

Nyugat- magyarországi Egyetem

Faipari Mérnöki Kar

Ablak hőtechnikai vizsgálata

Konzulens: Elek László egyetemi adjunktus

Készítette: Háy István faipari mérnök hallgató

Sopron, 2012. november 22.

A dolgozat elkészítése a TALENTUM – Hallgatói tehetséggondozás feltételrendszerének fejlesztése a Nyugat-magyarországi Egyetemen c. TÁMOP – 4.2.2. B – 10/1 – 2010 – 0018 számú projekt keretében, az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

Bevezetés

Korábban az ablakok és ajtók alapvető funkciója lényegesen egyszerűbb volt, mint napjainkban: a belső tér határolásain keresztüli nyílások a közlekedést, a természetes fény és friss levegő bejutását szolgálták. Lezáró szerkezeti szerepe a közlekedés megakadályozása és a belső tér szélétől, esőtől, hidegtől való védelme volt; emellett a ház díszét is jelenthették. E funkciókkal kapcsolatosan részletes igénymegfogalmazás a 20. század első harmadáig nem is nagyon létezett, az elvárások konkrét, mérhető jellemzőkhöz való kötése szabványokban az 1950-es évektől kezdve jelent meg.

Az 1970-es években kirobbanó olajválság következménye volt az ablakok, ajtók hőszigetelési és légzárási jellemzői iránti igények erőteljes fokozódása. Európa-szerte mélyreható termékfejlesztés vette kezdetét, melynek eredményeként kialakult, és Közép-Európában uralkodóvá vált a keresztmetszetében egyrétegű, hőszigetelő üvegezésű ablak illetve erkélyajtó, sőt az alapvetően ilyen koncepciójú bejárati ajtó is (un. „DIN” típus). Ezzel egyidejűleg a szabványok is szigorodtak (Molnárné, 2002). Az energiával való takarékos bánásmód globális érdekünk, amit megkövetel az Európai Unió 2002/91/EK energetikai direktívája, valamint az ezzel összhangban született 7/2006. (V.24.) TNM kormányrendelet az energetikai számításokról és a 176/2008. (VI.30.) Korm. rendelet az energiatanúsításról. Az említett jogszabályok közvetlenül szabályozzák az épületekkel szemben támasztott hőtechnikai és energetikai követelményeket. Felhasználói oldalról a folyamatosan csökkenő energiakészlet miatt rohamosan növekedő földgázárak, illetve az állami támogatások arányának fokozatos csökkentése egyaránt sürgetik az épületállomány energetikai hatékonyságának fejlesztését. Ezt indokolja a hazai épületállomány rendkívül kedvezőtlen energiahatékonysága is, amely esetünkben nagyságrendileg az EU-15 országok átlagos energiafogyasztásának kétszerese. A nyílászáró szerkezetek hőátbocsátási tényezőjére vonatkozó követelményértékeket a 7/2006-os TNM kormányrendelet tartalmazza (Prohászka, 2007). Jelenleg a homlokzaton elhelyezett fa vagy PVC keretszerkezetű üvegezett nyílászáróknál a hőátbocsátási tényező (U -érték) felső határértéke $1,60 \text{ W/m}^2\text{K}$, azonban erre vonatkozóan rövid időn belül szigorítás várható (www.mmk.hu). Az egyre szigorodó előírások mellett a felhasználók anyagi érdeke is, hogy a lakásuk, irodájuk üzemeltetése során a lehető legkevesebb energiát használják fel. A nyílászárók az épületek homlokzatának általában kis hányasát teszik ki, az épület egészét tekintve mégis a legnagyobb hőveszteséget okozzák, mivel még a hőszigetelt ablak is jelentősen elmarad a falszerkezet hőszigetelési tulajdonságaitól (Königstein, 2006).

A technológia fejlődésének, az új anyagoknak és szerkezeti elgondolásoknak köszönhetően, azonban egyre jobb tulajdonságokkal rendelkező ablakszerkezetek kerülnek legyártásra, beépítésre. A nagyobb, korszerűbb üvegszerkezetek egyértelműen javítják a komfortérzetet, hiszen amellett, hogy több fényt engednek be a belső térbe, a külső környezettel való közvetlen kapcsolattartás javul, sőt a belső üveg felületi hőmérséklete is nagyobb lesz és a hőátadás konvekciós része

lecsökken. Energetikailag ezt úgy lehetne megfogalmazni, hogy a jobb hőátbocsátási tényezőnek köszönhetően fokozódik a napenergia passzív hasznosítása, valamint a nappali fény jobb hasznosítása révén kisebb lesz a világításra fordított áramfogyasztás mértéke. A mai korszerű ablakszerkezetek a lakáskomfort javítása mellett igyekeznek az energetikai tökéletesítést is előtérbe helyezni.

Az életminőségünk és kényelemérzetünk javításának érdekében az év jelentős részében olyan állapotokat kell fenntartanunk lakásunkban, amelyek a külső környezettől jelentősen különböznek. Magyarországon az évi energiafogyasztás mintegy harmadát fordítjuk épületeink üzemeltetésére, melyből éghajlatunknak köszönhetően a téli időszakokban alkalmazott fűtés képviseli a legnagyobb részt (Zöld, 1999).

