



TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI DOLGOZAT

NAGY FELÜLETEN ÜVEGEZETT ÉPÜLETEK ENERGETIKAI VIZSGÁLATA ENERGY ANALYSIS OF BUILDINGS WITH A LARGE GLAZED FACADE

Készítette:
Ördög Rita Rebeka
(GZTINO)
Szűrös Zsolt
(D6RS6S)
építész szakos hallgatók

Konzulens:
Horváth Tamás PhD
egyetemi docens

Győr
2023

Tartalomjegyzék

Bevezetés	3
1 A benapozás szerepe az épületek kialakításában	4
2 Épületenergetikai törekvések	8
2.1 Épületenergetikai szabályozások	9
2.2 Passzív intézkedések	13
2.3 Aktív intézkedések	20
3 Üvegezett épület energetikai vizsgálata	24
3.1 Kutatási kérdések, a számítási módszertanok ismertetése	24
3.2 Esettanulmány - Demountable Office Building – Delft	25
3.2.1 Meglévő rendszerek	25
3.3 Épületről felvett számítási modell	26
4 Számítási lépések	35
4.1 Számítás vizsgálati módszer részletessége szerint	35
4.1.1 Kétrétegű üvegezés, részletezettség szerint	35
4.1.2 Háromrétegű üvegezés, részletezettség szerint	36
4.2 Számítás társított szerkezet árnyékolása szerint	40
4.2.1 Kétrétegű üvegezés, árnyékolással	41
4.2.2 Háromrétegű üvegezés, árnyékolással	42
5 Konklúzió	46
6 Összegzés	48
Jegyzékek	49
Ábrajegyzék	49
Táblázatjegyzék	50
Felhasznált irodalom	51
Mellékletek	54

BEVEZETÉS

A XXI. századra megnövekedett komfortigények magukkal vonzották az épületek fokozódó aktív és passzív épületenergetikai fejlődési igényeit is. Egyre több és bonyolultabb épülettechnológiai berendezéssel kell számolni, amelyek kielégítik a fokozódó igényeket. Ezeknek a berendezéseknek a működtetéséhez energiára van szükségünk, melyeket javarészt még mindig a nem megújuló fosszilis energiaforrásokból állítunk elő. A múlt században ezek az energiaforrások még nagy mennyiségben és alacsony áron voltak elérhetők, valamint az épületek jelentős részénél figyelmen kívül hagyták az energiatudatos épülettervezés passzív eszköztárát, amiből rossz benapozású, túlmelegedő vagy könnyen kihűlő, és a környezethez nem illeszkedő épületek alakultak ki. Az energetikai szempontból rossz minőségű épületeket csak nagyon magas energiafelhasználással és drágán lehetett a mai igényeknek és követelményeknek megfelelő szintre hozni. Ezek a régi épületek az ország energiafelhasználásának az 1/3-ad részéért felelősek, ami tudatos tervezéssel jelentősen csökkenthető lett volna. (Prof. Zöld – Szalay – Dr. Csoknyai, 2016)

Az épületszerkezeti- és a magas komfortot biztosító épületgépészeti megoldásoknak köszönhetően manapság egyre gyakrabban alkalmazunk nagy üvegezett felületeket az épületeken, mely a magas esztétikai vonzaton kívül számos energetikai problémát is hordoz, kiemelkedően az üvegházhatást, mely nyáron túlmelegedéshez is vezethet, rontva a komfortérzetet a belső terekben.

Dolgozatunkban célunk, hogy az ilyen épületek energetikai viselkedését bemutassuk egy esettanulmányon keresztül, a rendelkezésünkre álló szabványos vizsgálati módszerekkel. További célunk, hogy megvizsgáljuk az elérhető passzív és aktív eszközök alkalmazásának energetikai hatékonyságát, és meghatározzunk olyan optimális kombinációkat, melyekkel az épületek energetikailag jobbra tehetők.

*„Nem lehet megoldani problémákat
ugyanazzal a gondolkodásmóddal,
amivel csináltuk őket!”¹*

/Albert Einstein/

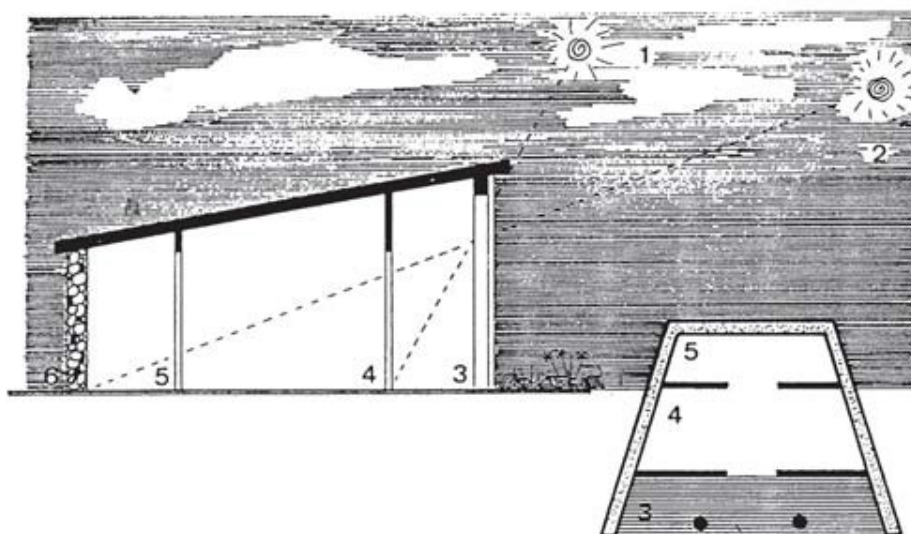
¹ Forrás: <https://quotepark.com/hu/idezetek/2090904-albert-einstein-nem-lehet-megoldani-problemakat-ugyanazzal-a-gondo/>
Letöltés dátuma: 2023.03.23.

1 A BENAPOZÁS SZEREPE AZ ÉPÜLETEK KIALAKÍTÁSÁBAN

Napjainkban az épületenergetika egyre fontosabbá válik. Kezdetekben a barlangok használatba vételekor még csak egy fő nyílásról beszélhettünk, melynek funkciója a ki- és beközeledés volt. Ezen keresztül szellőzött is, illetve a minimális fény is így jutott be a barlangba.

Mezopotámiára (Kr.e. 3000) kicsit áttérve már láthatjuk, hogy próbálták az időjárási elemeket szabályozni, a nyílások elé állatbőr darabokat helyeztek, melyekkel védekezni tudtak a meleg ellen.

Az ókori görögök is elkezdtek már foglalkozni a napenergia hasznosításával. Érdeemes megemlíteni Szókratész napházát (1. ábra), melyben kikötötte, hogy az épületnek nyitnia kell dél felé, de úgy, hogy az előteret ériék a napsugarak nyáron, télen viszont az alacsonyabb hajlásszögű sugarak a lakótérbe is behatolhassanak (bár ekkor még nem tudtak nagy felületű nyílásokat és nyílászárókat alkalmazni). Lényeges volt még, hogy északról hőszigetelő fal vagy egy puffer zónaként működő tárolóhelyiség határolja a lakóhelyiséget.²



1. ábra:
Szókratész napháza³

Már a gótikában alkalmaztak nagy üvegfelületeket, melyeket több kisebb üvegdarabból ólommal rögzítettek egymáshoz, nagy, egybefüggő üvegfelületekről még nem beszélhetünk. A

² Forrás: http://epa.oszk.hu/02900/02952/00039/pdf/EPA02952_orzagepito_2000_01-02_18-20.pdf
Letöltés dátuma: 2023.03.10.

³ Forrás: http://epa.oszk.hu/02900/02952/00039/pdf/EPA02952_orzagepito_2000_01-02_18-20.pdf
Letöltés dátuma: 2023.03.15.

nagy felületű üvegezésekhez a technológia fejlődésére volt szükség. A 19. században, az ipari forradalommal vált lehetségessé kialakításuk. Egyik első remek példa erre az 1851-es világkiállításra épített, Paxton által tervezett Kristálypalota, mely csak acélból és üvegből állt. Ma az épületet már nem csodálhatjuk meg, mert 1936-ban sajnálatos módon leégett.⁴

Érdemes kitekintnünk a XX. század építészetére is. Egyre nagyobb felületeken üvegezett épületekkel találkozhatunk a lakóházak körében is, melyek még az egy rétegű üvegezésnek köszönhetően csekély mértékű hőszigetelő képességgel rendelkeztek. A XIX. századig nem okoztak gondot az üvegezések miatt fellépő hőnyereségek, ugyanis a szerkezeteken keresztül annyi veszteség volt, mely kompenzálta a nyereséget, viszont a XX. századra ez egy újonnan fellépő problémaként jelentkezett.

Frank Lloyd Wright-nak, a még ma is csak kis mértékben elterjedt szolár- és passzívház törekvései újítóan hatottak. Még mielőtt a ma ismert épületgépészeti technológiák kialakultak volna, Wright-nak kreatívan kellett gondolkodnia és megoldania a problémákat, amit ma már egyszerűbb eszközökkel is orvosolni tudunk. Wright például a Taliesin Westnél figyelembe vette az épület elhelyezkedését, tájolását és építőanyagait. Használta a Venturi-effektust, hogy elviselhetőbb legyen a sivatagi klíma.⁵ Ez azt jelenti, hogy olyan keresztmetszeteket hozott létre, mely egy részen összeszűkül, ezzel ott az áramló levegő felgyorsult és erősebben jelentkezett a légmozgás, ezzel javítva a komfortot.⁶

⁴ Forrás: https://www.arcanum.com/hu/online-kiadvanyok/Lexikonok-a-pallas-nagy-lexikona-2/k-E039/kristalypalota-FCED/https://4444k.blog.hu/2018/09/16/a_londoni_kristalypalota
Letöltés dátuma: 2023.03.03.

⁵ <https://franklloydwright.org/living-with-nature-passive-energy-techniques/> Letöltés dátuma: 2023.03.24.

⁶ https://hu.swewe.net/word_show.htm/?1399292_1&Venturi_hat%C3%A1s Letöltés dátuma: 2023.03.24.



2. ábra:
*Frank Lloyd Wright – Taliesin West*⁷

Másik jelentős XX. századi építész Mies van der Rohe, akinek az építészetében először megjelentek a függönyfalak, mint például a Seagram Building New Yorkban, impozáns hatást keltve, újítoán gondolkodott. De nem csak magas üvegezett épületei voltak, hanem érdemes megemlíteni lapos épületei közül a Farnsworth házat is, mely nyitottá és természetbe olvadóvá teszi az épületet. Tehát már a nyílásoknak nem csak annyi feladata van, hogy lehessen szellőztetni, fényt beengedni és átlátni rajta, hanem hogy megnyisson tereket a környezet felé és egybeolvassza őket.



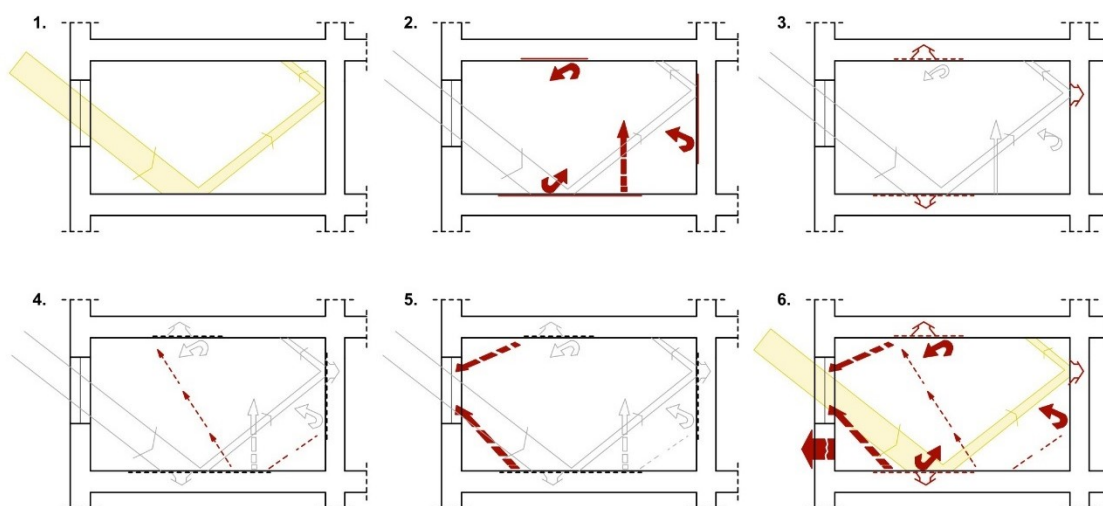
3. ábra:
*Mies van der Rohe – Farnsworth ház*⁸

⁷ https://franklloydwright.org/wp-content/uploads/2017/01/carousel_interior-1024x600.jpg Letöltés dátuma: 2023.03.24.

⁸ https://epiteszforum.hu/uploads/images/2019/08/952_farnsworth-house-mies-van-der-rohe-dezeen-hero-1.jpg

A mai korhoz közeledve már az egy rétegű üvegezést felváltotta a kettő-, majd a három rétegű. Ennek hatására a hőveszteségek csökkentek, nem távozott annyi hő a helyiségekből. A szellőztetés során sem veszítünk annyi hőt, mint korábban, ugyanis a hőcserélős szellőztetőgépek már ezt kiküszöbölik. Így viszont, hogy a hő nem tud távozni - köszönhetően a nagy mértékű üvegezéseknek és a passzív szoláris hőnyereségeknek - az üvegházhatás nagy mértékben jelentkezhet.

Az üvegházhatás jelenség magyarázata, hogy a hősugarak, melyek a transzparens szerkezeteken keresztül bejutnak a belső terekbe felmelegítik a belső szerkezeteket, melyek pedig a levegőt. A nyílásokon át a látható fény és a rövidhullámú sugárzás jut be a térbe, a szerkezetekről visszaverődő sugárzás viszont hosszúhullámú és a transzparens szerkezeteknek erre a sugárzásra kicsi az áteresztési tényezője, így bent maradnak a helyiségben, üvegházhatást idézve elő. (Reis – Várfalvi – Zöld, 2007)



4. ábra:
Üvegházhatás folyamata⁹

Manapság van-e olyan módszer, amellyel energiafelhasználás nélkül, vagy csak minimális ráfordítással csökkenthető a belső hőmérséklet? Amellyel az üvegházhatás mértéke visszafogható? Amellyel ezt az újonnan keletkezett hűtési igényt kordában lehet tartani? Ezekre a kérdésekre keressük a választ dolgozatunkban, egy esettanulmánnyal szemlélítve a változásokat, különböző hatások és tényezők változtatása esetén.

⁹ Prof. Zöld András – Szalay Zsuzsa – Dr. Csoknyai Tamás: Energiatudatos építészet 2.0, TERC Kereskedelmi és Szolgáltató Kft., Budapest, ISBN 978 615 5445 34 7, 2016, 108-109 p.

2 ÉPÜLETENERGETIKAI TÖREKVÉSEK

Az épületeknek a létesítésére és fenntartására vonatkozó költségeknek a 40%-át teszik ki az energiaigények költségei, valamint az energiával összefüggő közvetlen és közvetett üvegházhatású gázkibocsátás 36 %-át, ami rendkívül jelentős. A válság hatására pedig csak növekednek a költségek. Érdeemes lenne megvizsgálni, hogy milyen építészeti eszközökkel lehetne ezeket a mennyiségeket csökkenteni.

A nagyléptékű üvegszerkezetek elterjedése az épületek homlokzatán körülbelül a XIX. századi ipari forradalom idejére tehető. Felfedezték, hogy acél, majd később vasbeton vázszerkezetekkel ki lehet könnyíteni az épületek homlokzatait, melynek hatására karcsúbbak és filigránabbak lettek az épületek. A határoló vázszerkezetek közötti részt nagy felületű üvegszerkezetekkel építették be, melyek megnövelték a természetes fény és a napenergia bejutásának arányát a belső terekbe. Hasonló logikai elv szerint már a korábbi templomépítészetben is megjelentek nagy felületű üvegszerkezetek. A nagy felületen üvegezett épületek száma azonban csak a XIX. század első felében felfedezett függőnyfal (5. ábra) hatására növekedett meg. (Prof. Zöld – Szalay – Dr. Csoknyai, 2016)



5. ábra:
Függőnyfal rendszer¹⁰

Már a Világháború után is egyre elterjedtebbé váltak, azonban a függőnyfal rendszerek az utóbbi pár évtizedben élik virágkorukat. A modern építészet esztétikai gyönyörködtetésének azonban ára van, melyek magukkal vonzották az épületfizikai és technológiai korlátokat.

¹⁰ Forrás: <https://unsplash.com/photos/-LCA5wDQdeo>
Letöltés dátuma: 2023.03.21.

Passzív és aktív intézkedések jelentek meg az egyre szigorodó épületenergetikai követelmények/szabályozások betarthatóságának érdekében.

2.1 Épületenergetikai szabályozások

Épületeink belső tereiben törekszünk a komfortérzet fenntartására, az állandó hőmérséklet, páratartalom és látási viszonyok megtartására. Az évszakok váltakozásából eredő jelentős hőmérsékleti és időjárási viszonyokat igyekszünk leküzdeni, melyhez építészeti és más passzív vagy aktív eszközöket vonunk be, melyek energiafelhasználással járnak.

„A 2002/91/EK számú Épületenergetikai direktíva (EPBD) 2003. január 4-én jelent meg az Európai Közösség Hivatalos Lapjában, hatályba lépése is ezen a napon történt. A direktíva szerint a tagállamoknak 2006. január 4-ig létre kell hozniuk azokat a rendeleteket, törvényeket, amelyek biztosítják, hogy az ismertetett célkitűzések megvalósuljanak. Felmentést, illetve kiterjesztést csak abban az esetben lehetett kérni, ha az adott országban nincs elegendő képzett és akkreditált szakember az épületek tanúsításához és a kazánok, fűtési- és légkondicionáló rendszerek felülvizsgálatához. A direktívának megfelelően Magyarországon három rendelet jelent meg, amely az irányelv bevezetését teszi kötelezővé.

1. 7/2006. (V. 24.) TNM rendelet: Az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról,
2. 176/2008 (VI.30.) Kormányrendelet: Az épületek energetikai tanúsításáról,
3. 264/2008 (XI. 6.) Kormányrendelet: A hőtermelő berendezések és légkondicionáló rendszerek energetikai felülvizsgálatáról.” (Baumann – Dr. Csoknyai – Dr. Kalmár – Dr. Magyar – Dr. Majoros – Dr. Osztrólczyk – Szalay – Prof. Zöld, 2009, pp. 2.)

