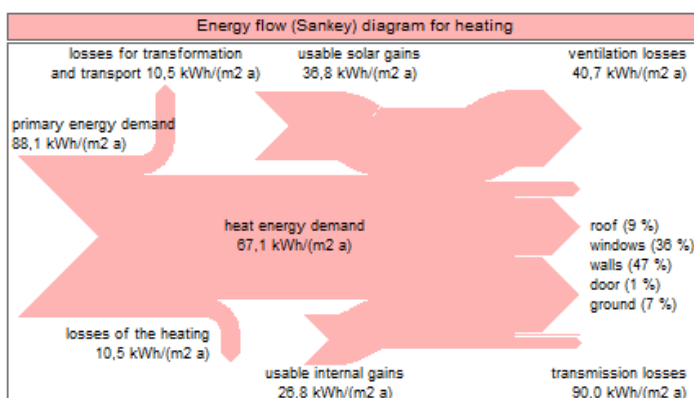
Az 1. rétegrendi felépítésnél a primer energiaigény 88,1 kWh/m²a (53.ábra), amelyben nincs benne a melegvíz-előállításához szükséges energia. Összehasonlítva az éves energiaigény úgy, hogy megnöveljük a CASAnova értékét egy becsült 30 kWh/m²a értékkel a következőt kapjuk: 20. táblázat.

Észrevétel, a CASAnova nagyon alábecsülte a primer energiafogyasztásunkat.

20. TÁBLÁZAT 1. RÉTEGREND
FAJLAGOS PRIMER ENERGIAIGÉNY

		Épület fajlagos primerenergia igény [kWh/m ² a]	Alapterület [m ²]	Éves primerenergia igény [kWh/a]
Auricon	Egyszerű	162,26	207,47	33664
	Részletes	143,27		29724
Energetic	17	164,14		34055
	18	149,43		31002
Casanova		118,1		24502

53. ÁBRA 1. RÉTEGREND ENERGIAMÉRLEGE



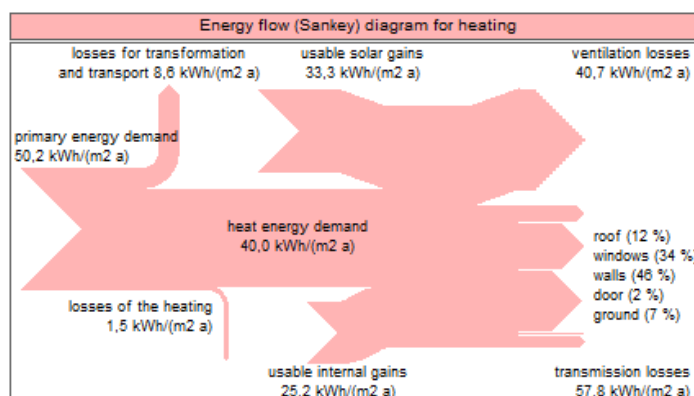
Az előző összehasonlítást a 2. rétegrend esetén kapott 50,2 kWh/m²a primer energiaigény (54.ábra) plusz 30 kWh/m²a becsült meleg vízfogyasztás esetén nagyobb eltérést mutatnak az értékek (21. táblázat).

Míg az 1. rétegrendnél a részletes számítás eltérése +21 % volt addig a 2. rétegrend esetén +37%.

21. TÁBLÁZAT 2. RÉTEGREND
FAJLAGOS PRIMER ENERGIAIGÉNY

		Épület fajlagos primerenergia igény [kWh/m ² a]	Alapterület [m ²]	Éves primerenergia igény [kWh/a]
Auricon	Egyszerű	117,26	207,47	24328
	Részletes	109,83		22786
Energetic	17	145,61		30209
	18	129,99		26970
Casanova		80,2		16639

54. ÁBRA 2. RÉTEGREND ENERGIAMÉRLEGE



7.4 DesignBuilder

A 7/2006 (V.24.) TNM [1] rendelet szerint az épületet zónánként vagy helyiségekre elvégzett számítások összegzésével kell elvégezni. Ennél a programnál egy egész zónaként modelleztem az épületet.