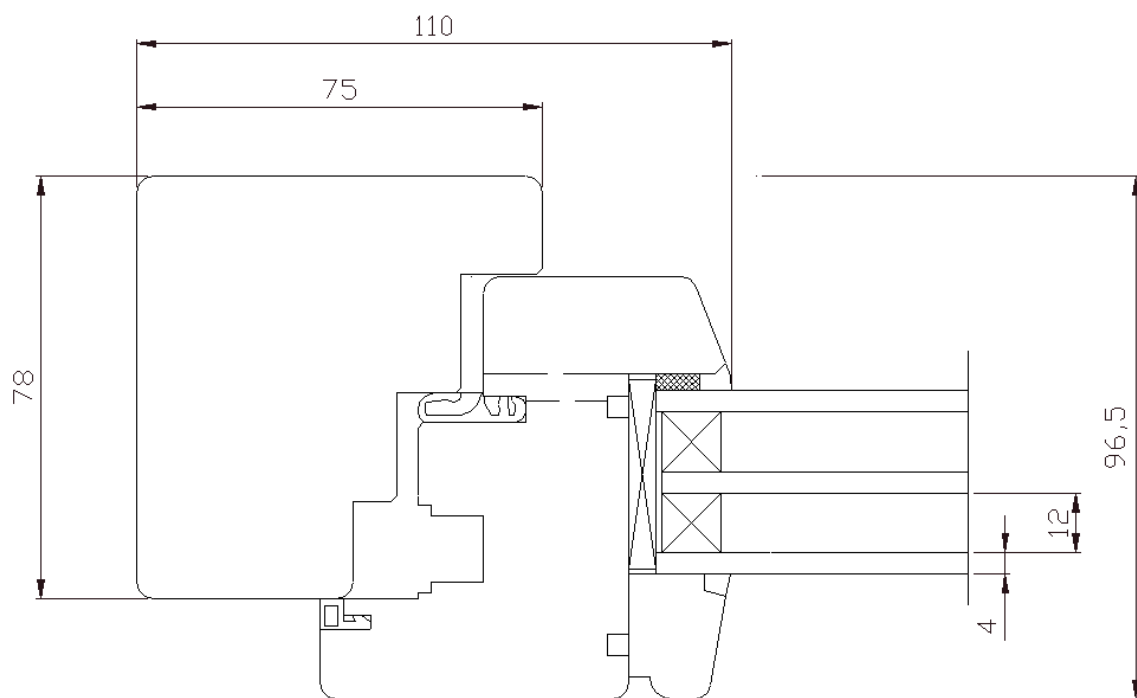
Az energiaárak intenzív emelkedésének köszönhetően egyre nagyobb hangsúlyt kapnak a hőszigetelések. Számunkra az lenne az ideális, ha az ablakok hőszigetelési értékét a falazattal azonos értékig tudnánk fokozni. (A 7/2006-os TNM kormányrendelet alapján az újonnan épített külső falak maximális hőátbocsátási értéke $0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$.)

Már a tervezés során nagy jelentősége van, hogy bizonyos igénybevételek esetén becsülni tudjuk az ablakok várható viselkedését és teherbírását. Ennek meghatározását elvégezhetjük fizikai, szabványos vizsgálatok segítségével, melyek többnyire nagyon költségesek és a vizsgált mintaablak a legtöbb esetben olyan károsodást szenved, melynek következtében azt már nem lehet értékesíteni. Éppen a magas költségvonzat hatására merült fel az igény olyan eljárások kidolgozása iránt, melyeknél nincs szükség mintaablakra. Így került előtérbe a jellemzők számítás, vagy modellezés útján történő meghatározása. Ma már egyes jellemzők például hőtechnikai viselkedés tekintetében olyan számítógépes programok állnak a tervezők rendelkezésére, melyek nagy pontossággal képesek meghatározni a vizsgált ablak jellemzőjét. Az említett módszerek nem csak a tervezést, hanem a megvalósított ablakok teljesítőképességi minősítését is szolgálják (Elek, 2011).

Korszerű ablakszerkezet

Az ablakok alapvető funkciója korábban lényegesen egyszerűbb volt, mint ma. A nyílászárók használati jellemzőivel kapcsolatos elvárások a vonatkozó szabványokban épületfizikai és szilárdsági követelményekként fogalmazódnak meg. Mint határoló szerkezetektől, egyidejűleg magas szintű légzárást, vízzárást, hőszigetelést és léghanggátlást várunk el. Emellett a mechanikai igénybevételekkel szemben, a különféle használati erőhatások, valamint szélteher kapcsán megfelelő ellenállást, tartósságot is megkövetelünk, a légállapot változása esetén pedig alakállóságot. A szerkezeteknek továbbá szavatolniuk kell a betörés elleni biztonságot is (Elek, 2011).

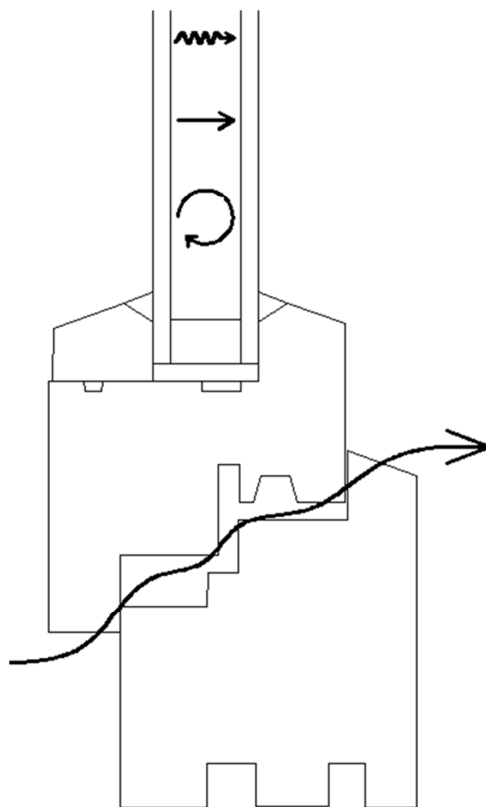
Magyarországon a 68 mm-es profilvastagságú, kétrétegű üvegezéssel ellátott ablakszerkezetek a legjellemzőbbek. Az itthoni kritériumok sok esetben jóval elmaradnak néhány másik uniós tagország követelményeihez képest például Németországban a 2009-es Energiatakarékossági Rendelet (ENEV 2009) új ablak esetében az U_w értéket maximum $1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ -ben határozza meg. Ez a tervezett ENEV 2012 szerint maximálisan $0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$ -re fog változni új nyílászáró beépítésénél – így hazánkban is várhatóak hasonló szigorítások. Ezt figyelembe véve vizsgálatunk során egy 78 mm profilvastagságú, háromrétegű tömbösített erdeifenyőből (*Pinus sylvestris*) készült, háromrétegű üvegezéssel ellátott korszerű ablak hőátbocsátási tényezőjét tanulmányoztuk. A tok- és szárnyszerkezet mellett a legfontosabb befolyásoló tényező az üvegszerkezet, és annak keretbe történő rögzítése, beépítése. Esetünkben háromrétegű üvegszerkezet került beépítésre, ahol a külső és belső üvegtábla alacsony emissziós ún. Low-E bevonatot kapott, ugyanis a felvitt fénoxid-réteg csökkenti az üvegfelület hőkisugárzását (emisszióját). Míg az üvegfelület emissziós tényezője $\varepsilon=0,84$, addig az ezüsté $\varepsilon=0,1$. A beépített üvegszerkezet alumínium távtartóval és argon gáztöltéssel került kivitelezésre. A korszerű hőszigetelésű üvegezéseknél az üvegtáblák közötti teret nem száraz levegővel, hanem argonnal vagy kriptonnal töltjük ki, mivel ezek hővezető képessége (bizonyos rétegvastagságig) sokkal kedvezőbb a levegőénél. Az így kapott 36 mm vastagságú üvegszerkezet a következő rétegekből áll: 4mm Low-e üveg – 12mm argon gáztöltés– 4mm float üveg – 12mm argon gáztöltés– 4mm Low-e üveg. Az üvegfalalba egy 3 mm vastagságú habszivacs szalag kerül elhelyezésre, az üvegtáblát tölggy ékekkel ékeljük, majd az üvegszorító léccel rögzítjük. Az ablakok működtetése nem képzelhető el ütközési hézagok és illesztési rések kialakítása nélkül. Az épületen belül és a környezetben uralkodó légnyomás- és hőmérsékletkülönbségek következtében a levegő ezeken a réseken át ki, vagy be áramolhat. Ez, a nyílászárók égtáj szerinti tudatos elhelyezésével és az uralkodó szélirányok figyelembe vételével jelentősen csökkenthető (Thomas, 2006). A filtrációt fokozza, hogy a környezeti és egyéb hatásoknak köszönhetően a tömítés idővel rideggé válik, elhasználódik, ezáltal funkcióját nem, vagy csak részben tudja ellátni. Emellett az ablakok használata során a vasalatokban olyan kopások, elváltozások következnek be, melyek a záródás pontosságát nagymértékben csökkentik, ezzel a filtrációs veszteségeket jelentősen megnövelik (Kovács, 2000). A filtrációs veszteségek mérséklésére általában másodtömítéssel is ellátjuk az ablakot. Ugyancsak fontos megemlítenünk az ablakszerkezetekben kialakuló hőhíd hatást. A hőhidak olyan területek, ahol a hasznosítható hőenergia könnyebben átjut az épület szerkezetén. Ezeken a területeken számottevően több hasznosítható energia szökik el, mint az épület szerkezetének más területein. Ennek következménye, hogy a hőhidak közvetlen környezetében a szerkezet is hőmérsékletcsökkenést szenved. Ezért a hőhidak erős befolyással bírnak a hasznosítható hőenergia mértékének növelése, illetve csökkentése területén (www.hoszigeteles.net). Az esetünkben alkalmazott alumínium üvegtávtartó hőhíd hatását remekül szemlélteti a 10. ábra.