„A 2010/31/EU EPBD uniós direktíva az épületenergetikai követelmények jelentős szigorítását irányozta elő, annak érdekében, hogy új épületeink a közel jövőben már a „közel nulla energiaigényű” jelzővel legyenek illethetők. E célt megalapozandó az Európai Bizottság 244/2012/EU felhatalmazáson alapuló rendeletében szereplő módszertan alapján az egyes tagországok meghatározták az épületek „költségoptimalizált” energetikai színvonalát.

A követelmények szigorítását a magyar jogalkotás a meglévő rendeletek módosításával oldotta meg, hosszú várakozás után. Így jelenleg is a korábban említett két rendelet határozza meg az épületek energetikai minősítésének kereteit, de tudnunk kell, hogy tartalmuk jelentősen változott az elmúlt években, és a közeljövőben is változni fog.” (Horváth, 2017, pp. 161.)

A 2010/31/EU EPBD uniós direktíva után a TNM rendelet¹¹ a későbbiekben még további módosításokkal, rendeletekkel is kiegészült. Ilyen módosítás volt például a 40/2012. (VIII. 13.) BM rendelet, a számítási módszer és a tervezési adatok módosítására vonatkozóan, amiben már helyet kapott az „Új épületek alternatív rendszereinek vizsgálata” is.

További módosítás következett be 2014-ben a 20/2014. (III. 7.) BM rendelet keretein belül, amiben kiegészítették a korábbi „Normál” követelményszintet a „költségoptimalizált” követelményszint beiktatásával. Ez az úgynevezett 5. melléklete a TNM rendeletnek.

Még ugyanebben az évben bevezették a 14/2014. (XII. 31.) MvM rendeletet a TNM rendelet hatályának módosításáról.

Újabb módosítás történt 2015-ben, amikor is a 39/2015. (IX. 14.) MvM rendeletben, bevezetésre került a „közel nulla energiaigényű épületek” követelményszintje, ami kiegészítette a TNM rendeletet a 6. melléklettel. (Horváth, 2017)

További módosítások a TNM rendeletben:

- 5/2018. (III. 12.) MvM rendelet,
- 38/2019. (X. 15.) ITM rendelet,
- 57/2020. (XII.29.) ITM rendelet,
- 61/2020. (XII.30.) ITM rendelet,
- 13/2021. (III. 10.) ITM rendelet.

(Horváth, 2022)

Mindezek következtében az épület jellegétől és finanszírozási formájától függően a TNM rendeletben jelenleg három követelményszint van hatályban, egyidőben és egymással párhuzamosan:

- Alap követelményszint (ALAP),
- Költségoptimalizált követelményszint (KO),
- Közel nulla követelményszint (KN).

Fontos, hogy a tervezés pillanatában kalkuláljunk az esedékes használatba vétel pontos időpontjával is, hiszen az épületnek a használatba vétel pillanatában kell megfeleljen az épületenergetikai követelményszinteknek, máskülönben az épület nem kap használatbavételi engedélyt.

¹¹ TNM rendelet: (Tárca Nélküli Miniszter rendelet) 7/2006. (V. 24.) TNM rendelet az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról.

Forrás: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=A0600007.TNM>
Letöltés dátuma: 2023.03.23.

épület típusa	finanszírozás	követelményszint életbelépésének éve							Épülethatároló szerkezet	A rétegtervi hőátbocsátási tényező követelményértéke U [W/m²K]	
		2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021		ALAP	KN
új épület	magánérvs finanszírozás	ALAP			KO			KN		Külső fal	0,45
	pályázati finanszírozással	KO						KN	Lapostető	0,25	0,17
	hatósági használatra	ALAP			KO	KN			Padlásfödém	0,30	0,17
	hatósági használatra pályázati finanszírozással	KO			KN			Alsó zárófödém árkád felett	0,25	0,17	
meglévő épület felújítása/bővítése	magánérvs finanszírozás	ALAP			KO			KN	Alsó zárófödém fűtetlen pince felett	0,50	0,26
	pályázati finanszírozás	KO						Homlokzati üvegezett nyílászáró (fa vagy PVC keretszerkezettel)	1,60	1,15	
								Homlokzati üvegfal	1,50	1,40	
								Szomszédos fűtött épületek közötti fal	1,50	1,50	

6. ábra:

Épületek követelményszintjei (balra), valamint az épülethatároló szerkezetek rétegtervi hőátbocsátási tényező követelményértékei (jobbra)¹²

A jogszabály szerint az épületeknek meg kell felelnie a 7/2006 TNM rendelet 6. mellékletének, tehát az épületeknek legalább “közel nulla energiaigényű” besorolást kell kapniuk az energetikai besorolásra. (7. ábra)



7. ábra:

Az épületek energetikai tanúsítási rendszerének besorolásai¹³

“A közel nulla energiaigényű épület az épületek energetikai jellemzőinek tanúsításáról szóló kormányrendelet szerinti költségoptimalizált szinten megvalósult, vagy annál energiahatékonyabb épület, amelyben a primerenergiában¹⁴ kifejezett éves energiaigény

¹² Forrás: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a0600007.tnm>

Letöltés dátuma: 2023.03.15.

¹³ Forrás: <https://www.energetikatb.hu/>

Letöltés dátuma: 2023.03.22.

¹⁴ **Primerenergia:** A primer energia az a megújuló és nem megújuló energiaforrásból származó energia, amely nem esett át semminemű átalakításon vagy feldolgozási eljárás.

Forrás: https://mersz.hu/dokumentum/m514aea_151

Letöltés dátuma: 2023.03.22.

legalább 25%-át olyan megújuló energiaforrásból biztosítják, amely az épületben keletkezik, az ingatlanról származik vagy a közelben előállított.” (Baumann – Dr. Csoknyai – Dr. Kalmár – Dr. Magyar – Dr. Majoros – Dr. Osztrólczyk – Szalay – Prof. Zöld, 2009, pp. 2.)

Ahhoz, hogy egy épület megfeleljen a “közel nulla energiaigény” előírásainak az alábbi követelményeknek kell megfelelni, melyeket az energetikai tanúsítványok jogszabályi háttérre ír elő:

1. Épülethatároló szerkezetek követelményértékei

Tehát az épület fűtött tereit, fűtetlen terektől határoló vagy térelválasztó épületszerkezeteknek meg kell felelniük a 2018-ban szigorított hőátbocsátási tényező követelményeknek.

2. Fajlagos hőveszteség tényező

Az épület fűtött tereit határoló összetett réteges szerkezetein átlagosan átáramlott hő mennyisége.

3. Összesített energetikai jellemző

Fűtéshez, hűtéshez vagy használati melegvíz előállításához szükséges energia felhasználásának mennyisége összesített energetikai jellemző számítással.

4. Megújuló energia részaránya

2022-től kezdődően kötelezővé válik valamilyen részarányban 25% megújuló energiát hasznosítani.

Egyedüli kivételt képez a 25%-os megújuló energia részarány követelménye alól, amennyiben az épület fajlagos primerenergia felhasználása 75 kWh/m² alatti. Ezt az értéket azonban megújuló energia nélkül rendkívül nehéz teljesíteni. (Horváth, 2017)

Mindennek megfelelően 2021 január 1-től kezdődően az épületeket már a “közel nulla energiaigénynek”, a “BB” energetikai besorolásnak megfelelően kell megtervezni, valamint 2022 nyaratól kezdődően már a 25%-os megújuló energia részarányának is meg kell felelni. Új épületek esetében a maximális energiafelhasználásnak maximum 100 kWh/m² alatt kell lennie. A megújuló energiaforrások részarányát számos egymástól különálló, vagy éppen kombinált megoldással lehet teljesíteni, mint például tűzifa, biomassza, biomassza felhasználásából származó energia, biogázok energiája, fapellet, agripellet, napenergia (8. ábra), szélenergia, hullámenergia, vízenergia, geotermikus energia, hidrotermikus energia, légtermikus energia.



8. ábra:
*Napenergia hasznosítása tetőn*¹⁵

Az épületek energiafelhasználásának mértékét, tehát az összesített energetikai jellemzőket passzív és aktív intézkedésekkel tudjuk optimalizálni. Ezeket az intézkedéseket különböző százalékos arányban lehet alkalmazni egymáshoz képest, attól függően, hogy milyen mértékben szeretnénk aktív gépészeti megoldásokat alkalmazni. Gazdaságosság szempontjából az 50 - 50 % mondható kielégítőnek.¹⁶

2.2 Passzív intézkedések

A passzív épületenergetikai intézkedések összegyűjtik azokat a rendszereket, megoldásokat és elveket, amelyek hozzájárulnak az épület belső komfortérzet növeléséhez épületgépészeti rendszerek bevonása nélkül. Természetesen ezek a passzív rendszerek hibrid, vagy kombinált rendszerként is tudnak együtt működni az aktív épületenergetikai rendszerekkel. A passzív intézkedéseket befolyásoló tényezők többek között a tervezési koncepcióban nyilvánulnak meg. Az épület passzív energia felhasználásának szempontjából fontos a megválasztott makro- (hőmérséklet és napsugárzás, eltérő klíma) és mikroklíma (domborzat, beépítettség, szélkitettség) az adott országban, a benapozottság mértéke és a homlokzatok tájolása. Továbbá az épületek geometriája, a lehülő felületek mértéke és a napsugárzási hőnyereségek is ebbe a kategóriába sorolhatók.

¹⁵ Forrás: <https://tudastar.ingatlan.com/tippek/5-1-tipp-a-napelemes-rendszer-telepitesi-elott/>
Letöltés dátuma: 2023.03.22.

¹⁶ Forrás: <https://faga.hu/energetikai-kovetelmenyek>
Letöltés dátuma: 2023.03.05.

Hőszigetelő képesség növelése

A hőszigetelő képességet növelhetjük extrém hőszigetelés alkalmazásával. Törekedni kell a hőszigetelés folytonosságára, hogy semelyik ponton se szakadjon meg, ezzel elkerülve a hőhidat. A hőszigetelő anyag kiválasztásánál figyelembe kell venni az anyagot, hogy a kívánt vastagság minél gazdaságosabban kialakítható legyen szerkezetépítési szempontból is. (Horváth, 2023a) (9. ábra)

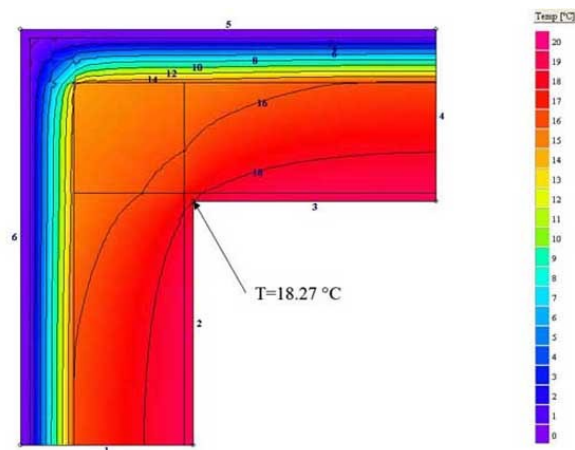


9. ábra:
38 cm vastag hőszigetelés homlokzaton¹⁷

Hőhidmentes szerkezeti kialakítás

A hőhidak hőáramtöbbletet jelentenek, melyeken keresztül a hő távozik, így a belső hidegebb felületeken a pára le tud csapódni. Ez adódhat geometriai okokból is, melyek ellen nem tudunk mit tenni, illetve szerkezeti hőhidakról is beszélhetünk, ami az egyes rétegrendekből és összeépítésekből adódik. Ezeknek a kiküszöbölése épületszerkezet tervezésben lehet egy fontos, ám nehéz feladat. (Horváth, 2023a) (10. ábra)

¹⁷ Forrás: <http://www.passzivhaz-magazin.hu/retegesen-oltoztetett-hazak/>
Letöltés dátuma: 2023.03.22.



10. ábra:
Geometriai hőhid falsarkon¹⁸

Lehűlő felületek minimalizálása

Az építészeti formálás fontos része, hogy a lehűlő felületeket minimalizáljuk. Az A/V arány, tehát a lehűlő felület és a fűtött térfogat aránya optimális, minél kisebb legyen. (Horváth, 2023a) (11. ábra)



11. ábra:
Minimális A/V arány lakások esetén¹⁹

Napsugárzási hőnyereség befogása

Erre a passzív hőnyereségre már évtizedek óta több megoldás is létezik. Ilyenek például a napterek, a tömegfalak, a Trombe-falak és a transzpárens hőszigetelés. Ezekkel az üvegházhatás fokozható, télen előnyösen hasznosítják a napenergiát, azonban nyáron fokozottan fellép a

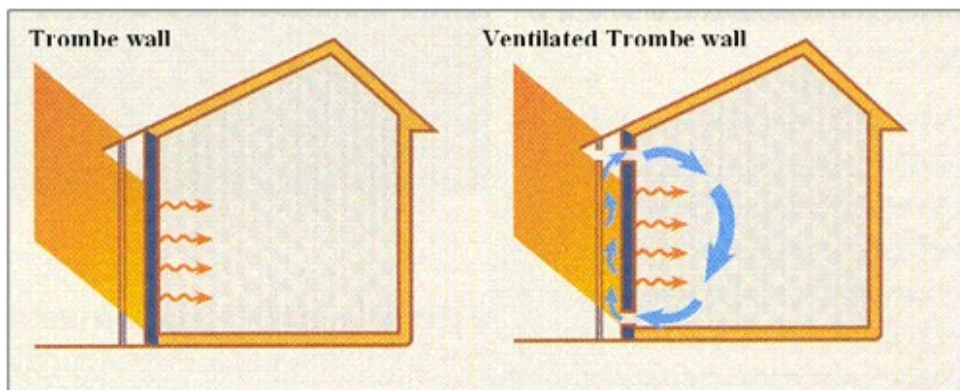
¹⁸ Forrás: <https://ozonclean.hu/mi-az-a-hohid-es-mi-koze-a-peneszhez/>

Letöltés dátuma: 2023.03.22.

¹⁹ Forrás: <https://www.lakaskultura.hu/hirek/nem-minden-tarsashaz-ami-annak-latszik/>

Letöltés dátuma: 2023.03.22.

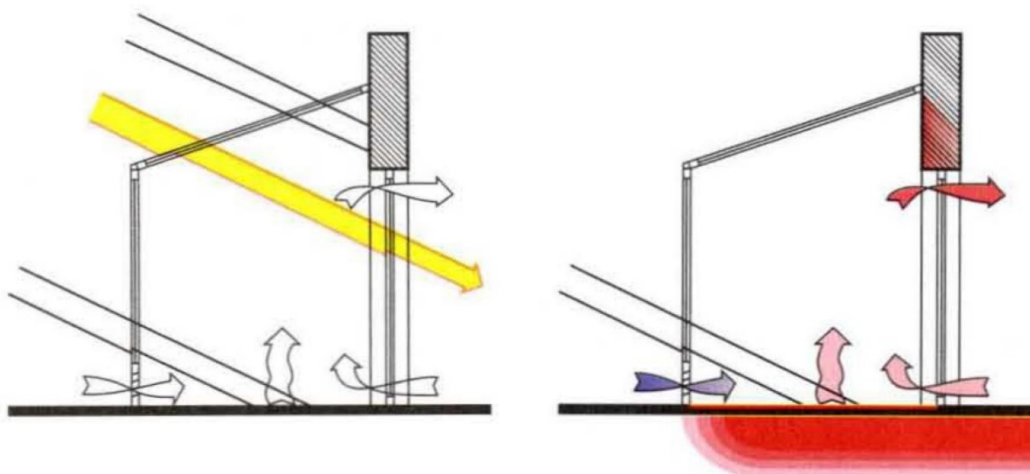
túlmelegedés kockázata is. A fentebb említett megoldások közül vannak azonban olyanok, amelyek erre a problémára is találnak megoldást. (Horváth, 2023a) (12. ábra)



12. ábra:
Trombe fal (balra) - szellőztethető Trombe fal (jobbra)²⁰

Napterek

A napterek transzparens szerkezetekkel határolt, délre tájolt terek, melyek fűtött térrel állnak kapcsolatban, de nekik mesterséges fűtésük nincsen. Télen összegyűjtik a hőt és így melegítik a házat, nyáron viszont erősen átszellőztethetők, így nem melegítve túl a szerkezeteket. (Prof. Zöld – Szalay – Dr. Csoknyai, 2016) (13. ábra) (Nagy, 2015b)



13. ábra:
Napterek működése²¹

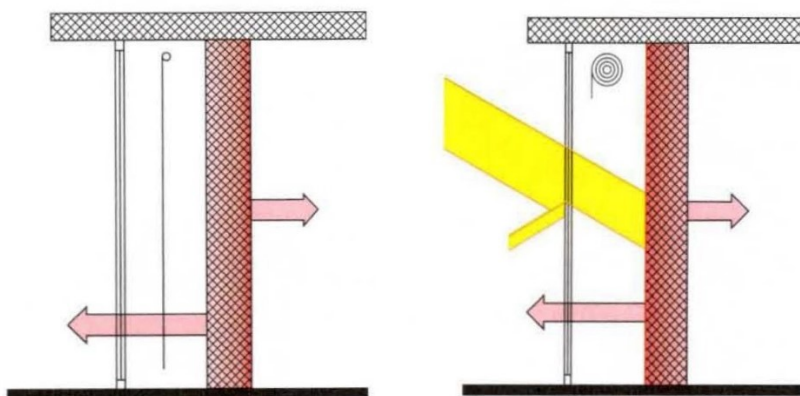
²⁰ Forrás: <https://artimon.hu/2020/10/09/trombe-fal/>

Letöltés dátuma: 2023.03.22.

²¹ Prof. Zöld András – Szalay Zsuzsa – Dr. Csoknyai Tamás: Energiatudatos építészet 2.0, TERC Kereskedelmi és Szolgáltató Kft., Budapest, ISBN 978 615 5445 34 7, 2016, 136-137 p.

