

Nyugat-Magyarországi Egyetem

Doktori értekezés tézisei

Favázas épületek nyári hőkomfortja
Magyarországon

Szabó Péter

**Sopron
2001**

A témához kapcsolódó előadások:

Doktori Iskola: Faanyagtudományok és Technológiák
(vezető: Winkler András DSc.)

Program: Faszervezetek
(vezető: Szalai József CSc.)

Tudományág: Anyagtudományok és Technológiák

Témavezető: Dr. Winkler Gábor

Szabó Péter: Solar Possibilities in New Lanark - (seminar)
Heriot-Watt University, Edinburgh, UK. 1992.

Szabó Péter: Passive Solar Tourist Hostel in Sopron - (poster)
Solar Word Congress - Budapest, 1993.

Szabó Péter: Passive Solar Buildings in Hungary - (seminar)
Folkecenter for Renewable Energy, Hurup, Thy, Danmark, 1993.

Szabó Péter: Környezetbarát építőanyagok - Szolár technológiák
Erdészeti és Faipari Egyetem, Sopron, 1994. (doktori szeminárium)

Szabó Péter: A modern épületek nyári túlmelegedése - (kiadványban: 34-36. oldal)
XXI. Épületszerkezettani Konferencia - Pécsvárad, 1996.

Szabó Péter: Az ökológikus építészet gyökerei - (kiadványban: 68-79. oldal)
XXII. Épületszerkezettani Konferencia - Sopron, 1997.

Szabó Péter: Egységes épületszerkezetek az európai
Ószvald Ferenc éghajlati viszonyok tükrében, ... - (kiadványban: 76-88. oldal)
XXIV. Épületszerkezettani Konferencia - Győr, 1999.

A kutatáshoz kapcsolódó jelentősebb alkotásaim:

- Sopron, Ravazd utca 19. (Hrsz.:5236/17) 1994. - (Porotherm falazatú, tetőteres családi ház)
- Sopron, Csalogányköz 3. (Hrsz.:7471/3) 1995-2001. - (Porotherm falazatú tetőteres ház)
- Sopron, Rauch András utca (Hrsz.:5236/85) 1995. - (Porotherm falazatú családi ház)
- Sopron, Hátsó utca 5. (Hrsz.:277) 1996. - (Porotherm falazatú, tetőteres családi ház)
- Sopron, Újsor (Hrsz.:8497) 1999. - (Porotherm falazatú, tetőteres családi ház)
- Sopron, Kitaibel Pál utca (Hrsz.:6647/4) 1998. - (Porotherm falazatú, tetőteres családi ház)
- Sopron, Kertvárosi utca (Hrsz.:8528/7) 1998. - (Könnyűszerkezetes családi ház)
- Sopron, Kisház utca 17. (Hrsz.:7929) 1999.- (Porotherm falazatú, tetőteres családi ház)
- Sarród, Hátsó utca 2. (Hrsz.:172) 1999.- (Vályog-Porotherm épület, tetőtér beépítéssel)
- Sopron, Kelénpatakil utca (Hrsz.:8528/271) 1998.- (Ytong falazatú, tetőteres családi ház)



A témához kapcsolódó publikációk:

Épületfizikai közlések:

- Passive Cooling of Buildings, PASCOOL - Handbook
C.U.E.P.E. University of Genova 1993-95.
Editor: M. Santamouris
Survey team-Sopron: Zöld András, Szabó Péter, Várfalvi J., Orbán T., Szikra Cs.
P.E.M. version 1.2 (CD kiadványban is)

Szabó Péter: Hőkomfort a faházban
Magyar Asztalos 1995./04 - (76-77. oldal)

Szabó Péter: Nem zörög a faház, ha ... (a faházak akusztikája)
Magyar Asztalos 1995./06 - (70-71. oldal)

Szabó Péter: Anyagvédelem a faházban
Magyar Asztalos 1995./09 - (84-85. oldal)

Szabó Péter: Burokban a faház
Magyar Asztalos 1995.

Szabó Péter: Árnýékvető szerkezetek hatékonyságának meghatározása
Magyar Építőipar 2001-2002. (megjelenés alatt)

Szabó Péter: Alacsony energiafelhasználású faházak
Energia Fogyasztók Lapja 2001/4. - (23-24. oldal)

Épületszerkezeti, szerkezzettörténeti közlések:

Szabó Péter: A soproni Sörgyár építéstörténete
Műemlékvédelem 1994./3 - (185-189. oldal)

Szabó Péter: Faházépítés Magyarországon
Magyar Asztalos 1995./03 - (74-76. oldal)

Szabó Péter: Fa-kul-túra (a faházak kulturális megítélése)
Magyar Asztalos 1995./12 - (94-95. oldal)

Szabó Péter: Az első korszerű magyar nyelvű építészeti tankönyv újabb kiadása
Magyar Építőipar 1999. 7-8. - (238-241. oldal)

Winkler Gábor: Építészettörténet
Szabó Péter CD ROM - SZIF, Győr, 1999.