1. ábra: 78 mm-es szerkezeti vastagságú, háromrétegű üvegezésű fa ablakprofil vízszintes metszete

Alapfogalmak – hőátbocsátási tényező

A hőátbocsátás egy adott épületszerkezetre jellemző érték. Megmutatja, hogy a szerkezet egységnyi felületén, időegység alatt mekkora hőmennyiség áramlik át egységnyi hőmérsékletkülönbség esetén. A nyílászárókon áthaladó kifelé irányuló hőáram a kül- és beltér közti hőmérsékletkülönbségből adódik. Itt beszélhetünk transzmissziós és filtrációs áramlásokról. Előbbi magába foglalja a hővezetést, hőáramlást és a hősugárzást, utóbbi a szerkezeti hézagokon keresztüláramlást jelenti. A hővezetés a hőátadás olyan formája, amely a szilárd vagy nyugalomban lévő (nem áramló) folyékony vagy légnemű halmazállapotú rendszerekben, hőmérséklet-különbség hatására jön létre.



2. ábra: Hőáram típusok (fentről lefelé): hőszugárzás, hővezetés, konvekció, filtráció.

A hőáramlás a hőátadás olyan formája, amely során a hő közlése az azt hordozó anyag helyének a megváltozásából következik. Hőmérsékleti sugárzásnak nevezzük az anyag hőmozgása miatt kibocsátott elektromágneses sugárzást.

$$U_w = \frac{A_g \cdot U_g + A_f \cdot U_f + l_g \cdot \psi_g}{A_g + A_f} \quad [1]$$

ahol:

U_w - az ablak hőátbocsátási tényezője [$\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$]

A_g - az üvegezett felület nagysága [m^2]

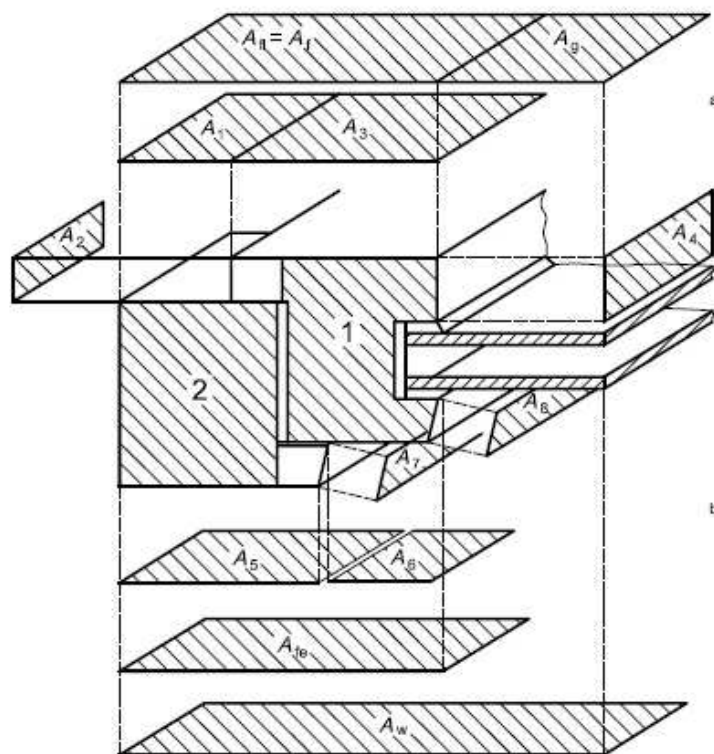
U_g - az üvegezés hőátbocsátási tényezője [$\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$], (EN ISO 10077 szerint)

A_f - a tok és szárnykeret vetületi felülete [m^2]

U_f - a tok és szárnykeret átlagos hőátbocsátási tényezője [$\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$], (EN ISO 10077 szerint)

l_g - az üvegezett keretkitöltés szegélyének hossza [m]