Tömegfal

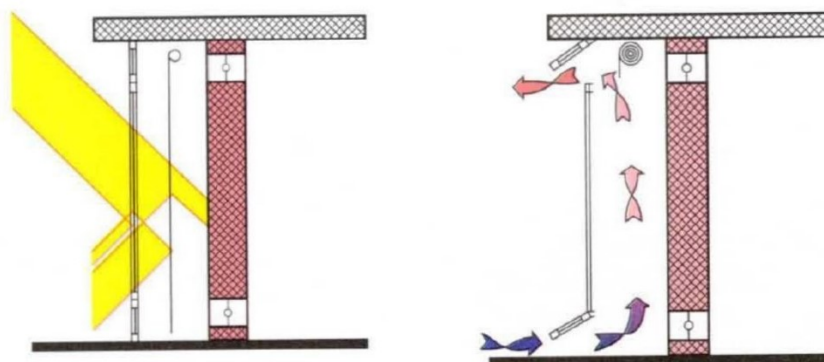
A tömegfal egy masszív fal, mely előtt egy üvegezett felület található. Télen nappal a napsugarak felmelegítik a falat, majd az közvetíti a hőt a belső térnek, éjszaka pedig árnyékolóval tartják bent a meleget. (Prof. Zöld – Szalay – Dr. Csoknyai, 2016) (14. ábra)



14. ábra:
Tömegfal működése különböző nap- és évszakokban²²

Trombe-fal

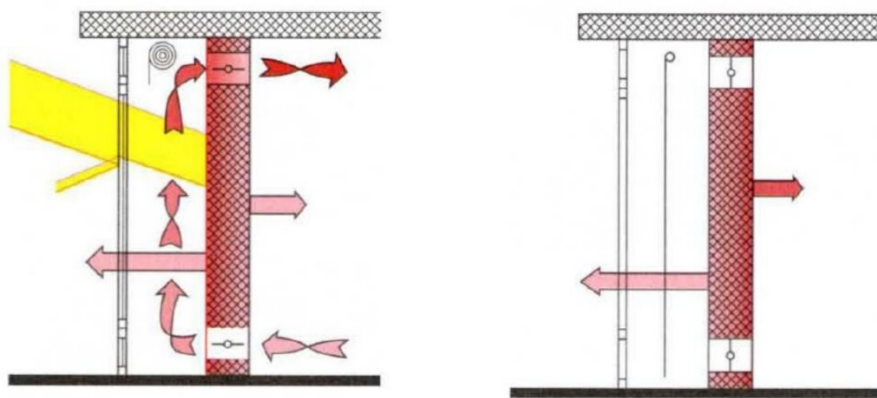
A tömegfalhoz nagyon hasonló, de átszellőztetéssel is rendelkezik a Trombe-fal. Télen üvegházhatást érnek el a transzparens szerkezet és a fal között, melyet nyílásokon keresztül beszellőztetnek a házba, alulról pedig a benti hidegebb levegő áramlik a két szerkezet közé. Éjszaka árnyékolóval védik a kialakult komfortot. Nyáron nappal védik árnyékolóval a szerkezetet, hogy ne melegedjen túl, éjszaka pedig kintre szellőztetik, beengedve ezzel a kinti hűvös levegőt. (Prof. Zöld – Szalay – Dr. Csoknyai, 2016) (15. ábra) (16. ábra) Nagy, 2015a)



15. ábra:
Trombe fal működése nyáron nappal (balra) és éjszaka (jobbra)²³

²² Prof. Zöld András – Szalay Zsuzsa – Dr. Csoknyai Tamás: Energiatudatos építészet 2.0, TERC Kereskedelmi és Szolgáltató Kft., Budapest, ISBN 978 615 5445 34 7, 2016, 128 p.

²³ Prof. Zöld András – Szalay Zsuzsa – Dr. Csoknyai Tamás: Energiatudatos építészet 2.0, TERC Kereskedelmi és Szolgáltató Kft., Budapest, ISBN 978 615 5445 34 7, 2016, 130 p.



16. ábra:
Trombe-fal működése télen nappal (balra) és éjszaka (jobbra)²⁴

Árnyékolás

Kézenfekvő megoldás egy árnyékoló rendszer kiépítése a nyári túlmelegedés ellen és az üvegházhatás kizárására. Fontos, hogy olyan árnyékolót válasszunk, mely nem engedi be a belső térbe a napsugarakat, mivel akkor a meleg már beszorul a helyiségbe. Számos módot választhatunk, a fix lamelláktól kezdve, a tolható zsaluzián át a növényesítésig. (Horváth, 2023a) (17. ábra)



17. ábra:
Forgólamellás homlokzati árnyékoló²⁵

²⁴ Prof. Zöld András – Szalay Zsuzsa – Dr. Csoknyai Tamás: Energiatudatos építészet 2.0, TERC Kereskedelmi és Szolgáltató Kft., Budapest, ISBN 978 615 5445 34 7, 2016, 129 p

²⁵ Forrás: <https://hercules-arnyekolok.hu/fix-es-forgolamellas-arnyekolo/>

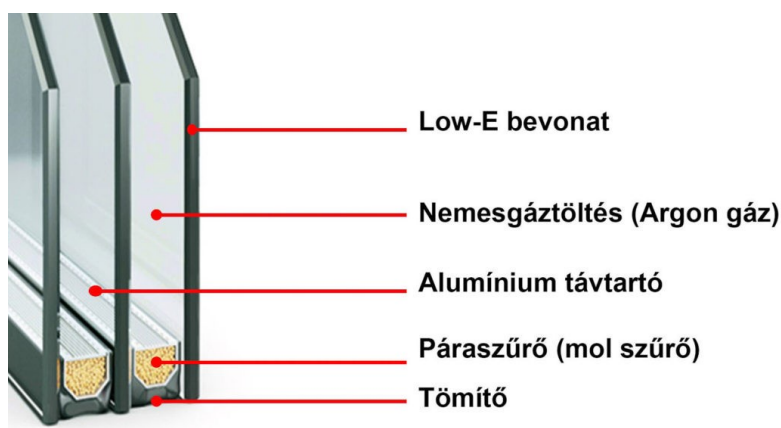
Letöltés dátuma: 2023.03.22.

Üvegezés típusa

Véleményünk szerint az üvegezés is lehet passzív intézkedés. A nagy üvegfelületek elterjedésénél - például Mies van der Rohe vagy Frank Lloyd Wright nagy üvegfelületekkel rendelkező építészetében is - még nem hőszigetelő üvegezés jelent meg. Napjainkra már egyre több összetevő és réteg szolgálja mind a páralecsapódást és az üvegezésen keresztüli lehűlést, mind a túlmelegedést. A mai háromrétegű üvegezés a lehűlést és hőveszteséget akadályozza meg, a két helyen megjelenő Low-E bevonat pedig a hőátbocsátási tényezőt csökkenti, ezzel is tovább tartva a beltérben a meleget.

Az üvegek közti réteg kitöltésére több lehetőségünk is van. Legjobb megoldás nemesgázzal tölteni, melyre az argont szokták használni. Jobb hatást lehetne elérni kriptonnal és xenonnal, azonban ezek ára jóval magasabb, mivel kevés található belőlük a Földön.

Egy három rétegű hőszigetelő üvegezés jelölése tehát: (4 Low-e – 16 argon (90%) – 4 Low-e – 16 argon (90%) – 4) 0,6 W/m²K. (Horváth, 2023a) (18. ábra) A légrés 16 mm, mely 20 mm-nél nem is lehetne nagyobb, mert az a légkörzés miatt már a hőszigetelő képességet rontaná. (Széll, 2001)



18. ábra:
Háromrétegű korszerű ablaküveg felépítése²⁶

Építészeti formálás

Az épületnek a formálásával is tudunk elérni energetikailag kedvező eredményeket. Tagozatok építésével, az ablak síkjának megfelelő megválasztásával, a párkány kihúzásával mind-mind tudjuk szabályozni a napfény bejutását. Mást kívánunk elérni télen és mást nyáron. Télen az alacsonyabban álló napnál fontos, hogy minél mélyebben be tudjon jutni a házba, míg nyáron éppen ezt próbáljuk elkerülni.

²⁶ Forrás: <https://ablak-redony.com/muanyag-ablakok-2-retegu-uvegezes/>
Letöltés dátuma: 2023.03.22.

Összefoglalva

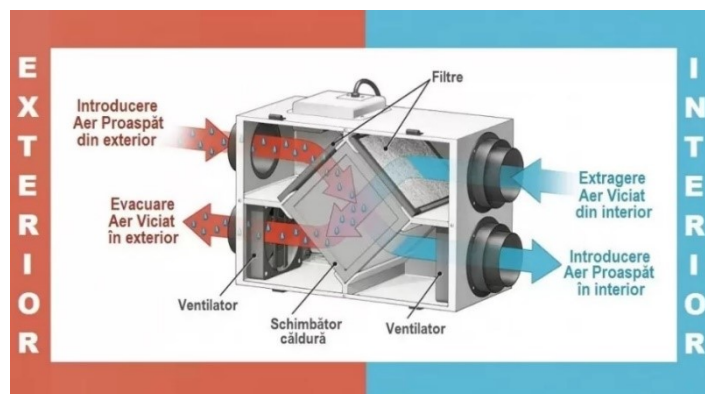
Az előzőekben felsoroltak alapján egy nagy felületen üvegezett épület esetében fokozottan figyelniünk kell a nyári túlmelegedésre az üvegházhatás jelenség kialakulása miatt. Geometriailag legalkalmasabb épület ebben az esetben egy egyszerű geometriájú épület, melynek külső határoló felületén minimális törés található. A mai korszerű többrétegű üvegszerkezetek remek hőszigetelő képességgel bírnak, ellenben a tokszerkezetekkel, melyek nagyobb hőhidat jelentenek az üvegnél. Üvegezett homlokzati falon keresztül szóródásmentes direkt napsugárzás éri az épület belsejét, melyet a belső térben található falak, padlók és berendezési tárgyak felvesznek, majd hőenergiaként leadják a belső térnek. Ez a jelenség télen pozitív hatású, azonban nyáron védeni kell az épületet direkt sugárzás ellen. Passzív megoldásként árnyékoló szerkezeteket szoktak alkalmazni, hasonló elven, mint Szókratész napháza esetében.

2.3 Aktív intézkedések

Az aktív épületenergetikai rendszerek voltaképpen ellentétei a passzív rendszereknek. Ebben az esetben ugyanis alternatív energiaforrásokat begyűjtő és átalakító épületgépészeti és villamosgépészeti rendszerekről beszélünk. Ebbe a kategóriába tartoznak a különböző szoláris energia felhasználó elemek, mint a napelem és napkollektor, a biomassa alapú kazánok, valamint a hőszivattyús rendszerek. Az imént felsorolt gépészeti elemek komplex módon használják fel a természetben előforduló alternatív adottságokat, amelyeket átalakítva a belső tér komfortérzetét hivatottak optimalizálni.

Hőcserélő és visszanyerő rendszerek

Hőcserélő szellőztető rendszereknél az az előnyös tulajdonság amellelt, hogy a levegőt forgatja és folyamatosan cseréli, hogy minimális hőmérsékletváltozás következik be, ellentétben egy ablaknyitással szellőztetéssel. Ez a rendszer a kiszellőző levegő hőjét átadja a befűjt levegőnek, így a felmelegített friss levegő kerül a beltérbe. (Petrikó, 2019b) (19. ábra)



19. ábra:
Hővisszanyerő és hőcserélő rendszer működési elve²⁷

Napkollektoros rendszerek

A napkollektorokkal a víz hőmérsékletét tudjuk növelni, mely a napsugárzás hatására következik be. Kiválóan lehet melegvíz-előállításra alkalmazni, azonban hátránya a hasonló méretű és pozíciójú napelemekkel szemben, hogy villamosenergia-előállításra nem alkalmasak. (20. ábra)



20. ábra:
Napkollektor²⁸

Hőszivattyús rendszerek

Hőszivattyú segítségével különböző helyekről- és formában juthatunk energiához. Használhatjuk a külső levegőt, a felszíni vizeket, a talaj- és rétegvizeket, hulladékhőt, illetve a talajhőt, melyhez talajkollektorokkal és talajszondákkal juthatunk. A hőszivattyú segítségével

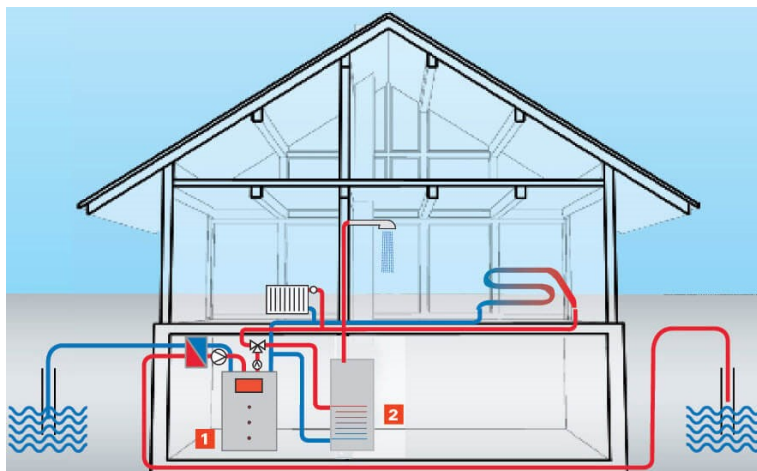
²⁷ Forrás: <https://hovisszanyero-szelloztetes.hu/2020/04/24/entpia-hocserelo-erv-hovisszanyeros-kozponti-szellozteto-hrv/>

Letöltés dátuma: 2023.03.22.

²⁸ Forrás: <https://www.napelemek-napkollektorok.hu/magazin/napenergia/napkollektor-ar-mikor-eri-meg-beruhazni/>

Letöltés dátuma: 2023.03.22.

kinyert hőt pedig átadhatjuk víznek és levegőnek. Ezek a rendszerek már egyre magasabb hatásfokkal működnek. (Petrikó, 2019a) (21. ábra)



21. ábra:
Hőszivattyú elvi ábrája²⁹

Biomassza erőmű

Ezek a rendszerek voltaképpen a biomasszát hasznosítják, amely szintén a megújuló energiaforrások közé sorolandó, hiszen folyamatosan újratermelődik. Tulajdonképpen a biomassza előállításakor közvetett napenergiát hasznosítunk, hiszen a növények fotoszintézis által megkötik azt, majd szerves formában tárolják saját magukban. A biomassza jelentős részét a szerves növényi rostok, hulladékok teszik ki, de a biomasszák közé sorolhatók még a növényi olajok, gyanta, cukor, állati ürülék, de még az elhalt állatok teteme is. Megújuló energiaként való felhasználásuk azonban főleg a szerves száraz növényi hulladékok égetése által biztosított, melyből hőenergiát és elektromos energiát termelnek.³⁰ (22. ábra)



22. ábra:
Biomassza erőmű látványterve³¹

²⁹ Forrás: <https://easykit.hu/hoszivattyu-igy-mukodik/>

Letöltés dátuma: 2023.03.22.

³⁰ Forrás: <http://www.biomasszaeromuvek.hu/biomassza>

Letöltés dátuma: 2023.03.24.

³¹ Forrás: <https://termostar.hu/rolunk/zold-tavho-atfogo-fejlesztesi-projekt/zold-tavho-fejlesztesi-projekt>

Fotovoltaikus napelemek

A napelemek elnyelik a Napból érkező fotonokat, melyek a Si-kristályrácsból elektronokat ütnek ki, így töltéshordozókká válnak, ugyanis ezeken a helyeken “pozitív lyukak” jelennek meg, mely helyekre az elektronok áramolnak, így indítva el a termelést. Villamos energiát állít elő, így melegvíz-készítésre, fűtésre, világításra és háztartási gépek üzemeltetésére is alkalmazható. (Petrikó, 2019c) (23. ábra)



23. ábra:
*Napelempark*³²

Összefoglalva

Az aktív intézkedések voltaképpen az összesített energetikai jellemző teljesítéséhez szükséges fennmaradó követelményeknek azon részarányát elégíti ki, amit passzív eszközökkel már nem lehetett volna. Mivel a nagy felületen üvegezett épület többsége középület, irodaház, ezért érdemes lehet hőcserélő és hővisszanyerő berendezéseket alkalmazni, amelyek minimális hőfokvesztéssel képesek a belső tér levegőjének szellőztetésére. Nyári túlmelegedés elleni aktív megoldásként a hőszivattyút lehet gépi aktív hűtésként alkalmazni, melyet akár napelemes rendszer is képes energiával ellátni.

Letöltés dátuma: 2023.03.22.

³² Forrás: <https://www.penzcentrum.hu/otthon/20221014/uj-napelemes-tamogatas-johet-magyarorszagon-ezt-lepik-a-szaldo-kinyirasa-utan-1129951>

Letöltés dátuma: 2023.03.22.

3 ÜVEGEZETT ÉPÜLET ENERGETIKAI VIZSGÁLATA

3.1 Kutatási kérdések, a számítási módszertanok ismertetése

A nagymértékben üvegezett épületeknél fontos a nyári túlmelegedés kockázatának kiküszöbölése. Ez több módszerrel is csökkenthető, megelőzhető. A dolgozatunkban egy esettanulmányon keresztül próbálunk lehetséges megoldást találni a problémára, megvizsgálni, hogy melyik a leghatékonyabb módszer a túlmelegedés elkerülésére.

A módszertani különbségek vizsgálatára irányuló kutatási kérdés:

- Miként vizsgálhatjuk a nagy felületen üvegezett épületekben létrejövő passzív szoláris hőnyereséget az energetikai számításokban?

Szerkezeti megoldások hatékonyságát vizsgáló kutatási kérdések:

- Hogyan befolyásolja a két- és háromrétegű üvegezés a nagy felületen üvegezett épületek energiamérlegét?
- Hogyan befolyásolja az árnyékolás a nagy felületen üvegezett épületek energiamérlegét?

Az esettanulmánnyal közelítünk a probléma megoldásához, melyhez módszertanilag az Auricon Energetic szoftvert alkalmazzuk, mely a TNM rendelet szerint megengedett számításokat használ, alkalmaz.