Elektromosság	3.167
Földgáz	1.084

A kapott eredmények azt mutatják, hogy ezen megközelítés a szoláris nyereség és a teljes éves energiafelhasználás szempontjából jó választás. Ennél a programnál is más a primerenergia átalakítási

22.TÁBLÁZAT PRIMER
ÁTALAKÍTÁSI TÉNYEZŐ

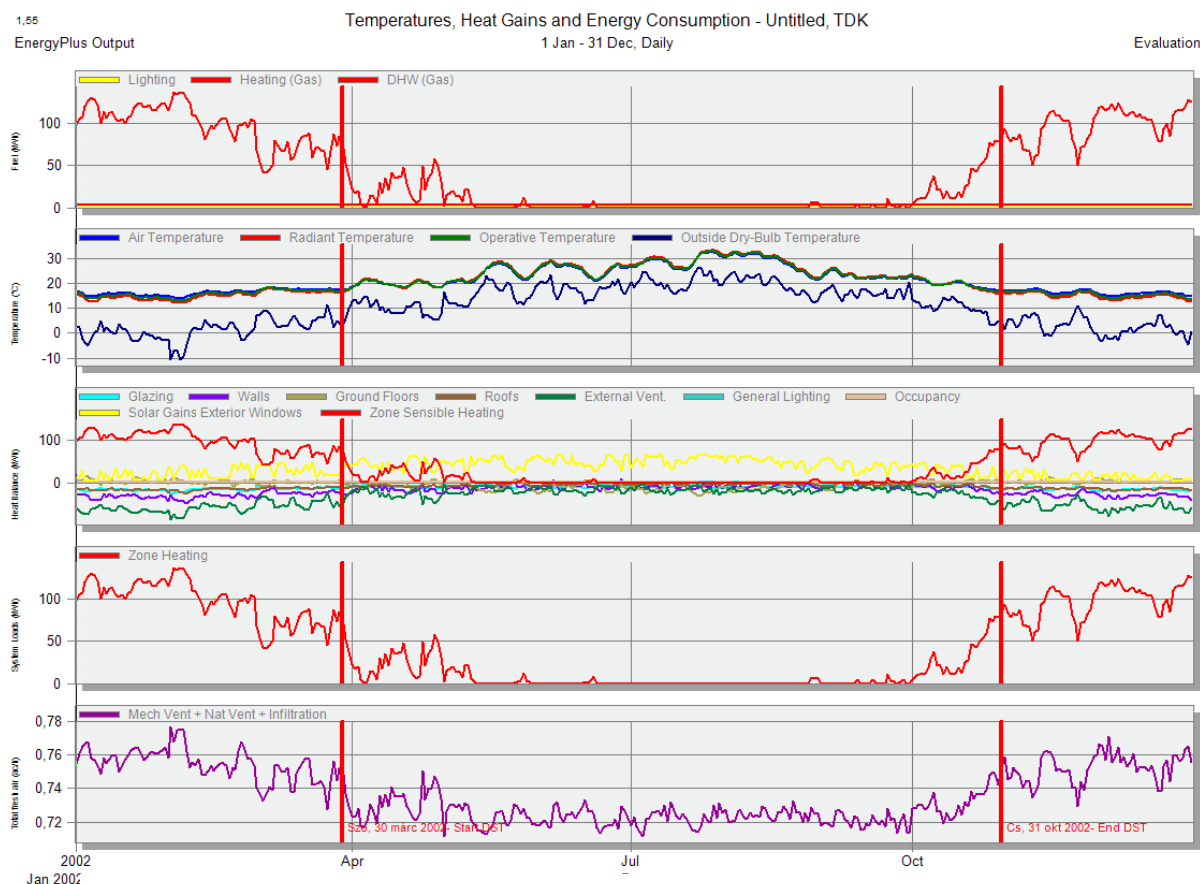
tényező alapértéke
(22.táblázat).