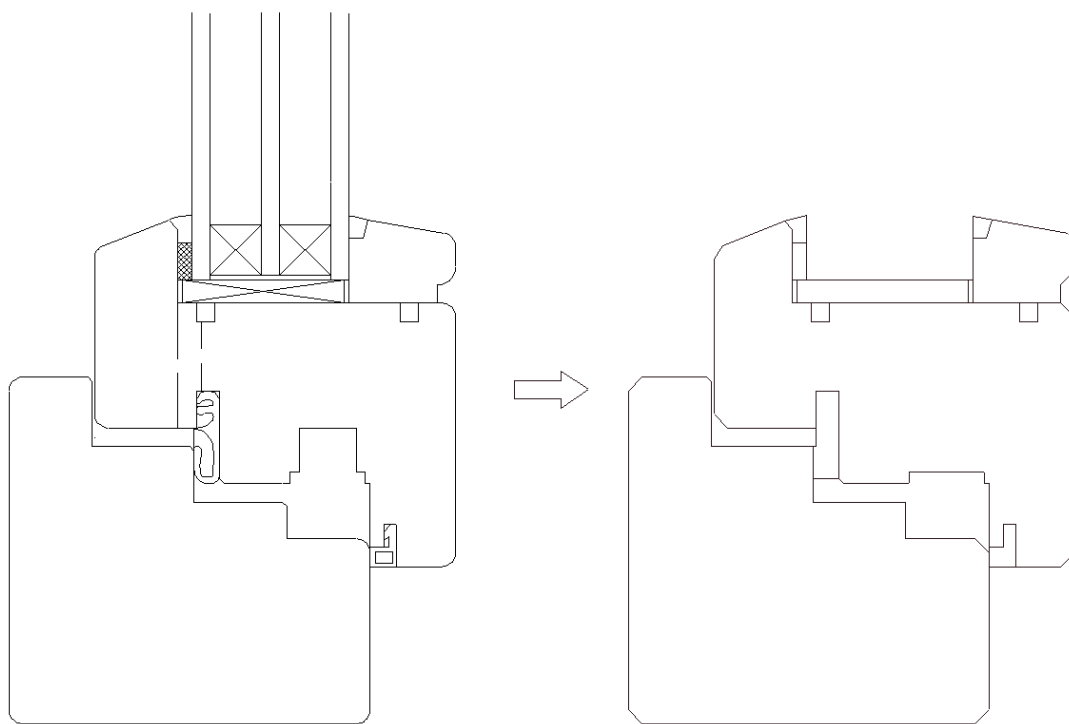
ψ_g - az üvegezett keretkitöltés vonalmenti hőátbocsátási tényezője [$\text{W}/\text{m} \cdot \text{K}$], (EN ISO 10077 szerint)



3. ábra: Az ablakszerkezet számoláshoz használt felületeinek grafikus bemutatása.

Modellalkotás

A hőátbocsátási tényező vizsgálatát egy 800 x 1200 mm-es tok külméretű, és a fent említett műszaki tartalmú bukó-nyíló ablakon végeztük el. A modellalkotás grafikus módon történt, ahol az egyes anyagtulajdonságokat anyagtárból adtuk meg, de a hővezetési tényező és emissziós tényező segítségével új anyagokat is definiáltunk. A szükséges csomópontokról AutoCad programmal készítettünk síkmetszeteket, melyeket a későbbi munkához .dxf formátumban mentettünk ki. A vizsgálatunk során a kaliforniai Berkeley Egyetemen kifejlesztett *Therm* végeelem-alapú kétdimenziós hőtechnikai modellező szoftver ingyenesen elérhető verzióját használtuk. Mivel a szoftver demó verzió, néhány egyszerűsítést kellett végeznünk az ablakmetszeten, de ezek nem befolyásolják a kapott eredményeink pontosságát, csupán a modellépítésnél van szerepe, hiszen körülményesebbé válik a modellépítés. Különösen fontos, hogy még a vízszintes ablakmetszetet is függőleges helyzetben helyezzük el rajztérben, ugyanis a program a helyes áramlástani feltételeket így tudja biztosítani, tehát ebben az esetben ad pontos értéket. Tapasztalatunk szerint ez nem jelent nagyságrendi eltérést, de természetesen a program leírásának megfelelően, mi az előírás szerint végeztük el a vizsgálatot.

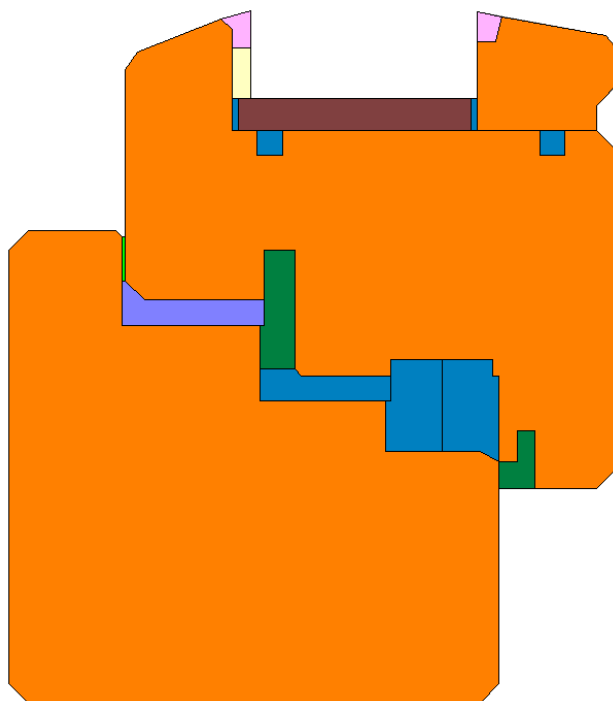


4. ábra: a metszet egyszerűsítése (AutoCad)