A kutatás során a változók:

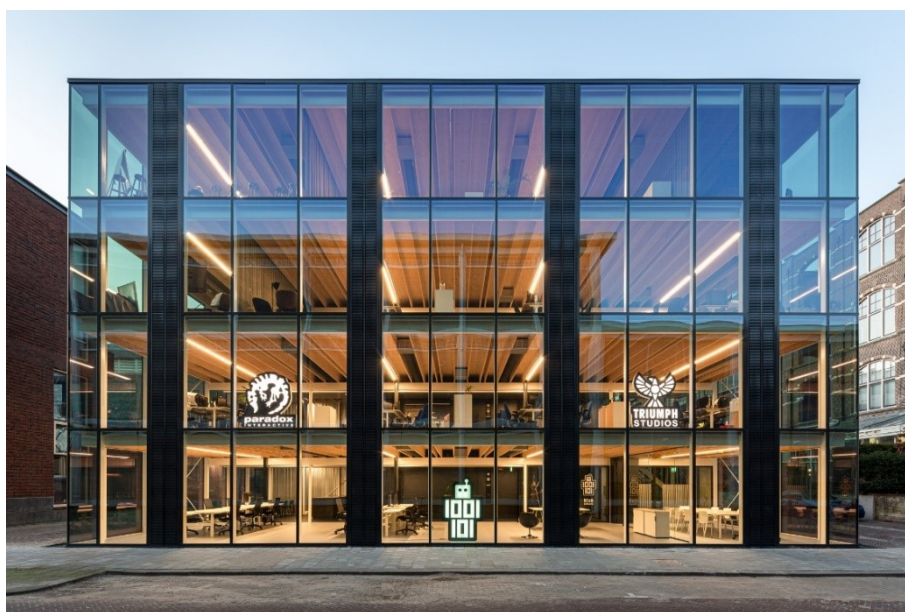
1. A számítási módszer részletessége (lehet az összes homlokzatot északinak venni; lehet három változós, mikor külön kezeli a nyílászárók égtájak szerinti benapozását; illetve lehet adatbázisból vett pontos adatokat alkalmazni benapozás vizsgálatával)
2. Az üvegezés rétegfelépítése
3. Az árnyékolás milyensége

A változók alapján végzett számításoknak és eredményeknek az egymással való összevetése után kapott eredményekből megállapíthatóvá válik az optimális üvegezési rétegrend és árnyékolás használata, mellyel a nyári túlmelegedés kiküszöbölhető lesz.

3.2 Esettanulmány - Demountable Office Building – Delft

Az általunk választott projekt egy általános iroda- és adminisztrációs épület, amit Delftben, Hollandiában a Cepezed építésziroda tervezett, mely 2020-ban épült meg. Az épület rendkívül rugalmas és környezetbarát megoldásokkal van ellátva, beleértve a cserélhető, újra felhasználható szerkezeteket és a napenergia-felhasználást. A Demountable Office Building egy nagy felületen üvegezett, kubus jellegű irodaház, amelyen keresztül bemutatjuk az egyes aktív és passzív épületenergetikai rendszerek variációiból származó előnyöket és hátrányokat.

(24. ábra)



24. ábra:
*Demountable Office Building - Delft*³³

3.2.1 Meglévő rendszerek

Az előző fejezetben (2.2 és 2.3) vizsgált passzív- és aktív energetikai intézkedéseket vizsgáljuk meg az esettanulmányként használt irodaépületben.

Passzív rendszerek

Az épület passzív intézkedéseit vizsgálva megállapíthatjuk, hogy hőszigetelő képességét tekintve megfelel, ugyanis a függönyfalak és a szendvicspanelek hőátbocsátási tényezője is gyárilag teljesíti az előírt értékeket. Alakjának megformálásával hőhídmentességre törekszik és

³³ Forrás: <https://www.archdaily.com/936389/building-d-emountable-architectenbureau-cepezed>
Letöltés dátuma: 2023.03.22.

a lehűlő felületeket minimalizálja, az A/V arányt pedig optimalizálja a kiugrásokat mellőző formálás. A nagy üvegfelületeknek köszönhetően a napsugárzási hőnyereségeket is befogadja. Árnyékolása az épületnek jelenleg nincsen, a környezetében álló magas épületek vetnek csak némi árnyékot rá, mely magyar viszonyok között nem elég, nyári túlmelegedést idéz elő. Az üvegfalak kétrétegű üvegpanelekből állnak, egy réteg Low-e bevonattal rendelkeznek, a 4 mm-es üvegek között 16 mm argon nemesgáz kitöltéssel. Árnyékolást eredményező építészeti formálása nincsen.

Aktív rendszerek

Aktív energetikai intézkedések közül hőcserélő szellőztető berendezéssel és levegő-levegő hőszivattyúval rendelkezik az épület, azonban napkollektor-, napelem- és biotermikus energiát felhasználó rendszerei nincsenek.

3.3 Épületről felvett számítási modell

A vizsgálatokat először a meglévő épület adottságainak felvételével kezdtük el, amelynél törekedtünk a rendelkezésünkre álló információink tudatában a minél pontosabb és precízebb BIM modellt elkészíteni. A CAD alapú modellt még egy korábbi tantárgyam keretein belül kellett nekem és a csapattársaimnak elkészítenünk. Ennek köszönhetően rendelkezésünkre állt egy kiviteli terv szintű modell, ami alapján pontosan meg tudtuk határozni a szükséges méreteket, geometriákat és a határoló réteges szerkezeteket. (25. ábra)



25. ábra:
Demountable Office Building - saját modell³⁴

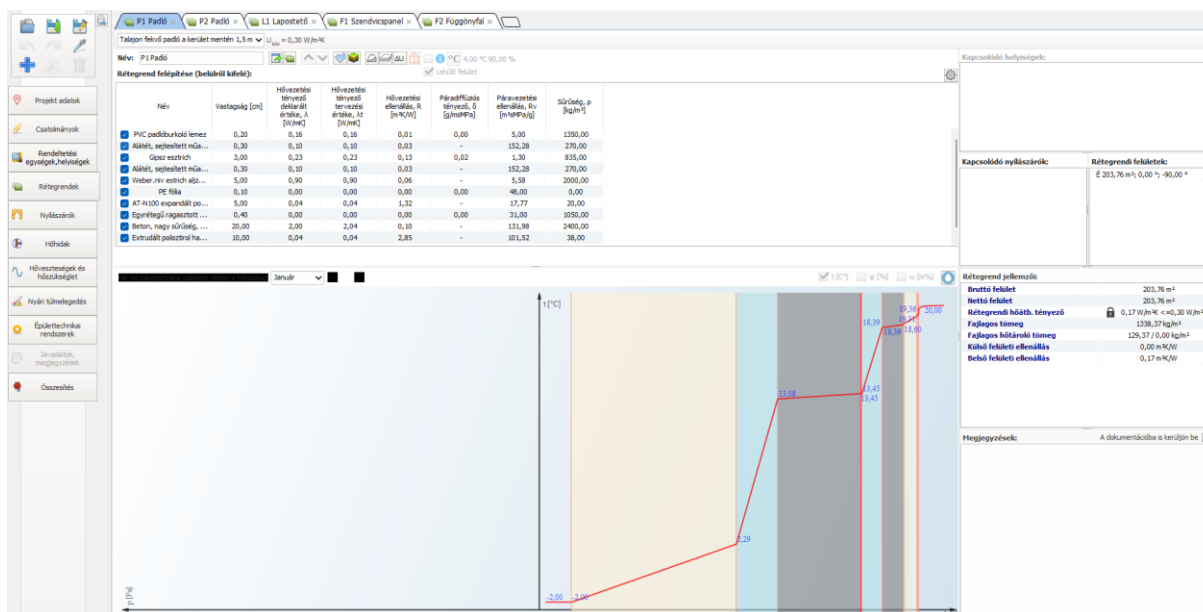
Az épület alapvetően Delftben található, azonban mi a magyarországi követelményeknek és jogszabályoknak megfelelően végeztük el a vizsgálatokat, mivel mint azt már korábban is említettük az AuriconEnergetic a magyar, TNM rendelet szerint megengedett számításokat használja, alkalmazza. Először a projekt adatokat vettük fel az épületről, ahol megadtuk az épület lokális elhelyezkedését, valamint a rendeltetés fül alatt az iroda funkciót választottuk. Az irodaházunk acélvázazas épület, fa LVL gerendás födémekkel, tehát az „Épület fajlagos hőtároló tömege” legördülő menüben a „Könnyűszerkezet, <400 kg/m²” értéket választottuk. Kiválasztott követelmény rendszernél beállítottuk a „Közel nulla” értéket, mivel az épületeknek meg kell felelnie a 7/2006 TNM rendelet 6. mellékletének, tehát az épületnek legalább “közel nulla energiaigényt” el kell érnie az energetikai besorolás során 2021. január 1-től számítva. (26. ábra)

³⁴ Forrás: Saját ábra

26. ábra:
Projekt adatok³⁵

A következő menüpontban felvettük az épület fűtött- és fűtetlen tereit határoló szerkezeteket. A számítási módszereinkben csak ezekkel a rétegrendekkel kell foglalkoznunk, hiszen a fűtött téren belüli réteges szerkezetek már nem játszanak szerepet az épület energetikájában. Az épületünk esetében alapvetően 5 különböző rétegrendet kellett beállítanunk. P1 Padló; P2 Padló; L1 Lapostető; F1 Szendvicspanel; F2 Függönyfal. A réteges szerkezetek felvételekor a program folyamatosan figyelmeztetett minket, ha esetleg a rétegrend hőátbocsátási tényezője (U értéke) nem felelt meg, vagy ha a szerkezetben páralecsapódás veszélye állt fenn. Az AuriconEnergetic program csak úgy tud függönyfal szerkezettel számolni, ha azt teljes felületű nyílászáróként vesszük fel egy már előre beállított réteges szerkezeten belül. Ennek következtében felvettünk egy „F2 Függönyfal” rétegrendet is, ami voltaképpen ugyanaz, mint az „F1 Szendvicspanel” rétegrendje, azonban ez nem befolyásolja a teljes értékű függönyfalat a számításaink során. (27. ábra)

³⁵ Forrás: Saját ábra



27. ábra:
Rétengrendek felvétele³⁶

A következő menüponton belül a nyílászárók felvételénél tápláltuk be az épületen található összes nyílászáró szerkezet paramétereit szintenként és tájolás szerint, beleértve a függönyfalakat is. A függönyfalak beállításán ötkamrás alumínium profilokat alkalmaztunk, az üvegezést pedig alumínium távtartók hozzáadásával oldottuk meg. Továbbá az üvegezés hőtechnikai és geometriai paraméteréhez két- majd háromrétegű üveget, nem látható hőszigetelő nemesfém bevonatot (Low-e), valamint argongázt (Ag) állítottunk be. (28. ábra)

A nyílászárók felvételénél fontos volt a függönyfalakat szintenként, rendeltetési egységenként és tájolásonként is felvenni, hiszen a minél pontosabb benapozás, a környező épületek árnyékmáskjai így válnak pontosabbá.

³⁶ Forrás: Sajat ábra

Nyílászárók jellemzői										
Név	Mennyiség	Típus / Kapcsolat	Tárgyak	U _{sz} [W/m²K]	U _{sz} [W/m²K]	Szélteszt [cm]	Magasság [cm]	Szélesség [cm]	Balány	Súlyárny.
1. Emelet_DK_Függönyfal	1	Homlokzati üvegfal, függönyfal	-	1,17	1,40	1811,00	315,00	0,60	1,00	1,00
1. Emelet_DNY_Függönyfal	1	Homlokzati üvegfal, függönyfal	-	1,18	1,40	1100,00	315,00	0,60	1,00	1,00
1. Emelet_EK_Függönyfal	1	Homlokzati üvegfal, függönyfal	-	1,20	1,40	350,00	315,00	0,60	1,00	1,00
1. Emelet_ENY_Függönyfal	1	Homlokzati üvegfal, függönyfal	-	1,18	1,40	925,00	315,00	0,60	1,00	1,00
110/270 Bejárati ajtó	1	Homlokzati vagy fűtött és fűt...	-	0,45	1,45	110	270	-	-	-
1100/315 Főszint_DNY_Függönyfal	1	Homlokzati üvegfal, függönyfal	-	1,18	1,40	1100,00	315,00	0,60	1,00	1,00
115/270 Bejárati ajtó	1	Homlokzati vagy fűtött és fűt...	-	0,45	1,45	115	270	-	-	-
1811/315 Főszint_DK_Függönyfal	1	Homlokzati üvegfal, függönyfal	-	1,17	1,40	1811,00	315,00	0,60	1,00	1,00
2. Emelet_DK_Függönyfal	1	Homlokzati üvegfal, függönyfal	-	1,17	1,40	1811,00	315,00	0,60	1,00	1,00
2. Emelet_DNY_Függönyfal	1	Homlokzati üvegfal, függönyfal	-	1,18	1,40	1100,00	315,00	0,60	1,00	1,00
2. Emelet_EK_Függönyfal	1	Homlokzati üvegfal, függönyfal	-	1,20	1,40	350,00	315,00	0,60	1,00	1,00
2. Emelet_ENY_Függönyfal	1	Homlokzati üvegfal, függönyfal	-	1,18	1,40	925,00	315,00	0,60	1,00	1,00
3. Emelet_DK_Függönyfal	1	Homlokzati üvegfal, függönyfal	-	1,17	1,40	1811,00	315,00	0,60	1,00	1,00
3. Emelet_DNY_Függönyfal	1	Homlokzati üvegfal, függönyfal	-	1,18	1,40	1100,00	315,00	0,60	1,00	1,00
3. Emelet_EK_Függönyfal	1	Homlokzati üvegfal, függönyfal	-	1,20	1,40	350,00	315,00	0,60	1,00	1,00
3. Emelet_ENY_Függönyfal	1	Homlokzati üvegfal, függönyfal	-	1,18	1,40	925,00	315,00	0,60	1,00	1,00
350/315 Főszint_ENY_Függönyfal	1	Homlokzati üvegfal, függönyfal	-	1,18	1,40	925,00	315,00	0,60	1,00	1,00
41/210 Irodai ajtó	8	Homlokzati vagy fűtött és fűt...	-	0,45	1,45	41	210	-	-	-
925/315 Főszint_EK_Függönyfal	1	Homlokzati üvegfal, függönyfal	-	1,20	1,40	350,00	315,00	0,60	1,00	1,00

Q _{sz} sugárzási nyereség a teljes fűtési időnyire:	0,00	f _h	[kWh/a]	Q _{sz} sugárzási nyereség a db számításához:	0,00	f _h	[W]
Tomlóteteléből származó légszűrő növekedés							

Összesítés		Mennyiségek: Ék-É-Ény: - ajtó:		1 db
Összes nyílászáró - felület:		540,40 m²		
Sugárzási energiahozam:		491,14 m		
- a fűtési időnyire fajlagos hővesztésgényező számításához:		57134,26 kWh/a		
- a nyári túlméregedés kockázatának számításához:		0,00 W		
- egyensúlyi hőmérséklet-különbség számításához:		0,00 W		
- indirekt sugárzási nyereség a fűtési időnyire:		0,00 kWh/a		
- indirekt sugárzási nyereség a db számításához:		0,00 W		
Az üvegezett és a névelges méret aránya:		0,82		
Átlagos hőátbocsátási tényező:		1,18 W/m²K		
			Benapozás vizsgálatok számítása	

28. ábra:
Nyílászárók felvétele³⁷

A hőhidak menüpont alatt felvettük az épületünkre vonatkozó lapostető, valamint külső határoló falszerkezetek hőhidainak hosszát. Ez esetben az egyszerűsített módszerrel számoltunk, amikor is a hőhidak lineáris hosszát kellett megadni méterben (m), majd ebből a program kiszámolta, hogy a határoló szerkezeteink erősen-, közepesen vagy gyengén hőhidasak. (29. ábra)

Egyszerűsített módszer				Részletes módszer - Szabványos hőhidatípus		Részletes módszer - Kétdimenziós hőhidatípus		Részletes módszer - Kétdimenziós hőhidatípus	
Épülethatároló szerkezet típusa	X	Név	Kifejezés	Részletes módszer	Részletes módszer	Részletes módszer	Részletes módszer	Részletes módszer	Részletes módszer
Külső falak									
Külső oldali vagy szerkezeten belüli megosztófalak hőszigetelésével	0,00	Szigetelt külső falak	479,11	479,11	479,11	479,11	479,11	479,11	479,11
Egyéb (nem szigetelt) külső falak	0,40	Csúszófalak	65	65	65	65	65	65	65
Lapostetők	0,15								
Szerkezeten belüli hőszigeteléssel	0,15								
Beépített tetőtérrel határoló szerkezetek	0,00								
Szerkezeten belüli hőszigeteléssel	0,00								
Padozór alatt falak	0,10								
Fűtött és fűtetlen terek közötti falak, fűtött padozór alatt határoló	0,05								
Árkádok	0,10								
Pincéföldmentek	0,20								
Szerkezeten belüli hőszigeteléssel	0,10								
Alul oldali hőszigeteléssel	0,10								

Válasszon az alábbi panelekre az egyes szerkezet típusok közötti váltáshoz!	
Szigetelt külső falak:	Szigetelt külső falak:
Hőhidak száma: 0,00 f _h	Hőhidak száma: 544,11 f _h
Összesítés: 0,00	Összesítés: 399,29
Lapostetők:	Beépített tetőtér:
Hőhidak száma: 64,92 f _h	Hőhidak száma: 0,00 f _h
Összesítés: 219,87	Összesítés: 0,00

29. ábra:
Hőhidak³⁸

³⁷ Forrás: Saját ábra

³⁸ Forrás: Saját ábra

A hőveszteségek és hőszükségletek opciónál a program az előzőekben megadott rétegrendek, valamint nyílászárók alapján számolja ki a transzmissziós³⁹ és filtrációs⁴⁰ hőveszteség értékeket. A transzmissziós hőveszteségeket a felvett rétegrendekből, a felvett nyílászárókból és a vonalmenti hőhidakból számolja ki. Ehhez számolja még hozzá a program a légcseréből származó filtrációs veszteségeket.