Az 1. rétegrend
esetén az épületre számolt
energiafelhasználás
35469,9 kWh
(23.táblázat).

		Épület fajlagos primerenergia igény [kWh/m ² a]	Alapterület [m ²]	Éves primerenergi a igény [kWh/a]
Auricon Energetic	Egyszerű	162,26	207,47	33664
	Részletes	143,27		29724
ArchiCAD	17	164,14		34055
	18	149,43		31002
Casanova		118,1		24502
DesignBuilder		171,0		35470

23.TÁBLÁZAT 1.RÉTEGREND FAJLAGOS PRIMER ENERGIAIGÉNY

Éves energiaeloszlást az 55. ábra mutatja.

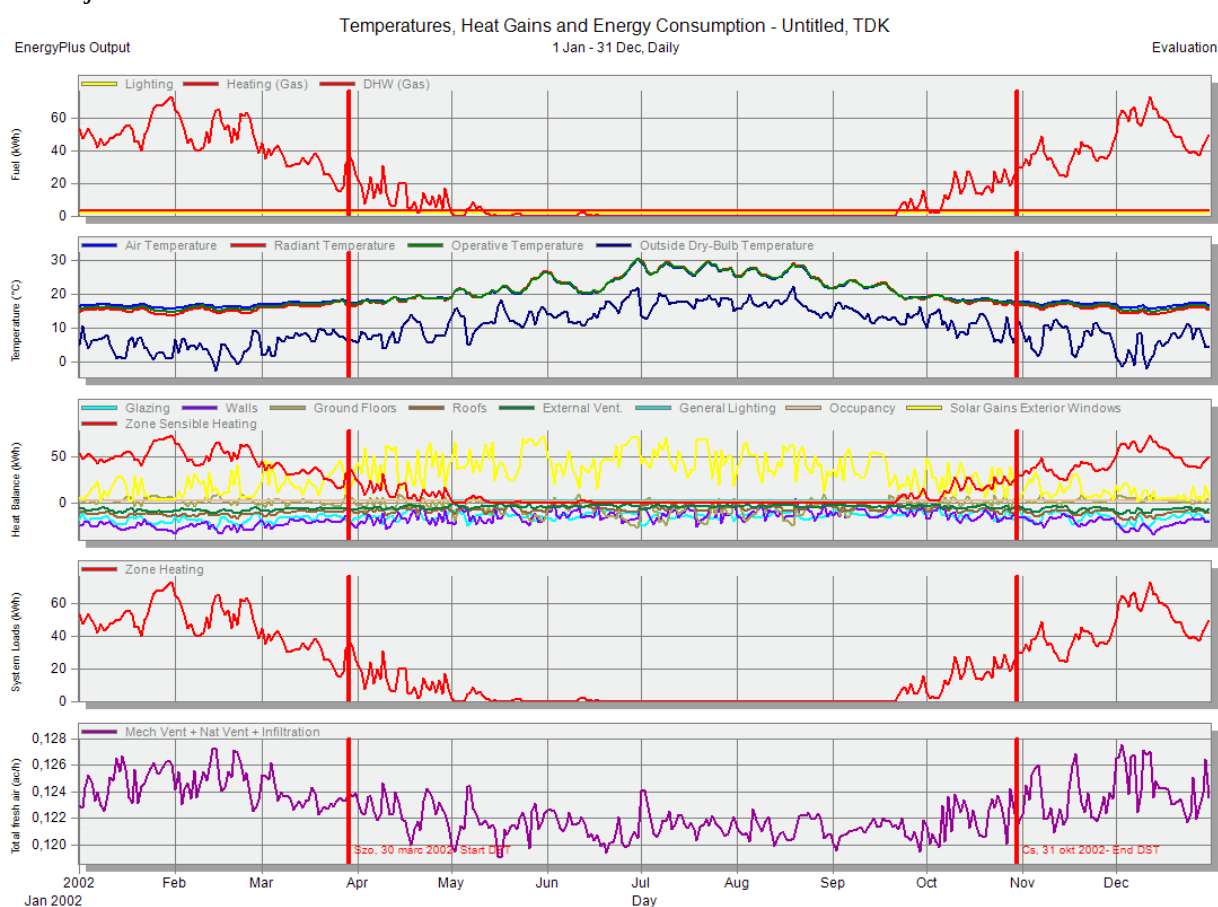


55.ÁBRA 1. RÉTEGREND ENERGIAMÉRLEGE

A jobb energetikai tulajdonságokkal rendelkező 2. rétegrend esetén az éves energiafelhasználás 26374,59 kWh/a (24. táblázat), melynek éves eloszlása az 56.ábra mutatja.

		Épület fajlagos primerenergia igény [kWh/m ² a]	Alapterület [m ²]	Éves primerenergia igény [kWh/a]
Auricon Energetic	Egyszerű	117,26	207,47	24328
	Részletes	109,83		22786
ArchiCAD	17	145,61		30209
	18	129,99		26970
Casanova		80,2		16639
DesignBuilder		127,1		26375