A kutatómunka előzményei :

Az elmúlt évek során a hazai építési szokások jelentős változásokon mentek keresztül. Megjelentek olyan új falazóelemek, amelyek könnyűek, nagy méretűek, és kedvező hőszigetelési mutatókkal rendelkeznek. A „hagyományos“ épületek mellett egyre többen választják a gyorsan felépíthető könnyűszerkezetes „faházakat“, a dráguló telekáraknak köszönhetően pedig általánossá vált a tetőtér beépítése. Az építkezéseknél egyre hangsúlyosabb szerep jut a hőszigeteléseknek, amit az energiaárak folyamatos emelkedése és a szigorodó építési szabvány indokol.

A lakásokkal szemben egyre több és bonyolultabb igényt fogalmazunk meg. Elsődleges a kényelmes beosztás, a napfényes szoba és az alacsony fűtési költség. Ezek eléréséhez nagy ablakokat, melegburkolatokat és hőszigeteléseket használunk. A kitűzött célokat így a téli, hideg időszakban általában sikerül teljesíteni, az igazi problémák azonban nyáron jelentkeznek. A szobák túlméretezett ablakain beérkező napenergiát a hőszigetelő burkolatok és a falak nem képesek elraktározni, a belső levegő kellemtlenül felmelegszik. Sokan ezt csak a faházak problémájának gondolják, ami a régi építőanyagok (kisméretű téglá, beton) összetételével még igaz lehetett, de nem az a könnyű porózus falazóelemekből készült házakra és különösen nem az a tetőterekre. Ma a hagyományos családi házak 75-80%-a tetőtérbeépítéssel készül, ami mind szerkezetileg, mind épületfizikailag megegyezik egy faház kialakításával.

A nyári túlmelegedés azokban az épületekben jelentkezik fokozott mértékben, amelyek nem, vagy csak alig rendelkeznek hőtárolóképességgel. Ebbe a kategóriába elsődlegesen a jó hőszigetelő értékű, réteges szerkezetek, vagyis a favázás épületek és a tetőtér tartoznak. Ebben a tekintetben azonban nem a tartószerkezet anyaga a domináns, hanem a helyiségek hőkapacitása. A fent említett épülettípus azonban jól reprezentálja a nyári időszakban kialakuló komfort problémákat, ezért az ilyen épületek vizsgálata segít feltárni a teljes problémakört.

A hazai építési szokások tükrében megállapítható, hogy milyen kevés figyelmet szentelünk a lakóterünk komfortjára. Télen inkább többet fűtünk, mintsem egy hőszigetelt szalugáttert estére behajtanánk, illetve kinyitjuk az ablakot, ha fűtés mellett szoláris nyereség adódik. Nyáron még ennél is kevesebbet fordítunk a kényelmünkre, este csukott ablak mellett alszunk, nappal viszont mindent kinyitunk, hogy „járjon a levegő“. Az épületek a tervezési fázisban szinte sohasem kapnak semmilyen árnyékolószerkezetet, hogy később a tulajdonos külső redőnyt vagy belső relaxát „szereltesse“ fel. Ezek a megoldások esztétikailag gyakran elfogadhatatlanok, és legtöbbször csak a szoba teljes besötétítése árán védik a belső teret a napsugárzástól. Az új szerkezetek és a megváltozott építési szokások más építészeti formavilágot és átgondoltabb szerkezeti kialakításokat kívánnak a tervezőktől és a lakásokban élőkől egyaránt.

„... a napsugárzás, a fény, a hó az új építészet anyagai, amelyekkel ugyanolyan gondosan kell bánni, mint az acéllal vagy a betonnal.“

(M. Papadopoulos)



A kutatás célkitűzései:

Az egyes helyiségek téli és nyári komfortviszonyai jelentősen eltérnek. A különböző éghajlati viszonyok más és más technikák alkalmazását teszik szükségessé. Gyakran nehéz, vagy szinte lehetetlen a különféle elvárásoknak egyszerre megfelelni. A kihívásokra azonban már a tervezési folyamatban válaszolni kell, egy rossz, átgondolatlan terv rossz épületet fog eredményezni, amin utólag nehezen és főleg nagyon drágán lehet csak javítani. Az épületek esetében nem lehet cél, hogy a tervezési hibák miatt is gépészeti berendezéseket kelljen üzemeltetni egész éven keresztül. A hazai lakosság a háztartási energiafogyasztásának már így is az 54%-t fordítja a fűtésre.

A magas fűtési költségek miatt a tervezők főleg a téli viszonyokra méretezik az épületeket. Így a nyáron elkerülhetetlenül jelentkező komfortproblémákra sokan költséges gépészeti megoldásokkal tudnak csak később válaszolni. A helyzetet csak tovább mélyíti, hogy a tervezőket sem ösztönzik a megrendelők a szükséges odafigyelésre, és a hazai szakirodalom sem foglalkozik kellően a területtel. Divat az olcsó napenergia kiaknázásával szolár lakóházat építeni, ezért az építészek egyre nagyobb ablakokat terveznek. Az árnyékolók rossz alkalmazásával -egy szép, nyári napon- azonban pokollá tehetik a lakók életét.