Ennél a menüpontnál a vizsgálatok során különböző mértékben változhatnak a hőátbocsátási tényezőhöz kapcsolódó rétegrendekre vonatkozó követelmények és a nyílászárókra vonatkozó követelmények megfelelése, valamint a fajlagos hőveszteségtényezőre vonatkozó megfelelés is változik az egyes beállítási variációktól függően. A vizsgálat tekintetében számunkra az „egyensúlyi hőmérséklet-különbség Δt_b ”, az „éves fűtési hőfokhíd (H)”, a „fűtési idény hossza (Zf), és a „fűtési energiaigény (Qf) változásai számottevő. (30. ábra)

Projekt adatok

Csatolmányok

Rendeltetés egységek helyiségek

Rétegrendek

Nyílászárók

Hőhidak

Hővesztések és hőszükséglet

Nyár túmelegedés

Épülettechnikai rendszerek

Javaslatok, megjegyzések

Összesítés

Transzmissziós és filtrációs hővesztések

Hőszükséglet számítás

Transzmissziós és filtrációs hővesztések energetikai számításához

Megnevezés	U [W/m²K]	μ	X	UR [W/m²K]/ ψ [W/mK]	Felület [m²], hossz [m]	Hővesztések [W/K]
Transzmissziós veszteségek	-	-	-	-	-	829,71
Rétegrendek	-	-	-	-	-	87,26
Nyílászárók	-	-	-	-	-	637,45
Vonalmenti hőhidak	-	-	-	-	-	105,00
Filtrációs veszteségek	-	-	-	-	-	64,61
Tömletességéből származó filtráció	-	-	-	-	-	0,00
Légcseréből származó filtráció	-	-	-	-	-	64,61

Hőátbocsátási tényezők:

- rétegrendekre vonatkozó követelmények: ✓

- nyílászárókra vonatkozó követelmények: ✓

Fűtési energiaigény:

- egyensúlyi hőmérséklet-különbség, Δt_b: 3,99 K

- éves fűtési hőfokhíd, H: 77643,52 hK

- fűtési idény hossza, Z_f: 5782,83 h

- fűtési energiaigény, Q_f: 8161,97 kWh/a

- fajlagos éves nettó fűtési energiaigény, q_f: 8,77 kWh/m²a

Fajlagos hővesztégtényező:

- követelmény (KNE): 0,16 W/m²K ✓

- számolt: 0,12 W/m²K

30. ábra:
Hőveszteségek és hőszükséglet⁴¹

A következőkben a megadott paramétereknek megfelelően az AuriconEnergetic nyári túlmelegedést számol az épületre. TDK dolgozatunkban elsősorban erre az értékre

³⁹ **Transzmissziós hőveszteség:** Ez az a hőenergia, ami a házból a falakon, ablakokon, ajtókon keresztül "elszivárognak", és a szobák helyett az utcát fűti.

Forrás: <http://www.cseresznye.net/termekeink/szellozteto-napkollektor-hoszivattyu-muszaki/napkollektor-hovisszanyero-szellozes-hoszivattyu-kisszotar.html#transzmissziós-hoveszteseg>

Letöltés dátuma: 2023.03.27.

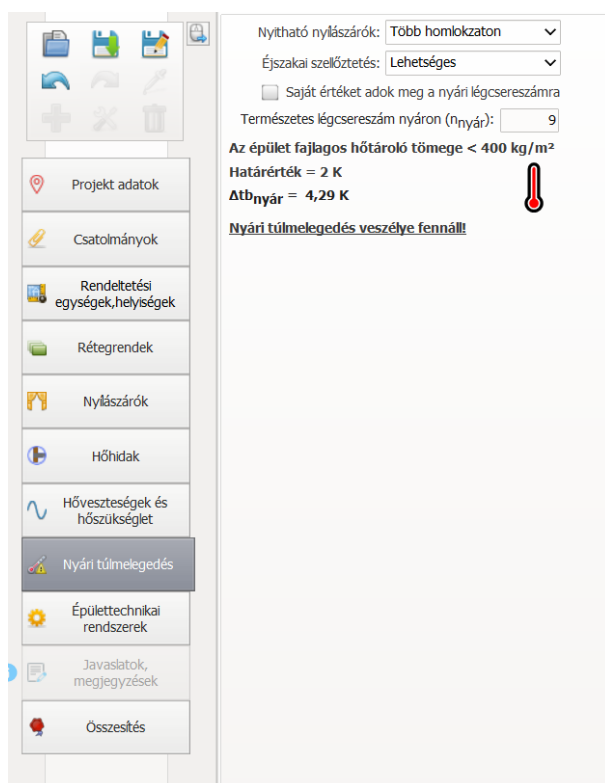
⁴⁰ **Filtrációs hőveszteség:** Ez az a hőenergia, ami azért "vész el" az épületből, mert a szándékos szellőztetés mellett az ajtók, ablakok és az épületszerkezet résein keresztül a levegő távozik, cserélődik.

Forrás: <http://www.cseresznye.net/termekeink/szellozteto-napkollektor-hoszivattyu-muszaki/napkollektor-hovisszanyero-szellozes-hoszivattyu-kisszotar.html#transzmissziós-hoveszteseg>

Letöltés dátuma: 2023.03.27.

⁴¹ Forrás: Saját ábra

koncentrálunk. Ezen a menüponton belül beállítottuk, hogy az épület több homlokzatán is található nyílászáró, valamint azt, hogy éjszakai szellőztetés megvalósítható az épületben. Ezekből, valamint a korábbiakban felvezetett beállítási paraméterekből állapítja meg a program, hogy a vizsgált épületnél nyári túlmelegedés veszélye fennáll-e. Ezt az eredményt az is jelentősen befolyásolja, hogy az épületünk könnyűszerkezetes, hiszen ez esetben a határérték 2 K. A kapott eredményünket $\Delta t_{b_{nyár}} = „x”$ K értékben kapjuk meg. Amennyiben egy épület nehéz épületszerkezetű, akkor a fajlagos hőtároló tömeg $\geq 400 \text{ kg/m}^2$ és ezekre az épületekre 3 K határérték vonatkozik. (31. ábra)



31. ábra:
Nyári túlmelegedés⁴²

Az épülettechnikai rendszerek opcionál voltaképpen a már korábban is említett és felsorolt aktív épületgépészeti rendszereket állítottuk be. (Lásd: 3.2.1) A számítási vizsgálataink keretein belül világítási rendszerrel nem számolunk, illetve a plusz megújuló energiaforrásokat ez esetben figyelmen kívül hagyjuk, hiszen az eredeti épület nem hasznosít megújuló energiaforrást a hőszivattyús- hővisszanyerős szellőztetési rendszeren és a passzív szoláris hőnyereségen kívül. (32. ábra)

⁴² Forrás: Saját ábra

Fűtési rendszerek közös adatai:

Saját értéket adok meg az épület légszorosaságára vonatkozóan: 0,80 fx

1. fűtési rendszer - 9,39 kWh/m²a

Kiszolgált alapterület [m²]: 930,40 fx

Fűtés típusa: Elektromos üzemű hősziv. Fűtőközeg hőmérséklete [°C]: 35/28 Hőforrás/fűtőközeg: Levegő/víz

Elosztóvezeték: Fűtött térer belül Beágyazott fűtőfelületek Méretezési hőátalépcsó

Szivattyú típusa: Szabályozott fordulatszám Hőátadásnál szükség van ventilátorra

Rendszer típusa: Vízfűtés, kétszemes radiátoros és beágyazott fűtés

Szabályozó típusa: Elektronikus szabályozó

☒ A fűtőszabályozás automatikával programozható

☐ Van hőátadás Hőátadó helye: Fűtött térer belül CO₂ emissziós faktor beállítása

Név	Érték
Q _h	0,70
Q _v	0,50
Q _z	0,00
Q _c	0,30
Q _{c,sus}	0,70
Q _g	1,00
Q _{g,sus}	2,50
E _{sz}	1,00
E _{sz}	0,77
E _z	0,00
Q _v	0,00
E _v	2,50
E _{c,sus}	0,10

Megjegyzések

A fűtés fajlagos méretezett helyi energiagigánya, E_f, méretezett, helyi: 3,76 kWh/m²a
 Az összes fűtésre fordított helyi megújuló energia, E_f, megújuló, helyi: 0,00 kWh/m²a
 Megújuló energia abszolút mennyisége, E_{f,sus}: 7,36 kWh/m²a
 A fűtés fajlagos helyi energiagigánya, (E_f, méretezett, helyi E_f, megújuló, helyi): 3,76 kWh/m²a
 A fűtés fajlagos primer energiagigánya, E_p: 9,39 kWh/m²a

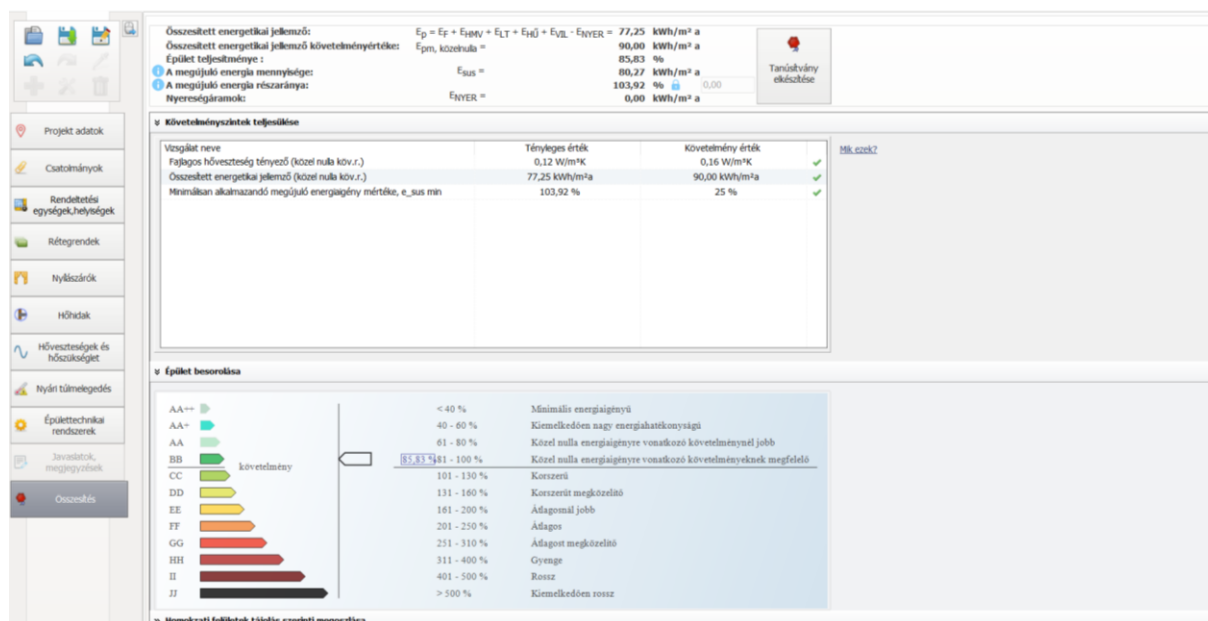
32. ábra:
Épülettechnikai rendszerek⁴³

Miután megadtuk az összes paraméter beállítását elvégeztük az összesítést. Az épület a számítási módszerek részletessége és a beállítási variációk alapján kap épületenergetikai besorolást. A követelményszintek teljesülése értelmében akkor felel meg az épületünk, ha a „Fajlagos hőveszteség tényező”, az „Összesített energetikai jellemző” és a „Minimálisan alkalmazandó megújuló energiaigény mértéke, $e_{\text{sus min}}$ ” -nek is egyöntetűen megfelelünk.

A megújuló energia részarány a korszerű hőszivattyús rendszernek és a nagy mértékű benapozásnak köszönhetően minden eshetőségben megfelel a 25 % megújuló energia követelményértéknek.

Esettanulmányunk keretein belül ezek az összesített eredmények fognak szintén mértékadó adatként szolgálni az összehasonlításhoz, valamint a következtetések levonásához. (33. ábra)

⁴³ Forrás: Saját ábra

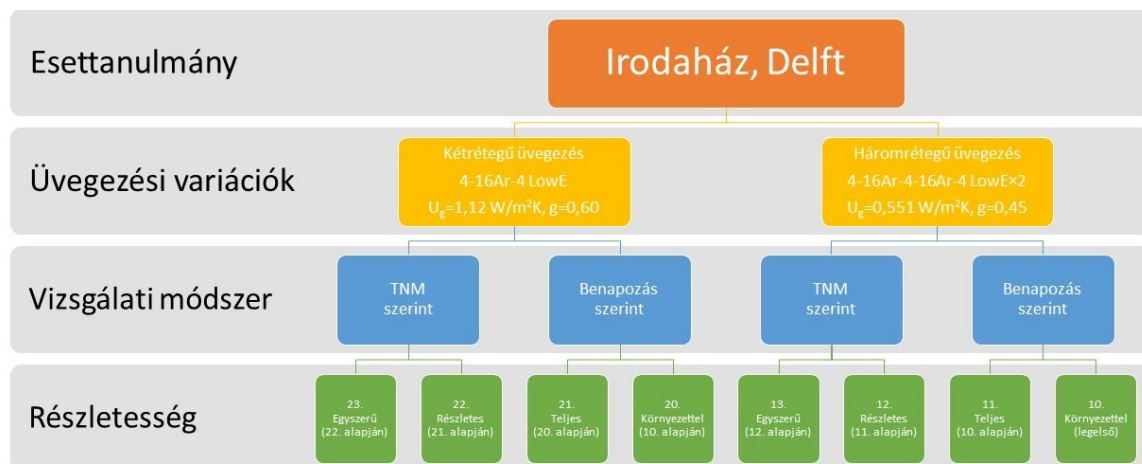


33. ábra:
Összesítés⁴⁴

⁴⁴ Forrás: Saját ábra

4 SZÁMÍTÁSI LÉPÉSEK

4.1 Számítás vizsgálati módszer részletessége szerint



34. ábra:
Számítás vizsgálati módszer részletezettsége szerint⁴⁵

4.1.1 Kétrétegű üvegezés, részletezettség szerint

Számításaink során először az üvegezés rétegfelépítése alapján vizsgáltuk meg az épületet kétrétegű üvegezést használva egyszerű (23), részletes (22), benapozás szerint a környezet nélkül (21) és benapozás szerint a környező épületekkel (20). Ezeket az értékeket tartalmazza az 1. táblázat kiemelve.

A kétrétegű üvegezésnél látható, hogy még a legjobb Low-E bevonattal is az üvegezés hőátbocsátási tényezője $1,12 \text{ W/m}^2\text{K}$, mely nem felel meg a TNM rendeletben előírt szabályozásnak az üvegezések tekintetében, azonban fém keretszerkezetű homlokzati nyílások esetén engedélyezett az $1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$ hőátbocsátási tényező⁴⁶ is. Vizsgálatunkban ezért érdemes ezt is vizsgálni.

Jelentős változást mutat a „fűtési idényre fajlagos hőveszteség tényező számításához” értéke az egyszerűsített módszerhez (23) képest a legrészletesebb (20). Az „egyensúlyi hőmérsékletkülönbség” is növekszik, mivel az egyszerűsítetttnél csak északnak veszi az összes homlokzatot a program és így nincsen olyan nagymértékű energiahozam. A „fűtési idény

⁴⁵ Forrás: Horváth Tamás

⁴⁶ 5. melléklet a 7/2006. (IV. 24.) TNM rendelethez - 1. táblázat: A hőátbocsátási tényező követelményértékei

hossza” fokozatosan csökken, minél részletesebben számítjuk, mivel plusz hőnyereség lép fel a fentebb említett okok miatt.

A „nyári túlmelegedés kockázata” csökken a részletesebb számítás felé haladva, hiszen itt már a környező épületek árnyékmáskjaival is számol a program, ami csökkenti a túlmelegedést. Szintén csökken a „fajlagos hővezetési tényező” és az „összesített energetikai jellemző” értéke is, mely szintén a fentebb említett okokra vezethető vissza. Az épület pedig a kezdeti egyszerű számításon kívül BB besorolást kap, mely megfelel a közel nulla energiaigényre vonatkozó követelményeknek, azonban probléma továbbra is a fennálló nyári túlmelegedés kockázata, mely a 2 K megengedett értékhez képest még a környező épületeket figyelembe véve (20) is magas, 3,88 K értékű. (1. táblázat) (1. melléklet)

1. táblázat:
Számítási eredmények – lila: kétrétegű üvegezés, árnyékolás nélkül⁴⁷

Számítás vizsgálati módszer részletessége szerint									
Vizsgált adatok	Mértékegységek	Háromrétegű üvegezés				Kétrétegű üvegezés			
		10 (környezettel)	11 (teljes)	12 (részletes)	13 (egyszerű)	20 (környezettel)	21 (teljes)	22 (részletes)	23 (egyszerű)
Hőátbocsátási tényezők									
Sugárzásátbocsátási tényező (g)		0,45				0,6			
Üvegezés hőátbocsátási tényezője	W/m²K	0,55	0,55	0,55	0,55	1,12	1,12	1,12	1,12
Átlagos hőátbocsátási tényező	W/m²K	0,71	0,71	0,71	0,84	1,19	1,18	1,19	1,31
Sugárzási energiahozzamok									
Fűtési idényre fajlagos hővesztésgtényező számításához	kWh/a	26833,04	26833,04	34264,64	13355,79	34530,59	28567,13	34264,64	13355,79
A nyári túlmelegedés kockázatának számításához	W	31985,1	31985,1	36050,66	3650,66	31985,1	31985,1	36050,66	36050,66
Egyensúlyi hőmérséklet-különbség számításához	W	8125,37	8125,37	8415,1	0	8125,37	8125,37	8415,1	0
Direkt sugárzási nyereség	kWh/a	19800,48	19800,48	25018,1	11456,39	26896,05	22242,98	26517,11	11522,67
Hővesztesség, hőszükséglet									
Egyensúlyi hőmérséklet-különbség	K	10,22	10,22	10,43	4,35	8,94	8,95	9,12	3,99
Éves fűtési hőfokhid	hK	66412,25	66412,25	65712,91	77200,6	70101,45	70075,91	69650,22	77647,27
Fűtési idény hossza	h	3753,48	3753,48	3692,6	5658,15	4126,77	4123,09	4075,25	5784,08
Fűtési energiaigény	kWh/a	2941,6	2982,39	0	10763,19	10892,64	15372,03	11109,6	26383,3
Hűtési idény hossza	h	596,2	596,2	726,34	726,34	571,58	571,86	690,95	690,95
Hűtési energiaigény	kWh/a	22952,54	22952,54	30915,36	30915,36	22004,81	22015,58	29409,36	29409,36
Gépészeti energiaigények									
Fűtési energiaigény	kWh/m²a	5,18	5,22	2,81	11,49	11,59	15,2	11,77	24,08
Szellőzési energiaigény	kWh/m²a	23,55	23,55	23,57	23,11	23,46	23,47	23,48	23,08
Hűtési energiaigény	kWh/m²a	20,56	20,56	27,69	27,69	19,71	19,72	26,34	26,34
Épasszív	kWh/m²a	67,71	67,75	72,49	80,71	73,19	76,81	80,01	91,92
Követelmények									
Nyári túlmelegedés értéke	K	3,98	3,98	4,4	4,4	3,88	3,88	4,29	4,29
Fajlagos hővesztésgtényező	W/m²K	0,07	0,07	0,04	0,14	0,12	0,15	0,12	0,22
Összesített energetikai jellemző	kWh/m²a	67,71	67,75	72,49	80,71	73,19	76,81	80,01	91,92
Megújuló energiaarány	%	90,43	90,35	104,12	76,13	102,1	93,54	103,2	78,42
Épület besorolása		BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	CC

4.1.2 Háromrétegű üvegezés, részletezettség szerint

Számításaink során másodszor háromrétegű üvegezést használva vizsgáltuk az épületet egyszerű (13), részletes (12), benapozás szerint a környezet nélkül (11) és benapozás szerint a környező épületekkel (10). Ezeket az értékeket tartalmazza az 2. táblázat kiemelve.