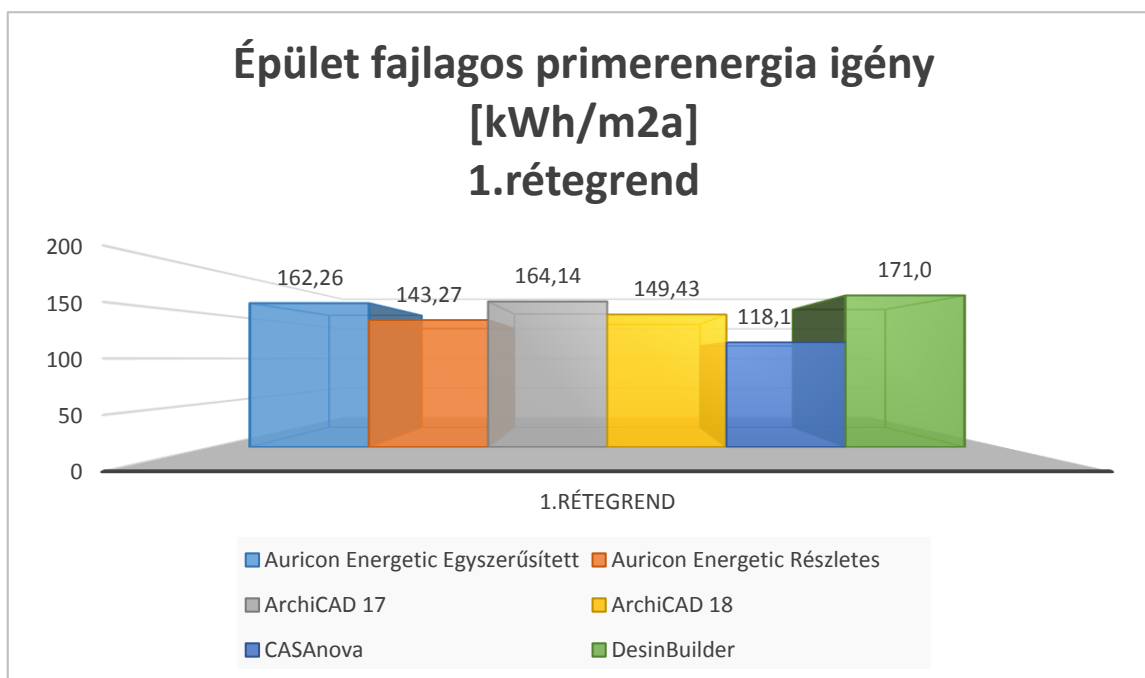
24.TÁBLÁZAT 1.RÉTEGREND FAJLAGOS PRIMER



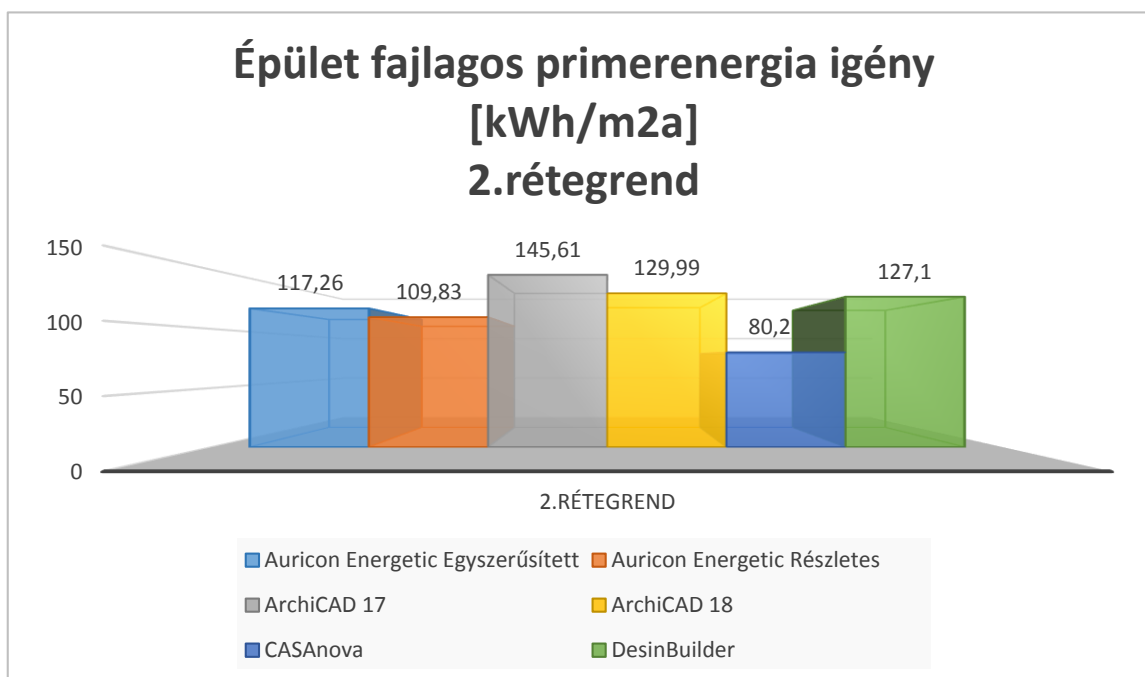
56.ÁBRA 1. RÉTEGREND ENERGIAMÉRLEGE

Összehasonlítva a két rétegrend értékeit a többi programból kapott értékkel azt láthatjuk, hogy ez a módszer, míg az 1. rétegrendnél (7.diagram) az ArchiCAD 17-hez hasonló értéket adott, addig a 2. rétegrendnél (8.diagram) a 18-as verzióhoz hasonlót. Ez természetesen a modell részlegességéből fakad, de azt kijelenthetjük, hogy a geometria szerkezeti elemek és fűtés megadásával (anyagtár segítségével pár kattintás) gyorsan közelíthető az épület energiaigénye.

A program összetettségéből kifolyólag a szoftverrel további vizsgálatokra van szükség mely nem fért bele ezen dolgozat keretei közé.



7. DIAGRAM ÉPÜLET FAJLAGOS PRIMERENERGIA IGÉNY SZOFTVERENKÉNT 1. RÉTEGRENDNÉL



8. DIAGRAM ÉPÜLET FAJLAGOS PRIMERENERGIA IGÉNY SZOFTVERENKÉNT 2. RÉTEGRENDNÉL

8. Konklúzió

A 7/2006(V.24) TNM rendelet 3.§-ban [1] az szerepel, hogy a tervező döntése, hogy a jogszabályban foglalt [1] egyszerűsített, részletes vagy ezen számítási eredményeket vegyesen alkalmazza. Dönthet úgy is, hogy a nemzetközi gyakorlatban elfogadott számítógépes szimulációs szoftverekkel végzi el a számítást. A vizsgált eljárások azt mutatják, hogy nem mindegy melyik mellett dönt a tervező, mert a jogszabályban [1] foglalt változók eltérnek a dinamikus eljárást használó szoftverektől.