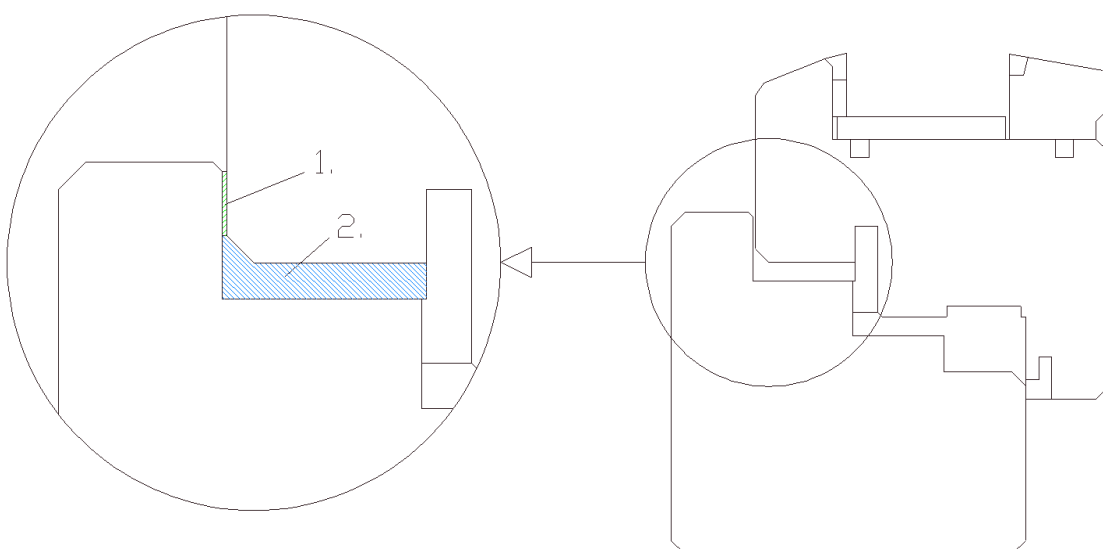
A *Therm* program általunk használt verziója nem tudja kezelni az íves vonalszakaszokat, így ezek helyett letöréseket alkalmaztunk, valamint egyszerűsítettük a gumi tömítőszalagok geometriáját is. A szerkezet működtetését biztosító vasalatot kihagytuk a modellből, mivel ez nem fut körbe az egész ablakban, ahol mégis, ott változó keresztmetszettel. Meglátásunk szerint annyira mélyen helyezkedik el a fa profilban, hogy elhanyagolható hatással van a teljes szerkezet hőátbocsátására. Mivel a háromrétegű üvegszerkezetet a *Window* programban definiáltuk, a rajzról ezt is lehagytuk.

A szoftverek használata

Az AutoCad-ben létrehozott metszeti rajzot leegyszerűsítettük, lásd: 4. ábra (az egyszerűsítés mellett néhány segédszerkesztő vonallal bővítettük a rajzot, ezek szükségességére a későbbiekben külön kitérünk), majd a *Therm* programban alátét fóliaként alkalmaztuk az *underlay* paranccsal. Ezután az alátét fólia mentén újból megrajzoltuk az egyes szerkezeti elemek kontúrajait, majd anyagtulajdonságokkal láttuk el a zárt vonalláncokkal definiált részeket. Az így kapott szerkezetet az 5. ábra szemlélteti.



5. ábra: Az ablakmetszet anyagtulajdonságokkal (Therm)



6. ábra: Légüregek EN ISO 10077-2:2004 szabvány szerinti elválasztása

A szilárd anyagok meghatározása elég kézenfekvő és értelemszerű, de bonyolultabb a helyzet a levegő által kitöltött üregek esetén. A 2 mm-nél kisebb légüregekben eltérő áramlási szabályokat tapasztalunk. Az EN ISO 10077-2:2004 szabvány alapján két részre osztottuk a külső légüreget (6. ábra), hővezetési értékeiket az alábbi összefüggésekkel határoztuk meg:

$$\lambda_{eq} = \frac{d}{R_s} \quad [2]$$

$$R_s = \frac{1}{h_a + h_r} \quad [3]$$

$$h_a = \max \left\{ \frac{C_1}{d}; C_3 \right\} \quad [4]$$

$$h_r = C_4 \cdot \left(1 + \sqrt{1 + \left(\frac{d}{b} \right)^2} - \frac{d}{b} \right) \quad [5]$$

ahol:

- λ_{eq} - egyenértékű hővezetési tényező [W/m·K]
- d - az üreg mérete a hőterjedés irányában [m]
- R_s - a légréteg egyenértékű hővezetési ellenállása [m²·K/W]
- h_a - konvektív hőátadási tényező [W/m²·K]
- h_r - sugárzásos hőátadási tényező [W/m²·K]
- C_1 - együttható (EN ISO 10077-2 szerint 0,025 W/m·K)
- C_3 - együttható (EN ISO 10077-2 szerint 1,57 W/m²·K)
- C_4 - együttható (EN ISO 10077-2 szerint 2,11 W/m²·K)
- b - az üreg mérete a hő terjedésére merőlegesen [m]

A 4. ábrán 2-vel jelölt üreg esetében a következő eredményeket kaptuk:

$$h_a = 1,57 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$h_r = C_4 \cdot \left(1 + \sqrt{1 + \left(\frac{d}{b} \right)^2} - \frac{d}{b} \right) = 2,11 \cdot \left(1 + \sqrt{1 + \left(\frac{0,025}{0,01} \right)^2} - \frac{0,025}{0,01} \right) = 2,52 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$R_s = \frac{1}{h_a + h_r} = \frac{1}{1,57 + 2,52} = 0,244 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$\lambda_{eq} = \frac{d}{R_s} = \frac{0,025}{0,244} = 0,102 \text{ W/m} \cdot \text{K}$$

Az 1-gyel jelölt üregnél az alábbi értékek adódtak:

$$h_a = \frac{C_1}{d} = \frac{0,025}{0,0005} = 50 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$h_r = C_4 \cdot \left(1 + \sqrt{1 + \left(\frac{d}{b} \right)^2} - \frac{d}{b} \right) = 2,11 \cdot \left(1 + \sqrt{1 + \left(\frac{0,0005}{0,012} \right)^2} - \frac{0,0005}{0,012} \right) = 4,134 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$R_s = \frac{1}{h_a + h_r} = \frac{1}{50 + 4,134} = 0,018 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$\lambda_{eq} = \frac{d}{R_s} = \frac{0,0005}{0,01847} = 0,027 \text{ W/m} \cdot \text{K}$$

Ezen értékek figyelembevételéhez új "anyagokat" definiáltunk a programban, a továbbiakban ezeket használjuk.

Az üvegszerkezetet a *Window* nevű program segítségével hoztuk létre virtuálisan. Az üvegszerkezet legfontosabb paraméterei: 4mm, belső felén Low-e nemesfém bevonatos üvegtábla – 12mm argon gáztöltéses légréteg – 4mm float üvegtábla– 12mm argon gáztöltéses légüreg – 4mm, belső felén Low-e nemesfém bevonatos üvegtábla. A program lehetőséget ad arra, hogy az argon és a levegő különböző arányú keverékével töltsük fel az üvegek közti légrést. Mi a 90% argon – 10% levegő arányt választottuk, ami véleményünk szerint jobban fedí a valóságot, ugyanis sok esetben nem sikerül elérni a 100%-os argon koncentrációt. Távtartónak alumínium távtartót választottunk, ami ront mind az üvegezés, mind az ablakszerkezet hőátbocsátási tényezőjén, de mivel a mai napig ez az elterjedtebb a hőhídmentes műanyag távtartókkal szemben, így jobban tükrözi a valóságot. Az így kapott üvegezés U értéke: $U_g=0,721 \text{ W/m}^2\text{K}$. A *Window* programban készített üvegezést az 7. ábra mutatja be.