Az előző számítási sorhoz, a kétrétegű üvegezéshez képest láthatjuk az adatokon, hogy az üvegezés hőátbocsátó képessége 0,55 W/m²K-re csökkent, amellyel így már minden

⁴⁷ Forrás: Saját ábra

körülmények között megfelel a TNM rendeletben előírt, üvegezésekre vonatkozó $1 \text{ W/m}^2\text{K}$ értéknek⁴⁸.

A számítás során az egyre részletesebb számítás felé haladva hasonlóan alakulnak a számok, mint a 4.1.1. fejezetben bemutatott két rétegű üvegezések esetén, így itt inkább a két üvegezés közötti összehasonlításra szeretnénk kitérni.

Mivel az „üvegezés hőátbocsátási tényezője” majdnem a felére csökkent, így az „átlagos hőátbocsátási tényező” is kisebb lett. Látható a 2. táblázatból, hogy „fűtési idényre fajlagos hőveszteségtényező számításához” érték az egyszerű (23 és 13) és a részletes (22 és 12) értéknél még nem változott, ott még nem veszi a program figyelembe, csak a benapozás vizsgálatokat is figyelembe vevő számítások esetén változik az érték, még hozzá csökken. A „nyári túlmelegedés kockázatának számításához” és az „egyensúlyi hőmérséklet-különbség számításához” értékek számításához nem veszi figyelembe a program az üvegezések számát, így mindegyik érték megegyező. A „direkt sugárzási nyereség” értékei csökkennek, mivel a három rétegen keresztül a napsugarak kevésbé tudnak a beltérbe jutni, mely a kétrétegű Low-E bevonatnak is köszönhető. Az „egyensúlyi hőmérséklet-különbség”, az „éves fűtési hőfokhíd” és a „fűtési idény hossza” szintén csökken, mely a hőszigetelő képesség növekedéséhez vezethető vissza. A „fűtési energiaigény” értéke pedig nagyságrendekkel kisebb lett a három rétegű üvegezések esetén. A „hűtési idény hossza” csökkent az egyre részletesebb számításokkal, tehát ahogy figyelembe vesszük a környező épületeket is, úgy azok árnyéka csökkent a beeső napsugárzást, viszont a háromrétegű üvegezés használatával magasabb értékeket mutat, mivel annak hőszigetelő képessége jobb. A „hűtési energiaigény” is hasonlóan változik a „hűtési idény hosszához”, ugyanazon okok miatt.

A gépészeti energiaigények közül jelentős csökkenés látható a „fűtési energiaigény” esetén, viszont a „szellőztetési energiaigény” és „hűtési energiaigény” esetén kevésbé jelentős mértékű csökkenés tapasztalható.

A „nyári túlmelegedés értéke” növekedett a kétrétegű üvegezésekhez képest, mely az üvegrétegek számának növekedésével magyarázható, hiszen a sugarak nehezebben tudnak távozni a beltérből több réteg esetén (lásd: 1. fejezet, üvegházhatás). A „fajlagos hőveszteségtényező” és az „összesített energetikai jellemző” is csökkentett értékeket mutatnak, mely jobb körülményeket jelent az épületben. Azonban érdemes mérlegelni, hogy hiába kisebb az „összesített energetikai jellemző”, ha a „nyári túlmelegedés értéke” nő. Az épület besorolása így is BB, azonban így már az egyszerűsített számítás (13) esetén is ezt a besorolást kapja, tehát

⁴⁸ 5. melléklet a 7/2006. (IV. 24.) TNM rendelethez - 1. táblázat: A hőátbocsátási tényező követelményértékei

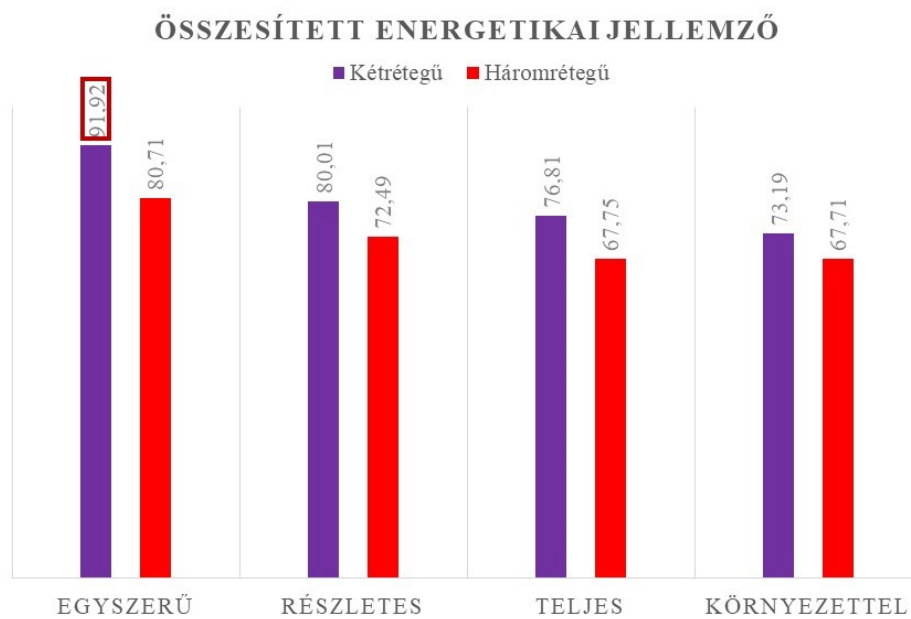
ha a program minden homlokzatot északnak vesz, még akkor is van annyi hőnyereség, mellyel javultak az értékei a kétrétegű üvegezéshez képest.

Mérlegelendő, hogy megéri-e ezt a csökkenést elérni a költségesebb üvegezés betervezésével, vagy megelégedni ezekkel a számokkal. Továbbá a jelentős nyári túlmelegedés miatt érdemes elgondolkodni árnyékoló szerkezet alkalmazásán, melyre több variációt vizsgálunk a következő fejezetekben. (2. táblázat) (35. ábra) (36. ábra) (1. melléklet)

2. táblázat:
Számítási eredmények – piros: háromrétegű üvegezés árnyékolás nélkül⁴⁹

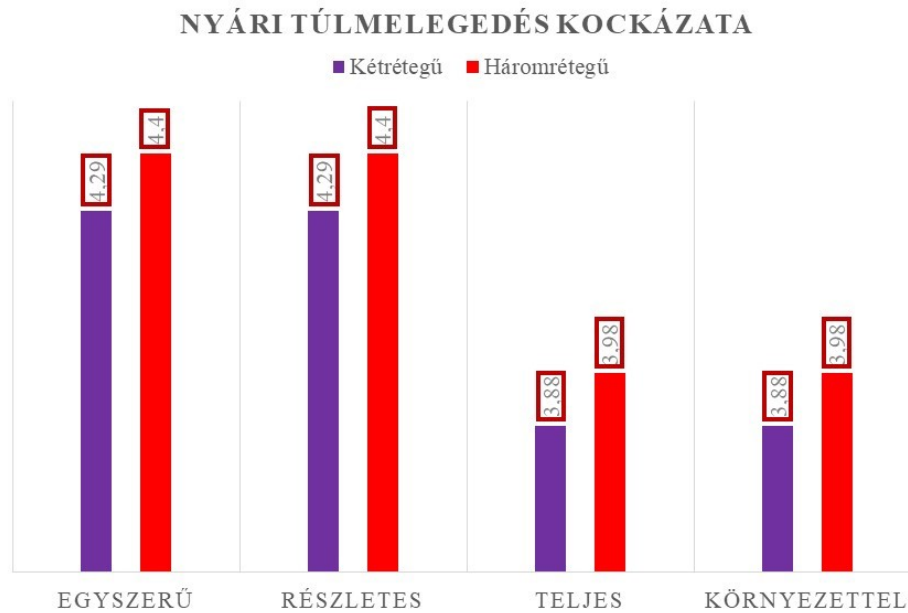
Számítás vizsgálati módszer részletessége szerint									
Vizsgált adatok	Mértékegységek	Háromrétegű üvegezés				Kétrétegű üvegezés			
		10 (környezettel)	11 (teljes)	12 (részletes)	13 (egyszerű)	20 (környezettel)	21 (teljes)	22 (részletes)	23 (egyszerű)
Hőátbocsátási tényezők									
Sugárzásátbocsátási tényező (g)		0,45				0,6			
Üvegezés hőátbocsátási tényezője	W/m²K	0,55	0,55	0,55	0,55	1,12	1,12	1,12	1,12
Átlagos hőátbocsátási tényező	W/m²K	0,71	0,71	0,71	0,84	1,19	1,18	1,19	1,31
Sugárzási energiahozamok									
Fűtési idényre fajlagos hővesztégtényező számításához	kWh/a	26833,04	26833,04	34264,64	13355,79	34530,59	28567,13	34264,64	13355,79
A nyári túlmelegedés kockázatának számításához	W	31985,1	31985,1	36050,66	3650,66	31985,1	31985,1	36050,66	36050,66
Egyensúlyi hőmérséklet-különbség számításához	W	8125,37	8125,37	8415,1	0	8125,37	8125,37	8415,1	0
Direkt sugárzási nyereség	kWh/a	19800,48	19800,48	25018,1	11456,39	26896,05	22242,98	26517,11	11522,67
Hővesztés, hőszükséglet									
Egyensúlyi hőmérséklet-különbség	K	10,22	10,22	10,43	4,35	8,94	8,95	9,12	3,99
Éves fűtési hőfokhid	hK	66412,25	66412,25	65712,91	77200,6	70101,45	70075,91	69650,22	77647,27
Fűtési idény hossza	h	3753,48	3753,48	3692,6	5658,15	4126,77	4123,09	4075,25	5784,08
Fűtési energiaigény	kWh/a	2941,6	2982,39	0	10763,19	10892,64	15372,03	11109,6	26383,3
Hűtési idény hossza	h	596,2	596,2	726,34	726,34	571,58	571,86	690,95	690,95
Hűtési energiaigény	kWh/a	22952,54	22952,54	30915,36	30915,36	22004,81	22015,58	29409,36	29409,36
Gépészeti energiaigények									
Fűtési energiaigény	kWh/m²a	5,18	5,22	2,81	11,49	11,59	15,2	11,77	24,08
Szellőztési energiaigény	kWh/m²a	23,55	23,55	23,57	23,11	23,46	23,47	23,48	23,08
Hűtési energiaigény	kWh/m²a	20,56	20,56	27,69	27,69	19,71	19,72	26,34	26,34
Epasszív	kWh/m²a	67,71	67,75	72,49	80,71	73,19	76,81	80,01	91,92
Követelmények									
Nyári túlmelegedés értéke	K	3,98	3,98	4,4	4,4	3,88	3,88	4,29	4,29
Fajlagos hővesztégtényező	W/m²K	0,07	0,07	0,04	0,14	0,12	0,15	0,12	0,22
Összesített energetikai jellemző	kWh/m²a	67,71	67,75	72,49	80,71	73,19	76,81	80,01	91,92
Megújuló energiaarány	%	90,43	90,35	104,12	76,13	102,1	93,54	103,2	78,42
Épület besorolása		BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	CC

⁴⁹ Forrás: Saját ábra



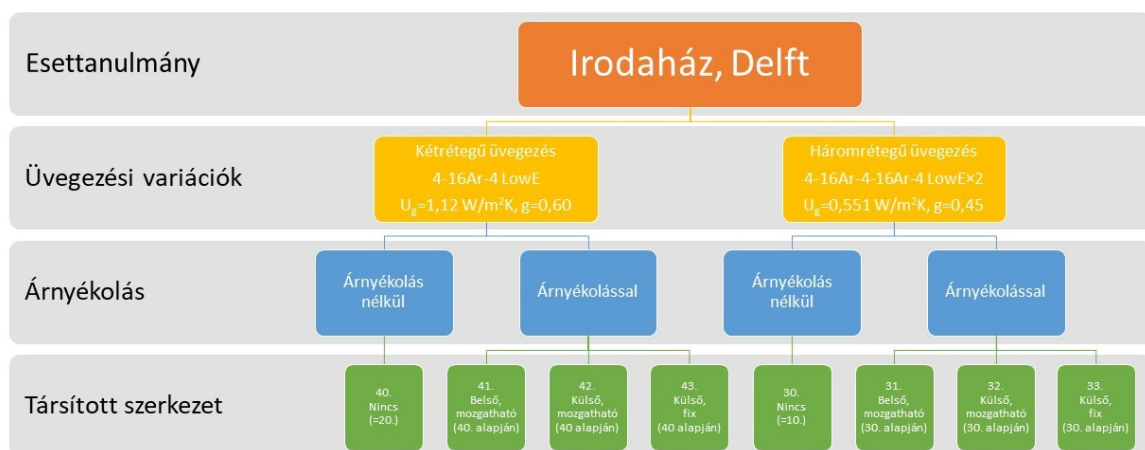
35. ábra:
Összesített energetikai jellemző részletezettség szerint⁵⁰

⁵⁰ Forrás: Saját ábra



36. ábra:
Nyári túlmelegedés kockázata részletezettség szerint⁵¹

4.2 Számítás társított szerkezet árnyékolása szerint



37. ábra:
Számítás árnyékolás szerint⁵²

⁵¹ Forrás: Saját ábra

⁵² Forrás: Horváth Tamás

4.2.1 Kétrétegű üvegezés, árnyékolással

Az alábbi vizsgálathoz a korábban már kielemezett legrészletesebb, kétrétegű üvegezéssel ellátott, árnyékolás nélkül beállított sémát használtuk fel (20), melynél 3 különböző eshetőséget vizsgáltunk. Az első beállításban megvizsgáltuk az épületet függőnyfal mögötti mozgatható relaxa árnyékolókkal (41), majd ezután következett a második beállítás, amikor a függőnyfalon kívülre helyeztünk el mozgatható zsaluziákat (42), majd a harmadik verzióban megvizsgáltuk függőnyfalon kívüli fix fémlamella árnyékolókkal (43). Ezeket az értékeket tartalmazza a 3. táblázat kiemelve. (3. táblázat)

A Low-E bevonattal ellátott kétrétegű üvegezés nem felel meg a TNM rendeletben előírt szabályozásoknak, mivel a hőátbocsátási tényezője $1,12 \text{ W/m}^2\text{K}$, azonban a fém keretszerkezetű homlokzati nyílászárók üvegezése esetében engedélyezett az $1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$ hőátbocsátási tényező.

A „fűtési idényre fajlagos hőveszteség tényező számításához” értéke esetében azt figyelhetjük meg, hogy a belső relaxa árnyékoló (41) és a külső zsaluzia árnyékoló (42) megegyezik számtanilag, azonban a külső fix fémlamella árnyékoló (43) esetében jelentősen lecsökken ez az érték. Ez elsősorban arra enged következtetni, hogy ennél az értéknél nem befolyásoló tényező az árnyékoló szerkezet külső, illetve belső oldali elhelyezése. Mivel a külső oldali fix fémlamella árnyékoló (43) fénybeeresztési szöge nem változtatható, ezért akkor is árnyékolja a homlokzati függőnyfalat, amikor éppen kedvező lenne, tehát a passzív szoláris hőnyereségét gátolja meg az épületnek még télen is.

A „nyári túlmelegedés kockázata számításához” értéke hasonlóan megoszlóan alakul. A belső oldali relaxa (41) esetében jelentősen nagyobb ez az érték a többihez képest, hiszen a napsugarak ekkor már áthaladtak az üvegezésen, tehát az üvegházhatás jelensége ki tud alakulni a belső térben, ezzel felmelegítve az épületet (lásd: 1. fejezet, üvegházhatás). A külső zsaluzia (42) alkalmazása esetében a legkevesebb a „nyári túlmelegedés kockázatának” értéke, hiszen ekkor mérsékelten jut a belső térbe a fény. Ennek az értéknek majdnem a duplája a külső oldali fix fémlamella árnyékoló (43), mivel fix ezért nem lehet annyira szabályozni a napfény bejutását, mint az állítható zsaluzia (42) esetében. A „fajlagos hőveszteség tényezőnél” szintén a külső oldali fix fémlamella árnyékoló (43) értéke a legrosszabb a vizsgálat tekintetében, a relaxa (41) és a zsaluzia (42) értéke pedig megegyezik. Az „összesített energetikai jellemzőre” vonatkozóan a zsaluzia (42) és a relaxa (41) értéke közel azonos, a fémlamella árnyékolóé (43) majdnem $10 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ -val nagyobb, mint a relaxa (41) esetében, ami a nagyobb fűtésigényre és a kevesebb passzív megújuló szoláris energia részarány hasznosításra vezethető vissza.