A kapott számítási eredmények abban az esetben adják a legjobban közelítő értékeket, ha a programokban figyelünk az épület légcsereszám értékének megadására, melyet a különböző szoftverek esetében nem csupán egy szám jellemezhet. Például ArchiCAD alkalmazásánál, mind a szerkezetnél, mind a nyílászárónál manuális iteráció segítségével kell meghatároznunk a kötelezően alkalmazandó légcsereszámot. A programoknál továbbá be kell állítani a gépészeti rendszerre és a belső hőnyereségre vonatkozó standard értékeket is.

A szoftverekkel lefuttatott épületenergetikai szimulációkból kiderül, hogy a CASAnova programon kívül, mely az épületet egyszerű geometriával definiálja, és nem tartalmazza a használati melegvízhez szükséges energiaigényt, nem ad kielégítő eredményt. Minden másik esetben magasabb éves energiaszükségletet kaptunk, mint a rendelet [1] részletes számításával.

Abban az esetben, ha a részletes és egyszerűsített számítás értékei közötti értéket várunk el, akkor elmondható, hogy a jelenleg hatályos rendeletünknek [1] megfelelnek a szoftverrel számított eredmények. Ha ezt a szigorított előírások [2] költségoptimalizált követelményértékeivel vizsgáljuk, akkor a szoftverekkel kapott eredmények jelentősen eltérhetnek.

A programok által felajánlott primer energiaigény átalakítási tényező értékével számított eredmények az 1. rétegrend esetén jól közelítik a rendelet [1] számításai alapján számoltakat. A 2. rétegrend esetén pedig a primerenergia átalakítási tényező jogszabály [1] szerinti értékeivel módosított vizsgálat közelítette meg. Azt a következtetést vontam le belőle, hogy a jelenleg hatályos számítási eljárás a dinamikus számítást használó szoftverek számítási módszerével kompatibilis, addig az új határértékek [2] esetén a számítási módszert tartalmazó empirikus képletek felülvizsgálatára van szükség. Ha az számítási eljárás nem változik, akkor a programok primer energia átalakítási tényező értékét a rendeletben [1] szereplő értékekre módosítva kaphatjuk a legközelebbi értéket.

A tervezett épület értékelhető vizsgálatai közül a részletes számítás adta a legkisebb értéket. Ez azt jelenti, hogy ha a tervező úgy dönt, hogy a gyakorlatban elfogadott szoftverrel számítja ki az épület energiaszükségletét, akkor az épület rosszabb besorolásba fog kerülni a 176/2008. (VI. 30.) [9] kormányrendelet 3. mellékletében szereplő táblázat (56.ábra) alapján. A besorolás, akár 10 %-os teljesítmény eltérést is okozhat a jelenlegi számítás esetén, míg a jövőbeni szigorított energetikai követelmények esetén [2], akár 22% feletti is lehet. Ezen eltérések abban az esetben mutatkoznak, ha a program által felajánlott átalakítási tényezőkkel számolunk. Az eredmények közötti differencia jelentős, akár két kategóriát is ronthat az épület energetikai minőségi besorolásán.