Az üvegszerkezetet importáljuk a *Therm* programba, majd a helyére illesztjük. A következő lépésben megadjuk a szerkezetünk peremfeltételeit. Az EN ISO 10077:1 és EN ISO 10077:2 szerint a külső léghőmérsékletet $\Theta_e = 0 \text{ }^\circ\text{C}$, míg a belső léghőmérsékletet $\Theta_i = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ -ra vesszük fel. A peremfeltételekhez kapcsolódó további előírásokat az 1. táblázat tartalmazza.

Glazing System Library

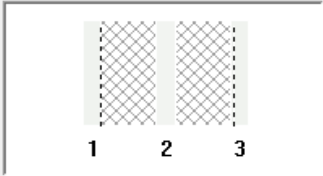
ID #: 1 Name: 4Low-E_Ar0.9_4Float_Ar0.9_4Low-E

Layers: 3 Tilt: 90 °

Environmental Conditions: NFRC 100-2010

Comment:

Overall thickness: 36.000 mm Mode: #



	ID	Name	Mode	Thick	Flip	Tsol	Rsol1	Rsol2	Tvis	Rvis1	Rvis2	Tir	E1	E2	Cond
Glass 1	7110	ip_ip14E.ipe	#	4.0	☒	0.588	0.246	0.312	0.889	0.055	0.048	0.000	0.837	0.037	1.000
Gap 1	9	Air (10%) / Argon (90%)		12.0	☐										
Glass 2	7197	ip_fl_4.ipe	#	4.0	☐	0.842	0.076	0.076	0.900	0.082	0.082	0.000	0.837	0.837	1.000
Gap 2	9	Air (10%) / Argon (90%)		12.0	☐										
Glass 3	7110	ip_ip14E.ipe	#	4.0	☐	0.588	0.312	0.246	0.889	0.048	0.055	0.000	0.037	0.837	1.000

Center of Glass Results | Temperature Data | Optical Data | Angular Data | Color Properties

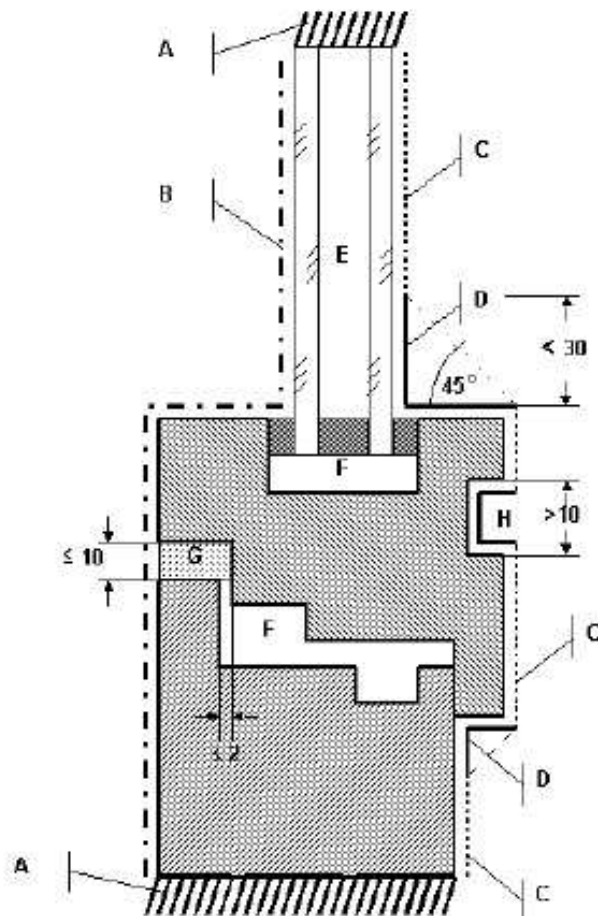
Ufactor	SC	SHGC	Rel. Ht. Gain	Tvis	Keff	Gap 1 Keff	Gap 2 Keff
W/m ² ·K			W/m ²		W/m·K	W/m·K	W/m·K
0.721	0.543	0.472	348	0.718	0.0234	0.0198	0.0204

7. ábra: A háromrétegű 36mm-es vastagságú üvegszerkezet (Window)

1. táblázat: Peremfeltételek az EN ISO 10077:1 és EN ISO 10077:2 szerint

Belső hőátadási ellenállás: (R_{si})	0,13 m ² ·K/W
Külső hőátadási ellenállás: (R_{se})	0,04 m ² ·K/W
Vonalmenti hőhídveszteségi tényező: (ψ_g)	0,06 W/m·K

A szabvány kimondja, hogy néhány különleges helyen, speciális peremfeltételeket kell létrehozunk (8. ábra). Így az üvegtábla belső felületének egy alsó, kisebb szakaszán, valamint a tokszerkezet egy árnyékolt szakaszán. Ezen szakaszok pontos helyét és méretét a 8. ábrán D-vel jelölve találjuk.



Key

Boundaries (see annex B):