Mindennek következtében a reluxa (41) és a zsaluzia (42) egyöntetűen BB energetikai besorolást kaptak, mivel jobb a hőnyereség kihasználásuk, azonban a fix fémlamella árnyékoló (43) csak CC energetikai besorolást kapott, amivel már nem felel meg a korábban tárgyalt közel nulla energiaigényre vonatkozó követelményeknek (lásd: 2.1. fejezet, Épületenergetikai szabályozások). Annak ellenére, hogy a belső oldali reluxa (41) BB energetikai besorolást kapott, nyári túlmelegedés kockázata áll fenn az épületben 2,43 K értékkel, aminek határértéke 2 K, tehát összességében csak a külső zsaluzia (42) felelt meg minden követelménynek a három típusú árnyékoló szerkezet közül. (3. táblázat) (2. melléklet)

3. táblázat:
Számítási eredmények – lila: kétrétegű üvegezés árnyékolással⁵³

Számítás társított szerkezet árnyékolása szerint									
Vizsgált adatok	Mértékegységek	Háromrétegű üvegezés				Kétrétegű üvegezés			
		10 (árnyékolás nélkül)	31 (belső, mozgatható)	32 (külső, mozgatható)	33 (külső, fix)	20 (árnyékolás nélkül)	41 (belső, mozgatható)	42 (külső, mozgatható)	43 (külső, fix)
Hőátbocsátási tényezők									
Üvegezés sugárzásátbocsátási tényezője (g)		0,45				0,6			
Árnyékolás sugárzásátbocsátási tényezője télen (g téli)		1	1	1	0,2	1	1	1	0,2
Árnyékolás sugárzásátbocsátási tényezője nyáron (g nyári)		1	0,55	0,1	0,2	1	0,55	0,1	0,2
Üvegezés hőátbocsátási tényezője	W/m²K	0,55	0,55	0,55	0,55	1,12	1,12	1,12	1,12
Átlagos hőátbocsátási tényező	W/m²K	0,71	0,71	0,71	0,71	1,19	1,18	1,18	1,18
Sugárzási energiahozamok									
Fűtési időnyire fajlagos hővesztésgtényező számításához	kWh/a	26833,04	24765,93	24765,93	6430,67	34530,59	28567,13	28567,13	7114,72
A nyári túlmelegedés kockázatának számításához	W	31985,1	17591,81	3198,51	6397,02	31985,1	17591,81	3198,51	6397,02
Egyensúlyi hőmérséklet-különbség számításához	W	8125,37	8125,37	8125,37	1625,07	8125,37	8125,73	8125,37	1625,07
Direkt sugárzási nyereség	kWh/a	19800,48	18275,12	18275,12	5402,07	26896,05	22242,98	22242,98	6041,72
Hővesztesség, hőszükséglet									
Egyensúlyi hőmérséklet-különbség	K	10,22	10,22	10,22	5,52	8,94	8,95	8,95	4,98
Éves fűtési hőfokid	hK	66412,25	66412,25	66412,25	75604,35	70101,45	70075,92	70075,92	76426,81
Fűtési időny hossza	h	3753,48	3753,48	3753,48	5253,98	4126,77	4123,09	4123,09	5441,39
Fűtési energiaigény	kWh/a	2941,6	4466,96	4466,96	17293,26	10892,64	15372,03	15372,03	31906,2
Hűtési időny hossza	h	596,2	275,09	120,36	144,2	571,58	264,43	119,01	141,75
Hűtési energiaigény	kWh/a	22952,54	6631,02	1168,88	1861,54	22004,81	6373,9	1155,78	1829,93
Gépészeti energiaigények									
Fűtési energiaigény	kWh/m²a	5,18	6,41	6,41	16,75	11,59	15,2	15,2	28,53
Szellőzési energiaigény	kWh/m²a	23,55	23,55	23,55	23,2	23,46	23,47	23,47	23,16
Hűtési energiaigény	kWh/m²a	20,56	5,94	1,05	1,67	19,71	5,71	1,04	1,64
Épassziv	kWh/m²a	67,71	54,32	49,43	60,04	73,19	62,8	58,12	71,75
Követelmények									
Nyári túlmelegedés értéke	K	3,98	2,49	1,01	1,34	3,88	2,43	0,98	1,3
Fajlagos hővesztésgtényező	W/m²K	0,07	0,08	0,08	0,17	0,12	0,15	0,15	0,25
Összesített energetikai jellemző	kWh/m²a	67,71	54,32	49,43	60,04	73,19	62,8	58,12	71,75
Megújuló energiaarány	%	90,43	78,54	74,44	46,46	102,1	87,63	85,03	55,84
Épület besorolása		BB	BB	BB	CC	BB	BB	BB	CC

4.2.2 Háromrétegű üvegezés, árnyékolással

A következő számítás esetében ugyan azzal a 3 típusú árnyékoló szerkezettel (belső oldali reluxa: (31), külső oldali állítható zsaluzia: (32), külső oldali fix fém árnyékoló lamella: (33)), szintén a legrészletesebb beállításokkal vizsgáljuk az épületet, azzal a különbséggel, hogy most egy sokkal korszerűbb háromrétegű üvegezést veszünk alapul. A számításnál az alábbi táblázatban jelölt beállítási variáció felhasználásával dolgoztunk (10), melyet a pirossal jelölt árnyékolókkal (31, 32, 33) vizsgáltunk. (4. táblázat)

⁵³ Forrás: Saját ábra

A háromrétegű üvegezésnél megfigyelhető, hogy a legjobb Low-E bevonatból dupla réteget alkalmazva az üvegezés hőátbocsátási tényezője $0,55 \text{ W/m}^2\text{K}$, mely teljes mértékben megfelel a TNM rendeletben előírt szabályozásnak.

Mivel az üvegezés hőátbocsátási tényezője közel a felére csökkent, ezért az átlagos hőátbocsátás is kisebb lett. A táblázatból leolvasható, hogy a „fűtési idényre fajlagos hőveszteségtényező számításához” érték minimálisan csökkent az árnyékolás nélküli üvegezéshez képest (10). Ez a belső tér nagyobb arányú árnyékoltságának köszönhető. Ez esetben a fix fémlamellás árnyékolásnál (33) jelentősen kisebb a kapott érték a többi árnyékolóhoz (31, 32) képest. A „direkt sugárzási nyereség” értéke szintén csökkent kis mértékben, mivel az árnyékoló rendszerek (31, 32, 33) intenzívebben fogják fel az érkező napsugárzást, azonban ennek az értéknek a változása minimális, viszont kiugróan kevesebb szintén a fix fémlamellás árnyékolásnál (33). Az „egyensúlyi hőmérséklet-különbség”, az „éves fűtési hőfokhíd” és a „fűtési idény hossza” változatlan, de fele értéket mutat a fix fémlamellás rendszernél (33), mely a rendszer statikus jellemére vezethető vissza. A „fűtési energiaigény” értéke nőtt a háromrétegű árnyékolt üvegezések esetén az árnyékolatlan üvegfelületekhez képest, azonban jelentősen lecsökkent a kétrétegű üvegezett és árnyékolt szerkezetekhez képest (41, 42, 43).

A „nyári túlmelegedés értéke” kismértékben növekedett a kétrétegű árnyékolt üvegezéshez képest, azonban szemmel láthatóan jelentősen lecsökkent az értéke az árnyékolatlan beállításhoz képest, hiszen a sugarak kisebb mértékben tudnak bejutni a belső térbe az árnyékoló szerkezeteken keresztül, amellyel üvegházhatás alakulna ki. A „fajlagos hőveszteségtényező” és az „összesített energetikai jellemző” értékei szintén csökkenő tendenciát mutattak a kétrétegű üvegezéshez képest (41, 42, 43), mely pozitívan befolyásolja az épület aktív épületenergetikai rendszereit. Ennek ellenére érdemes mérlegelni, hogy hiába kisebb az „összesített energetikai jellemző”, ha a „nyári túlmelegedés értéke” minimálisan is, de nő a kétrétegű üvegezéshez képest. Fontos, hogy az „összesített energetikai jellemző” az árnyékolás nélküli szerkezetnél (41, 42, 43) magasabb, ami azt bizonyítja, hogy nagyobb energiafelhasználással kell lehűtenünk nyáron az épületet, mint amennyit télen nyerünk a passzív szoláris hőnyereségből, tehát az árnyékoló szerkezetek alkalmazásával energiát lehet megtakarítani éves szinten.

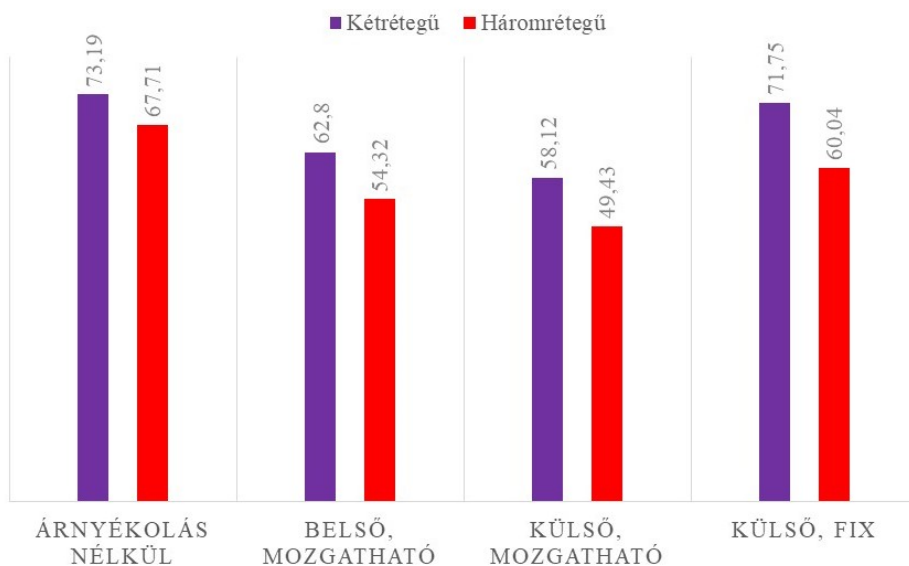
Az épület besorolása háromrétegű üvegezés esetén is azonos (31, 32, 33), mint kétrétegű üvegezés esetén (41, 42, 43), bár jelentősen javult az árnyékolatlan függönyfalakhoz képest. Belső oldali relaxa (31): BB, külső oldali állítható zsaluzia (32): BB, külső oldali fix fém

lamella árnyékoló (33): CC. Nyári túlmelegedésre szintén a belső oldali relaxa nem felelt meg 2,49 K értékkel. (4. táblázat) (38. ábra) (39. ábra) (2. melléklet)

4. táblázat:
Számítási eredmények – piros: háromrétegű üvegezés árnyékolással⁵⁴

Számítás társított szerkezet árnyékolása szerint									
Vizsgált adatok	Mértékegységek	Háromrétegű üvegezés				Kétrétegű üvegezés			
		10 (árnyékolás nélkül)	31 (belső, mozgatható)	32 (külső, mozgatható)	33 (külső, fix)	20 (árnyékolás nélkül)	41 (belső, mozgatható)	42 (külső, mozgatható)	43 (külső, fix)
Hőátbocsátási tényezők									
Üvegezés sugárzásátbocsátási tényezője (g)		0,45				0,6			
Árnyékolás sugárzásátbocsátási tényezője télen (g téli)		1	1	1	0,2	1	1	1	0,2
Árnyékolás sugárzásátbocsátási tényezője nyáron (g nyári)		1	0,55	0,1	0,2	1	0,55	0,1	0,2
Üvegezés hőátbocsátási tényezője	W/m²K	0,55	0,55	0,55	0,55	1,12	1,12	1,12	1,12
Átlagos hőátbocsátási tényező	W/m²K	0,71	0,71	0,71	0,71	1,19	1,18	1,18	1,18
Sugárzási energiahozamok									
Fűtési idényre fajlagos hővesztéstényező számításához	kWh/a	26833,04	24765,93	24765,93	6430,67	34530,59	28567,13	28567,13	7114,72
A nyári túlmelegedés kockázatának számításához	W	31985,1	17591,81	3198,51	6397,02	31985,1	17591,81	3198,51	6397,02
Egyensúlyi hőmérséklet-különbség számításához	W	8125,37	8125,37	8125,37	1625,07	8125,37	8125,73	8125,37	1625,07
Direkt sugárzási nyereség	kWh/a	19800,48	18275,12	18275,12	5402,07	26896,05	22242,98	22242,98	6041,72
Hővesztesség, hőszükséglet									
Egyensúlyi hőmérséklet-különbség	K	10,22	10,22	10,22	5,52	8,94	8,95	8,95	4,98
Éves fűtési hőfokhid	hK	66412,25	66412,25	66412,25	75604,35	70101,45	70075,92	70075,92	76426,81
Fűtési idény hossza	h	3753,48	3753,48	3753,48	5253,98	4126,77	4123,09	4123,09	5441,39
Fűtési energiaigény	kWh/a	2941,6	4466,96	4466,96	17293,26	10892,64	15372,03	15372,03	31906,2
Hűtési idény hossza	h	596,2	275,09	120,36	144,2	571,58	264,43	119,01	141,75
Hűtési energiaigény	kWh/a	22952,54	6631,02	1168,88	1861,54	22004,81	6373,9	1155,78	1829,93
Gépészeti energiaigények									
Fűtési energiaigény	kWh/m²a	5,18	6,41	6,41	16,75	11,59	15,2	15,2	28,53
Szellőzési energiaigény	kWh/m²a	23,55	23,55	23,55	23,2	23,46	23,47	23,47	23,16
Hűtési energiaigény	kWh/m²a	20,56	5,94	1,05	1,67	19,71	5,71	1,04	1,64
Epasszív	kWh/m²a	67,71	54,32	49,43	60,04	73,19	62,8	58,12	71,75
Követelmények									
Nyári túlmelegedés értéke	K	3,98	2,49	1,01	1,34	3,88	2,43	0,98	1,3
Fajlagos hővesztéstényező	W/m²K	0,07	0,08	0,08	0,17	0,12	0,15	0,15	0,25
Összesített energetikai jellemző	kWh/m²a	67,71	54,32	49,43	60,04	73,19	62,8	58,12	71,75
Megújuló energiaarány	%	90,43	78,54	74,44	46,46	102,1	87,63	85,03	55,84
Épület besorolása		BB	BB	BB	CC	BB	BB	BB	CC

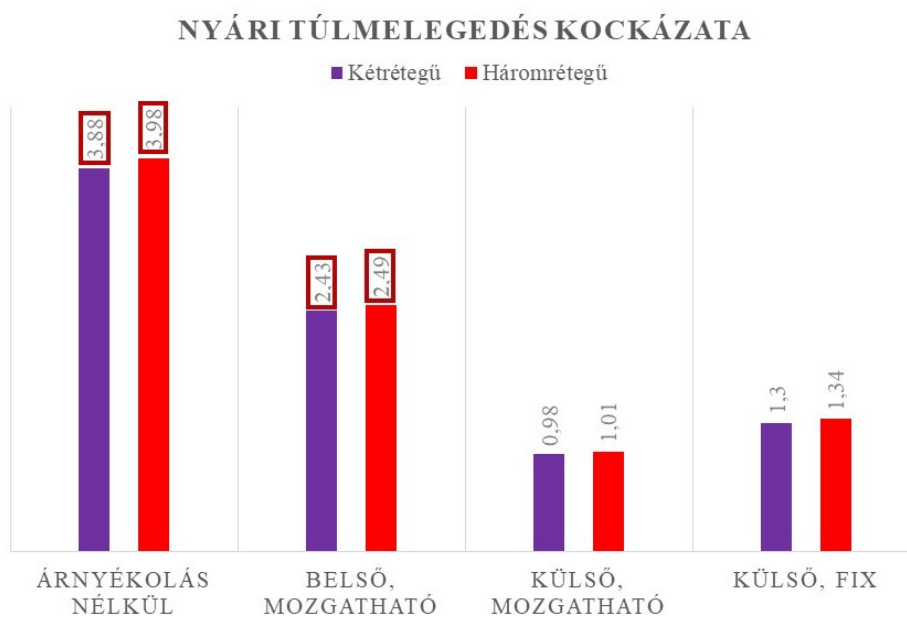
ÖSSZESÍTETT ENERGETIKAI JELLEMZŐ



38. ábra:
Összesített energetikai jellemző árnyékolás szerint⁵⁵

⁵⁴ Forrás: Saját ábra

⁵⁵ Forrás: Saját ábra



39. ábra:
Nyári túlmelegedés kockázata árnyékolás szerint⁵⁶

⁵⁶ Forrás: Saját ábra

5 KONKLÚZIÓ

Összességében azt a következtetést vonhatjuk le az elvégzett 14 darab számítási analízis eredményei alapján, hogy a vizsgált nagy felületen üvegezett Demountable Office Building eredeti állapotában bármilyen részletes számítást végeztünk és bármilyen típusú üvegezést is alkalmaztunk, végső soron nyári túlmelegedés veszélye minden esetben fenn állt. A nyári túlmelegedésen kívül az egyes számítási részletességek esetében további követelményeknek sem felelt meg az épület, mint például a kétrétegű üvegezés vonatkozásában az egyszerűsített módszernél.

Mindebből azt a következtetést tudtuk levonni, hogy a vizsgált épület esetében a függönyfal külső- vagy belső oldalán árnyékoló szerkezeteket kell alkalmaznunk, mint passzív épületenergetikai rendszer, melyekkel befolyásolni lehet a beérkező napsugarak mennyiségét a belső terekbe, ezzel kiküszöbölve az üvegházhatás jelenség kialakulásának esélyét, amivel csökkentjük a nyári túlmelegedés előfordulásának valószínűségét.

A vizsgálat során három típusú árnyékoló rendszert vizsgáltunk, melyek a leggyakrabban előforduló árnyékolási megoldások üvegezett épületek esetében. A függönyfal belső oldalán először relaxa árnyékolókat alkalmaztunk, majd megvizsgáltuk az épületet két függönyfalon kívüli árnyékoló rendszerrel is. Ezek a külső oldali állítható fém zsaluzia, illetve a külső oldali fix fémlamella árnyékoló. Mindhárom szerkezeti megoldás tekintetében megvizsgáltuk kétrétegű és háromrétegű üvegezéssel is a függönyfalat.

Az eredmények kiértékelésénél azt tapasztaltuk, hogy a végleges energetikai besoroláson mindegyik árnyékolási megoldás BB „Közel nulla energiaigényre vonatkozó követelményeknek megfelelő” besorolást kapott, kivéve a külső oldali fix fémlamella. Ennek az az oka, hogy a fix lamellák nem tudnak összehangoltan mozogni a benapozással, így akkor is gátolja a passzív szoláris hőnyereséget és árnyékolja a belső tereket, amikor az pozitívan befolyásolná az épület energetikáját.

A függönyfal belső oldalán elhelyezett relaxa árnyékoló esetében már BB „Közel nulla energiaigényre vonatkozó követelményeknek megfelelő” besorolást kapott az épület, azonban mivel az üvegezés belső oldalán helyezkedik el a szerkezet, a beeső napsugarak bejutnak a beltérbe, ezzel üvegházhatást kialakítva, tehát ez esetben nyári túlmelegedés veszélye áll fenn, az épület nem felel meg a követelményszinteknek.

Egyetlen árnyékolási variáció felelt meg teljesen a vonatkozó jogszabályoknak és követelményrendszereknek, amikor is a legrészletesebb módszerrel számoltunk, háromrétegű üvegezést alkalmaztunk, valamint külső oldali állítható fém zsaluziát használtunk fel. Ez

esetben ugyanis az épületünk BB „Közel nulla energiaigényre vonatkozó követelményeknek megfelelő” besorolást kapott, nyári túlmelegedés veszélye sem állt fenn, valamint a további követelményértékeknek is megfelelt az irodaház. Mindez azért következhetett be, mert az állítható fém zsaluzia a külső oldalon helyezkedik el, tehát az üvegezés benapozottságát kívülről képes befolyásolni, üvegházhatás jelensége nem alakul ki, valamint az állíthatóságából kifolyólag a belső tér igény szintjének megfelelően tudjuk szabályozni a passzív szoláris energianyereséget. Ez önmagában még nem garantálná az „éves fűtési hőfokhíd” megfelelését, azonban a háromrétegű üvegezés és a 2 réteg Low-E bevonat optimálisan befolyásolta ezt az értéket is, amivel már az összes követelményértéknek megfelelt a vizsgált épület.