JEL	%-os teljesítmény	MEGNEVEZÉS
A+	< 55	Fokozottan energiatakarékos
A	56 - 75	Energiatakarékos
B	76 - 95	Követelménynél jobb
C	96 – 100	Követelménynek megfelelő
D	101 - 120	Követelményt megközelítő
E	121- 150	Átlagosnál jobb
F	151 - 190	Átlagos
G	191 - 250	Átlagost megközelítő
H	251 - 340	Gyenge
I	341 <	Rossz

56.ÁBRA ÉPÜLET BESOROLÁSA

A dolgozat keretein belüli elvégzett szimulációs eredmények iránymutatást adhatnak a tervező- és tanúsító szakembernek. A kutatás folytatása során több típusú és felépítésű épület és további számítási metódusok vizsgálata következhet.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszöntem szeretném kifejezni konzulenseimnek, Nagy Balázsnak PhD hallgatónak és Dr. Csanaky Judit Emília adjunktusnak, hogy tanácsaikkal és észrevételeikkel hozzájárultak a Tudományos Diákköri Dolgozatom elkészítéséhez. További köszönet az Auricon Energetic fejlesztőcsapatának és a GRAPHISOFT Magyarországi képviselőjének a kérdéseim és problémáimban való segítségükért.

MELLÉKLETEK

A program által készített dokumentációk terjedelmük miatt a következő linkről tölthető le PDF formában: <http://goo.gl/f6Zlqg>

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] 7/2006. (V. 24.) TNM rendelet: Az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról
- [2] 20/2014 (III.7.) BM rendelet: Az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról szóló
- 7/2006. (V. 24.) TNM rendelet módosításáról
- [3] MSZ EN 673:2012 Építési üveg. A hőátbocsátási tényező (U-érték) meghatározása. Számítási módszer
- [4] ISO 15099:2003 Thermal performance of windows, doors and shading devices -- Detailed calculations
- [5] MSZE 24140:2012 Épületek és épülethatároló szerkezetek hőtechnikai számításai
- [6] ANSI/ASHRAE Standard 140-2007, Standard Method of Test for the Evaluation of Building Energy Analysis Computer Programs
- [7] MSZ EN ISO 6946:2008 Épületszerkezetek és épületelemek. Hővezetési ellenállás és hőátbocsátás. Számítási módszer (ISO 6946:2007)
- [8] MSZ EN ISO 14683:2008 Hőhidak az épületszerkezetekben. Vonal menti hőátbocsátási tényező. Egyszerűsített módszerek és felülírható kiindulóértékek (ISO 14683:2007)
- [9] 176/2008. (VI. 30.) Kormányrendelet: Az épületek energetikai jellemzőinek tanúsításáról
- [10] 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories
- [11] MSZ EN 832:2002 Épületek hőtechnikai viselkedése. A fűtési energiaigény számítása. Lakóépületek
- [12] EN 836:1997+A4:2011 Garden equipment - Powered lawnmowers - Safety
- [13] EN ISO 13790:2008 Energy performance of buildings -- Calculation of energy use for space heating and cooling
- Dr. Tóth Elek, Szende Árpád, Nagy Balázs (2014). Kötelező Energetikai Tanúsítvány. Budapest: Fórum média. 800 old.
- Baumann Mihály (2009). PTE Pollack Mihály Műszaki Kar 321 old
- Uniben Yao Ayikoe Tettey (2014). Effects of different insulation materials on primary energy and CO2 emission of a multi-storey residential building. Energy and Buildings
- DesignBuilder 4.2 User Manual. <http://www.designbuilder.co.uk/helpv4.2/> (2014. 10.21.)

- CASAnova Help
- AuriconEnergetic Felhasználói Kézikönyv 1.6.9.
- GRAPHISOFT ArchiCAD Help
- DesignBuilder Homepage. <http://www.designbuilder.co.uk/> (2014. 10.21.)
- EnergyPlus Energy Simulation Software Homepage
<http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus> (2014. 10.21.)
- CASAnova Homepage. http://nesa1.uni-siegen.de/index.htm?softlab/casanova_e.htm
(2014. 10.21.)
- AuriconEnergetic Homepage. <http://energetic.auricon.hu/> (2014. 10.21.)
- GRAPHISOFT ArchiCAD Homepage. <http://www.graphisoft.hu/archicad/> (2014. 10.21.)