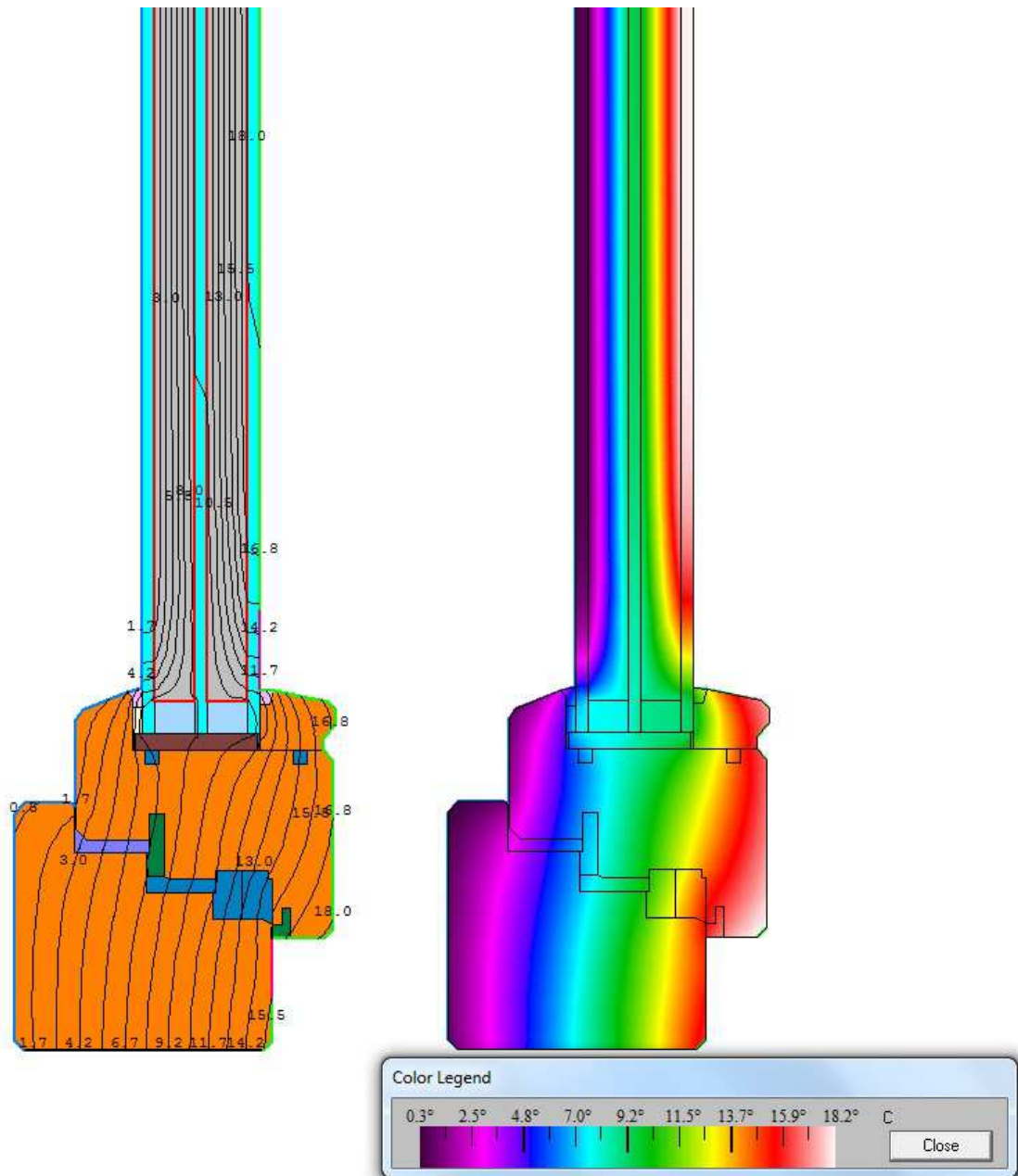
- A Adiabatic boundary
- B External surface resistance
- C Internal surface resistance
- D Increased surface resistance

Cavities and grooves:

- E Glazing (see 6.2)
- F Unventilated cavity (see 6.3)
- G Slightly ventilated cavity or groove (see 6.4.1)
- H Well ventilated cavity or groove (see 6.4.2)

8. ábra: Növelt ellenállású peremfeltételek létrehozása szabvány szerint

Az ablak külső és belső oldalán uralkodó peremfeltételek beállítását követően elvégeztük a számítást. Az ablakprofil különböző rétegeiben kialakuló hőáramvonalakat illetve hőmérsékleteket a 9. ábra szemlélteti.



9. ábra: Hőmérsékleteloszlás-térkép ábrája hőmérsékleti színskálával

A felvett modellre a *Therm* program alapján az átlagos hőátbocsátási tényező $U_y=1,0005 \text{ W/m}^2\text{K}$ nagyságú. Ennél a vizsgálati módszernél felmerül az a probléma, hogy a kapott átlagos hőátbocsátási tényező csak végtelen magasságú ablakra lenne érvényes, azaz sem az alsó és felső vízszintes elemek menti viszonyokat, sem a sarkok környezetében kialakuló többdimenziós zavarokat nem tartalmazza. Ezért a szoftver által számított $\dot{U}_t$ értéket az ablak eredő hőátbocsátási tényezőjének meghatározásához úgy használtuk fel, hogy az üvegtábla felületére számítható egydimenziós hőáramokat a modell teljes hőátbocsátásából leválasztottuk. Más szóval az 1 m magas keret- és üvegezésávra számított [6] összefüggésből az $U_{T,f+g}$ értéket fejeztük ki.

$$U_T = \frac{A_f \cdot U_{T,f+g} + A_g \cdot U_{gw}}{A_f + A_g} \quad [6]$$

ahol:

U_T - a *Therm* programmal számított átlagos hőátbocsátási tényező [$\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$]

A_f - a tok és szárnykeret vetületi felülete [m^2]

$U_{T,f+g}$ - az üvegezésen keresztüli egydimenziós hőárammal csökkentett hőátbocsátási tényező [$\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$]

A_g - az üvegezett felület nagysága [m^2]

U_{gw} - az üvegezés *Window* programmal számolt hőátbocsátási tényezője [$\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$]

A [6]-os összefüggés szerint, az üvegezésen keresztüli egydimenziós hőárammal csökkentett hőátbocsátási tényező értéke:

$$U_{T,f+g} = \frac{U_T \cdot (A_f + A_g) - A_g \cdot U_{gw}}{A_f} = \frac{1,0005 \cdot (0,110 + 0,290) - 0,290 \cdot 0,721}{0,110} = 1,737 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