A kutatást folytattuk tovább ebben a témában, 2023 novemberében került bevezetésre a 7/2006. (V. 24.) TNM rendelet helyett a 9/2023 (V.25.) ÉKM rendelet. A számításokat elvégeztük ennek megfelelően is, majd összehasonlítottuk a TNM rendelet alapján számított értékekkel.

ÖSSZEGZÉS

Dolgozatunkban egy manapság egyre divatosabbá és elterjedtebbé váló építészeti megformálás, a nagy felületen üvegezett épületek energetikai viselkedését vizsgáltuk. A látványos és impozáns megjelenés háttérében komoly számítások húzódnak, hiszen a túlzott nyári sugárzási hőnyereségek ronthatják a komfortérzetét a belső terekben tartózkodó embereknek.

Bemutattuk, hogy milyen út vezet ide, hogyan vált a nagy felületű üvegezés ennyire kedvelté napjainkra, ezután az aktív- és passzív energetikai rendszerek ismertetésével folytattuk, majd megvizsgáltuk, hogy ezek milyen formában és mekkora jelentőséggel szerepelnek az esettanulmányként vizsgált Demountable Office Buildingben.

Az esettanulmányként hozott irodaház magyarországi körülmények között vizsgáltuk a TNM 2023-ban érvényes előírásainak megfelelő körülmények között. Az épület fém keretszerkezetű függőnyfalainak köszönhetően a kétrétegű üvegezés is megfelel a TNM rendelet szerint, így két- és háromrétegű üvegezéssel is számoltunk. Árnyékoló szerkezet alkalmazása nélkül azonban nem felelt meg az épület az előírt értékeknek, nyári túlmelegedés kockázata minden esetben fent állt. Ezért volt szükséges árnyékoló szerkezet alkalmazásával is megvizsgálni az épületet, mely során a három különböző típusú árnyékoló közül a külső oldali mozgatható árnyékoló (zsaluzia) bizonyult minden tekintetben megfelelőnek.

Dolgozatunk eredményeként megállapítható, hogy az építészet jelenlegi elvárásai nem csak esztétikusak, hanem energetikailag is megfelelőek lehetnek, de csak a megfelelő társított árnyékoló szerkezet alkalmazásával.

JEGYZÉKEK

Ábrajegyzék

1. ábra: Szókratész napháza.....	4
2. ábra: Frank Lloyd Wright – Taliesin West.....	6
3. ábra: Mies van der Rohe – Farnsworth ház.....	6
4. ábra: Üvegházhatás folyamata	7
5. ábra: Fügőnyfal rendszer	8
6. ábra: Épületek követelményszintjei (balra), valamint az épülethatároló szerkezetek rétegtervi hőátbocsátási tényező követelményértékei (jobbra)	11
7. ábra: Az épületek energetikai tanúsítási rendszerének besorolásai.....	11
8. ábra: Napenergia hasznosítása tetőn.....	13
9. ábra: 38 cm vastag hőszigetelés homlokzaton	14
10. ábra: Geometriai hőhíd falsarkon.....	15
11. ábra: Minimális A/V arány lakások esetén.....	15
12. ábra: Trombe fal (balra) - szellőztethető Trombe fal (jobbra)	16
13. ábra: Napterek működése	16
14. ábra: Tömegfal működése különböző nap- és évszakokban	17
15. ábra: Trombe fal működése nyáron nappal (balra) és éjszaka (jobbra)	17
16. ábra: Trombe-fal működése télen nappal (balra) és éjszaka (jobbra)	18
17. ábra: Forgólamellás homlokzati árnyékoló	18
18. ábra: Háromrétegű korszerű ablaküveg felépítése	19
19. ábra: Hővisszanyerő és hőcserélő rendszer működési elve.....	21
20. ábra: Napkollektor.....	21
21. ábra: Hőszivattyú elvi ábrája.....	22
22. ábra: Biomassza erőmű látványterve.....	22
23. ábra: Napelempark	23
24. ábra: Demountable Office Building - Delft.....	25
25. ábra: Demountable Office Building - saját modell	27
26. ábra: Projek adatok.....	28
27. ábra: Rétegredek felvétele.....	29
28. ábra: Nyílászárók felvétele.....	30
29. ábra: Hőhidak	30
30. ábra: Hővesztések és hőszükséglet.....	31
31. ábra: Nyári túlmelegedés.....	32
32. ábra: Épülettechnikai rendszerek.....	33
33. ábra: Összesítés	34
34. ábra: Számítás vizsgálati módszer részletezettsége szerint.....	35
35. ábra: Összesített energetikai jellemző részletezettség szerint	39
36. ábra: Nyári túlmelegedés kockázata részletezettség szerint.....	40
37. ábra: Számítás árnyékolás szerint	40
38. ábra: Összesített energetikai jellemző árnyékolás szerint	44
39. ábra: Nyári túlmelegedés kockázata árnyékolás szerint.....	45

Táblázatjegyzék

1. táblázat: Számítási eredmények – lila: kétrétegű üvegezés, árnyékolás nélkül	36
2. táblázat: Számítási eredmények – piros: háromrétegű üvegezés árnyékolás nélkül	38
3. táblázat: Számítási eredmények – lila: kétrétegű üvegezés árnyékolással	42
4. táblázat: Számítási eredmények – piros: háromrétegű üvegezés árnyékolással.....	44

FELHASZNÁLT IRODALOM

Baumann Mihály – Dr. Csoknyai Tamás – Dr. Kalmár Ferenc – Dr. Magyar Zoltán – Dr. Majoros András – Dr. Osztroluczky Miklós – Szalay Zsuzsa – Prof. Zöld András: Épületenergetika segédlet, PTE Pollack Mihály Műszaki Kar, Pécs, ISBN: 978-963-7298-31-8, 2009, 320 p.

Prof. Zöld András – Szalay Zsuzsa – Dr. Csoknyai Tamás: Energiatudatos építészet 2.0, TERC Kereskedelmi és Szolgáltató Kft., Budapest, ISBN 978 615 5445 34 7, 2016, 309 p.

Reith András: Üveg az építészetben, TERC Kereskedelmi és Szolgáltató Kft., Budapest, ISBN 978 963 9535 12 1, 2012, 220 p.

TERC Kft., Alumínium függönyfalak, üvegtetők, TERC Kereskedelmi és Szolgáltató Kft., Budapest, ISBN 978 963 9535 73 2, 2010, 216 p.

Reis F, Várfalvi J, Zöld A: Az épületfizika alapjai építészmérnök hallgatók számára. Műegyetemi Kiadó, Budapest, 2007

Dr. Széll Mária: Transzparens épületszerkezetek, Szerényi és Gázsó Bt., Pécs, ISBN 963 00 7645 4, 2001, 19 p.

Horváth Tamás: Épületenergetikai szabályozásunk körvonalai és előzményei, Magyar Építőipar, Vol. 67, 2017, pp. 156-165.

Nagy Balázs: Passzív napenergia-hasznosítás - energiagyűjtő falak, Megtérülő épületenergetika, No. 2 (3), 2015a, pp. 31-34.

Nagy Balázs: Passzív napenergia- hasznosítás - Napterek, Megtérülő épületenergetika, No. 2 (5), 2015b, pp. 30-34.

Kozmáné Szirtesi Krisztina: Passzívház fűtési energiaigényének fedezése sugárzási hőnyereséggel, Miskolci Egyetem, Multidiszciplináris tudományok, Vol. 1, No. 1, 2011, pp. 259-266.

Horváth Tamás (2022a): Épületenergetika: Épületek energetikai vizsgálata és tanúsítása. Előadás: Kurzus tananyag. Széchenyi István Egyetem. Győr, 2022. október 2.

Horváth Tamás (2020): Passzívház I. A koncepció. Előadás: Kurzus tananyag. Széchenyi István Egyetem. Győr, 2020. március 6.

Horváth Tamás (2022b): Szolárház, benapozás vizsgálat. Előadás: Kurzus tananyag. Széchenyi István Egyetem. Győr, 2022. április 28.

Petrikó László (2019a): Központi fűtési-és hűtési rendszerek Hőtermelők/ Hőszivattyúk. Előadás: Kurzus tananyag. Széchenyi István Egyetem. Győr, 2019. március 27.

Petrikó László (2019b): Hővisszanyerős szellőztető berendezések. Előadás: Kurzus tananyag. Széchenyi István Egyetem. Győr, 2019. március 27.

Petrikó László (2019c): Széchenyi István Egyetemnapelemes kiserőmű. Előadás: Kurzus tananyag. Széchenyi István Egyetem. Győr, 2019. április 10.

<https://www.arcanum.com/hu/online-kiadvanyok/Lexikonok-a-pallas-nagy-lexikona-2/k-E039/kristalypalota-FCED/>

(Letöltve: 2023.03.03)

https://4444k.blog.hu/2018/09/16/a_londoni_kristalypalota

(Letöltve: 2023.03.03)

https://rizsporoshetkoznapiok.blog.hu/2018/01/19/hogyan_uztuk_el_a_hideget_a

(Letöltve: 2023.03.03)

https://www.nkp.hu/tankonyv/tortenelem_5_sni/lecke_02_007

(Letöltve: 2023.03.03)

<https://hu.khanacademy.org/humanities/kozepiskolai-tortenelem/x3c94c9499459dcd5:okor/x3c94c9499459dcd5:romai-koztarsasagbol-romai-birodalom/a/roman-empire>

(Letöltve: 2023.03.03)

<https://renvisegrad.hu/blog/nem-lehetett-egyszeru-egy-kemenyebb-tel-a-kozepkorban/>

(Letöltve: 2023.03.03)

<https://doksi.net/hu/get.php?lid=19780>

(Letöltve: 2023.03.10)

<https://faga.hu/energetikai-kovetelmenyek>

(Letöltve: 2023.02.12)

http://www.sze.hu/~mgergo/EnergiatudatosEpulettervezes/02_KORABBI_HALLGATOI_MUNKAK/2013/Horak_Mate_dokumentum.pdf

(Letöltve: 2023.03.03)

http://epa.oszk.hu/02900/02952/00039/pdf/EPA02952_orzagepito_2000_01-02_18-20.pdf

(Letöltve: 2023.03.03)

http://www.sze.hu/ep/arc/ymmf/01A_szolarepiteszet_alapjai.pdf

(Letöltve: 2023.02.21)

<http://www.ablakgyogysz.hu/mi-a-low-e-hoszigetelo-uveg/>

(Letöltve: 2023.03.20)

<https://www.ceglass.eu/hu/hoszigeteles>

(Letöltve: 2023.03.22)

<https://www.archdaily.com/936389/building-d-amountable-architectenbureau-cepezed>

(Letöltve: 2023.03.22)

<http://www.biomasszaeromuvek.hu/biomassza>

(Letöltve: 2023.03.24)

<https://franklloydwright.org/living-with-nature-passive-energy-techniques/>

(Letöltve: 2023.03.24)

https://hu.swewe.net/word_show.htm/?1399292_1&Venturi_hat%C3%A1s

(Letöltve: 2023.03.24)

MELLÉKLETEK

- 1. melléklet: Számítás vizsgálati módszer részletessége szerint.....36, 38**
- 2. melléklet: Számítás társított szerkezet árnyékolása szerint.....41, 43**

1. melléklet: Számítás vizsgálati módszer részletessége szerint

Forrás: Saját ábra

Számítás vizsgálati módszer részletessége szerint									
Vizsgált adatok		Háromrétegű üvegezés				Kétretegű üvegezés			
Mértékegységek	10	11 (teljes)	12 (részletes)	13 (egyszerű)	20	21 (teljes)	22 (részletes)	23 (egyszerű)	
Hőátbocsátási tényező	(környezettel)				(környezettel)				
Sugárzásátbocsátási tényező (g)		0,45				0,6			
Üvegezés hőátbocsátási tényezője	W/m²K	0,55	0,55	0,55	0,55	1,12	1,12	1,12	1,12
Átlagos hőátbocsátási tényező	W/m²K	0,71	0,71	0,71	0,84	1,19	1,18	1,19	1,31
Sugárzási energiahozamok									
Fűtési időnyre fajlagos hővesztésgtényező számításához	kWh/a	26833,04	26833,04	34264,64	13355,79	34530,59	28567,13	34264,64	13355,79
A nyári túlmelegedés kockázatának számításához	W	31985,1	31985,1	36050,66	3650,66	31985,1	31985,1	36050,66	36050,66
Egyensúlyi hőmérséklet-különbség számításához	W	8125,37	8125,37	8415,1	0	8125,37	8125,37	8415,1	0
Direkt sugárzási nyereség	kWh/a	19800,48	19800,48	25018,1	11456,39	26896,05	22242,98	26517,11	11522,67
Hővesztesség, hőszükséglet									
Egyensúlyi hőmérséklet-különbség	K	10,22	10,22	10,43	4,35	8,94	8,95	9,12	3,99
Eves fűtési hőfokhíd	hK	66412,25	66412,25	65712,91	77200,6	70101,45	70075,91	69650,22	77647,27
Fűtési időny hossza	h	3753,48	3753,48	3692,6	5658,15	4126,77	4123,09	4075,25	5784,08
Fűtési energiateljesítmény	kWh/a	2941,6	2982,39	0	10763,19	10892,64	15372,03	11109,6	26383,3
Hűtési időny hossza	h	596,2	596,2	726,34	726,34	571,58	571,86	690,95	690,95
Hűtési energiateljesítmény	kWh/a	22952,54	22952,54	30915,36	30915,36	22004,81	22015,58	29409,36	29409,36
Gépészeti energiateljesítmények									
Fűtési energiateljesítmény	kWh/m²a	5,18	5,22	2,81	11,49	11,59	15,2	11,77	24,08
Szellőztetési energiateljesítmény	kWh/m²a	23,55	23,55	23,57	23,11	23,46	23,47	23,48	23,08
Hűtési energiateljesítmény	kWh/m²a	20,56	20,56	27,69	27,69	19,71	19,72	26,34	26,34
Épesszív	kWh/m²a	67,71	67,75	72,49	80,71	73,19	76,81	80,01	91,92
Követelmények									
Nyári túlmelegedés értéke	K	3,98	3,98	4,4	4,4	3,88	3,88	4,29	4,29
Fajlagos hővesztésgtényező	W/m³K	0,07	0,07	0,04	0,14	0,12	0,15	0,12	0,22
Összesített energetikai jellemző	kWh/m²a	67,71	67,75	72,49	80,71	73,19	76,81	80,01	91,92
Megújuló energiateljesítmény	%	90,43	90,35	104,12	76,13	102,1	93,54	103,2	78,42
Épület besorolása		BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	CC

2. melléklet: Számítás társított szerkezet árnyékolása szerint

Forrás: Saját ábra

Számítás társított szerkezet árnyékolása szerint									
Vizsgált adatok		Hármértégű üvegezés				Kétértégű üvegezés			
Mértékegységek		10 (árnyékolás nélkül)	31 (belső, mozgatható)	32 (külső, mozgatható)	33 (külső, fix)	20 (árnyékolás nélkül)	41 (belső, mozgatható)	42 (külső, mozgatható)	43 (külső, fix)
Hőátbocsátási tényezők									
Üvegezés sugárzásátbocsátási tényezője (g)		1	1	1	0,2	1	1	1	0,2
Árnyékolás sugárzásátbocsátási tényezője télen (g/téli)		1	0,55	0,1	0,2	1	0,55	0,1	0,2
Árnyékolás sugárzásátbocsátási tényezője nyáron (g/nyári)		1	0,55	0,55	0,55	1,12	1,12	1,12	1,12
Üvegezés hőátbocsátási tényezője		0,55	0,55	0,55	0,55	1,12	1,12	1,12	1,12
Átlagos hőátbocsátási tényező		0,71	0,71	0,71	0,71	1,19	1,18	1,18	1,18
Sugárzási energiahozamok									
Fűtési időnyre fajlagos hővesztésegértényező számításához		26833,04	24765,93	24765,93	6430,67	34530,59	28567,13	28567,13	7114,72
A nyári túlmelegedés kockázatának számításához		31985,1	17591,81	3198,51	6397,02	31985,1	17591,81	3198,51	6397,02
Egyensúlyi hőmérséklet-különbség számításához		8125,37	8125,37	8125,37	1625,07	8125,37	8125,73	8125,37	1625,07
Direkt sugárzási nyereség		19800,48	18275,12	18275,12	5402,07	26896,05	22242,98	22242,98	6041,72
Hővesztesség, hőszükséglet									
Egyensúlyi hőmérséklet-különbség		10,22	10,22	10,22	5,52	8,94	8,95	8,95	4,98
Éves fűtési hőfokhid		66412,25	66412,25	66412,25	75604,35	70101,45	70075,92	70075,92	76426,81
Fűtési időny hossza		3753,48	3753,48	3753,48	5253,98	4126,77	4123,09	4123,09	5441,39
Fűtési energiaigény		2941,6	4466,96	4466,96	17293,26	10892,64	15372,03	15372,03	31906,2
Hűtési időny hossza		596,2	275,09	120,36	144,2	571,58	264,43	119,01	141,75
Hűtési energiaigény		22952,54	6631,02	1168,88	1861,54	22004,81	6373,9	1155,78	1829,93
Gépészeti energiaigények									
Fűtési energiaigény		5,18	6,41	6,41	16,75	11,59	15,2	15,2	28,53
Szellőztetési energiaigény		23,55	23,55	23,55	23,2	23,46	23,47	23,47	23,16
Hűtési energiaigény		20,56	5,94	1,05	1,67	19,71	5,71	1,04	1,64
Epasszív		67,71	54,32	49,43	60,04	73,19	62,8	58,12	71,75
Követelmények									
Nyári túlmelegedés értéke		3,98	2,49	1,01	1,34	3,88	2,43	0,98	1,3
Fajlagos hővesztésegértényező		0,07	0,08	0,08	0,17	0,12	0,15	0,15	0,25
Összesített energetikai jellemző		67,71	54,32	49,43	60,04	73,19	62,8	58,12	71,75
Megújuló energiarány		90,43	78,54	74,44	46,46	102,1	87,63	85,03	55,84
Épület besorolása		BB	BB	BB	CC	BB	BB	BB	CC