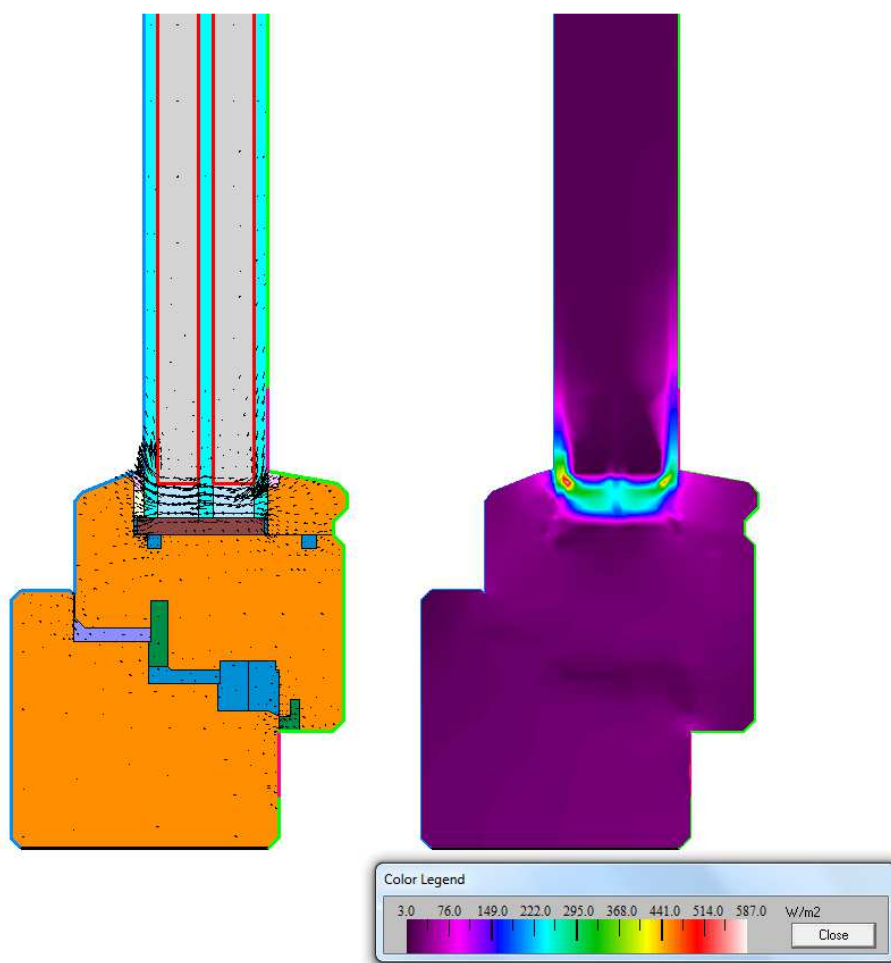
Az $U_{T,f+g}$ értékét a tok és keret hőátbocsátási tényezőjeként (U_f) felhasználva, az ablak átlagos hőátbocsátási tényezőjét az ISO 10077-1 szabványnak megfelelően az [1] összefüggésből az alábbi módon számíthatjuk:

$$U_w = \frac{A_g \cdot U_g + A_f \cdot U_f + l_g \cdot \psi_g}{A_g + A_f} = \frac{0,52347 \cdot 0,721 + 0,4073 \cdot 1,737}{0,52347 + 0,4073} = 1,1656 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

(Ennél a számításnál az üveg távtartó hatása az üvegezésen keresztüli egydimenziós hőárammal csökkentett hőátbocsátási tényező értékében már figyelembe lett véve.)

Eredmények vizsgálata, javaslatok

A vizsgált 800 x 1200 mm 78mm profilvastagságú, háromrétegű üvegezésű ablak hőátbocsátási tényezője $1,1656 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ a *Therm* és *Window* értékeivel, valamint az EN ISO 10077 alapján. Ez az érték még koránt sem a mai lehetőségeink csúcsa. Javasoljuk például az alumínium távtartók helyett a hőhídmentes műanyag távtartók alkalmazását, melynek a szerkezet költségeihez viszonyítva alacsony a plusz anyagi vonzata. Az érték a továbbiakban még pontosítható, ha figyelembe vesszük a feltételezett hőáram zavarokat az ablak sarkainál, vagy ha mellőzzük a programok gyorsabb használatához szükséges egyszerűsítéseket. Be kell látnunk azt is, hogy az általunk használt programok ideális körülmények között számítják ki a nem éppen tökéletes adatokat, így mindig lesznek apróbb eltérések a valósághoz képest. Mérlegelnünk kell azonban, hogy ezek a tájékoztató jellegű értékek, lényegesen kisebb anyagi vonzattal és időráfordítással járnak mintha a valóságban valódi nyílászárók tulajdonságait mérnénk, tesztelnénk. Tehát ha kompromisszumot tudunk kötni, sok hasznos információval tudjuk ellátni az építőipart, és a leendő tulajdonosokat.



10. ábra: Besűrűsödött fluxus vektorok az üvegtávtartónál.

Összegzés

Kutatásunk során a jelenleg még kevésbé elterjedt, de egyre inkább teret hódító 78 mm szerkezeti vastagságú fa nyílászáró hőátbocsátási tényezőjét vizsgáltuk. Felszereltségét tekintve a gyakorlatban legelterjedtebb anyagokat és megoldásokat választottuk. Célravezetőnek tarjuk szoftverek alkalmazását ilyen vizsgálatokra, mivel a valóságban sokkal nagyobb költségráfordítást igényel e-féle elemzések készítése. Modellünk alátétfóliáját az *AutoCad* nevű grafikai programmal készítettük el, a *Window6* programmal állítottuk össze az üvegszerkezetet, a *Therm6* programmal pedig véglegesítettük a hőtechnikai vizsgálatunkat. A számításainkat a *Therm6* program és az EN ISO 10077 szabvány alkalmazásával végeztük el. Eredményeinket számadatokkal, és a szemléletesség kedvéért grafikusán is ábrázoltuk. Megállapításunk, hogy a vizsgált ablakszerkezetre meghatározott eredő hőátbocsátási tényező reális értéket mutat, azonban szem előtt kell tartani, hogy az ablak alsó tok-szárny kapcsolata esetén ennél kedvezőtlenebb érték adódna.

Irodalomjegyzék

- Elek L. 2011. Ablakok teljesítményjellemzőinek modellezési lehetőségei, Doktori szigorlat, NymE-FMK
- Kovács Zs. 2000. Épületfizikai alapfogalmak és követelmények. Mérnöki faszerkezetek I. (Szerk.): Dr Wittmann Gyula Mezőgazdasági szaktudás Kiadó, Budapest. Pp.160-197.
- Königstein T., Thomas K. 2006. Az energiatakarékos építkezés kézikönyve. Z-Press Kiadó Kft, Miskolc.
- Molnárné Posch P.(szerk.) 2002. Faipari Kézikönyv II. Kiadó: Faipari Tudományos Alapítvány, Sopron.
- Prohászka R.: Az épületenergetika helyzete hazánkban. in: Magyar Építéstechnika, Az Építési Vállalkozók Országos Szövetségének lapja XLV/6 – 2007/6
- Zöld A. 1999. Energiatudatos építészet. Műszaki Könyvkiadó, Budapest.

www.mmk.hu

<http://hoszigeteles.net/tovabbi-hasznos-tanacsok/kondenzacio-es-parakicsapodas>