A tervezők mentségére szolgáljon, hogy nagyon kevés az olyan szakirodalom, ami hő-tárolással, az árnyékolók méretezésével vagy az egyes felületeket érő napsugárzással foglalkozna. Kevés összehasonlító adat áll a rendelkezésre, hogy a „tégla” vagy a „faház” mellett érvként fel lehessen használni. A tetőtér és a faházak vizsgálata pedig teljesen elhanyagolt területnek számít.

Mivel az említett komfortproblémák a kis tömegű könnyűszerkezetes építésnél fokozottan jelentkeznek, ezt a területet választottam kutatási témául. Ide tartoznak a kitöltőfalas fém- vagy faszervezetek, a különféle favázás épületek és a tetőtér is. A felsorolt kategóriák azonban főleg építéstechnológiai különbségeket jelentenek, a lakók komfortérzete nem különbözik, hiszen a faszervezetek rétegfelépítése ugyanazokból a korszerű anyagokból szinte azonos módon történik. A terület beható vizsgálatakor a következő célokat határoztam meg:

- a nyári méretezést megkönnyítő tervezési segédlet létrehozása

- egy favázás épületben kialakuló nyári viszonyok műszeres vizsgálata
- a használatos szerkezetek hő-tárolókéességének kiszámítása
- kedvezőbb rétegfelépítésű épületszerkezetek méretezése
- a hazai viszonyoknak megfelelően tervezhető besugárzási adatok meghatározása
- a különböző tájolású ferde felületeket érő besugárzás meghatározása
- az egyes felületeket érő besugárzások komponensekre bontása
- az eredmények felhasználását lehetővé tévő ábrázolási módszer kidolgozása
- ferde felületű ablakok naptényezőjének meghatározása
- az árnyékvetők méretezését megkönnyítő módszer kidolgozása

A kutatómunka eredményei:

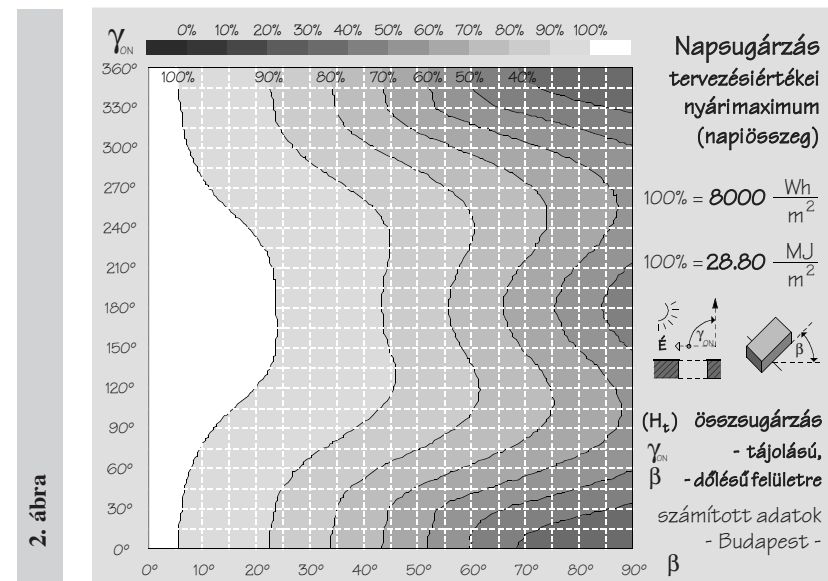
A vizsgálatok alapján megállapítható, hogy a modern építőanyagok használatával épült „faházak” és „téglaházak” között hőtechnikai szempontokból elenyésző a különbség. Az összehasonlítás eredményei egyben azt is jelentik, hogy a nyári komfortproblémák hasonló mértékben jelentkeznek. Az adatokból levezethető, hogy egy árnyékolás nélküli épület általában nem felel meg a hőtechnikai szabvány előírásainak.

A nyári túlmelegedési problémák a -nehezen árnyékolható- tetőtér beépítésekor fokozottan jelentkeznek. A kidolgozott elmélet lehetőséget nyújt a tervezőknek arra, hogy kedvezőbb tetőablak arányokat határozzanak meg egy adott tájolás esetében. A napsugárzás nyári tervezési értékei (2. ábra) a felület dőlésétől nagyobb mértékben függenek, mint az égtájtól. Alacsony dőlésű tetőtér esetében a legkisebb fellépő érték is majdnem kétszerese a legnagyobb függőleges értéknek. Ez indokolttá teszi, hogy egy jövőbeli szabvány is külön foglalkozzon a tetőtér nyári hőkomfortjával.

Az árnyékolók tervezési adatai megtalálhatók a különféle katalógusokban, az árnyékvetők leírására eddig azonban még kidolgozott elmélet sem állt a rendelkezésre. Az árnyékvetők, növényzet és ablakok viszonyát meghatározó elmélet és grafikonok elkészítése új alapokra helyezi az építészek és a szoláris energiával foglalkozó mérnökök tervezési lehetőségeit.

„Az árnyékvető ... oly fontos eleme építészetünknek, hogy ugyanolyan jellemző formává fejlődhet, mint a dór oszlopok“

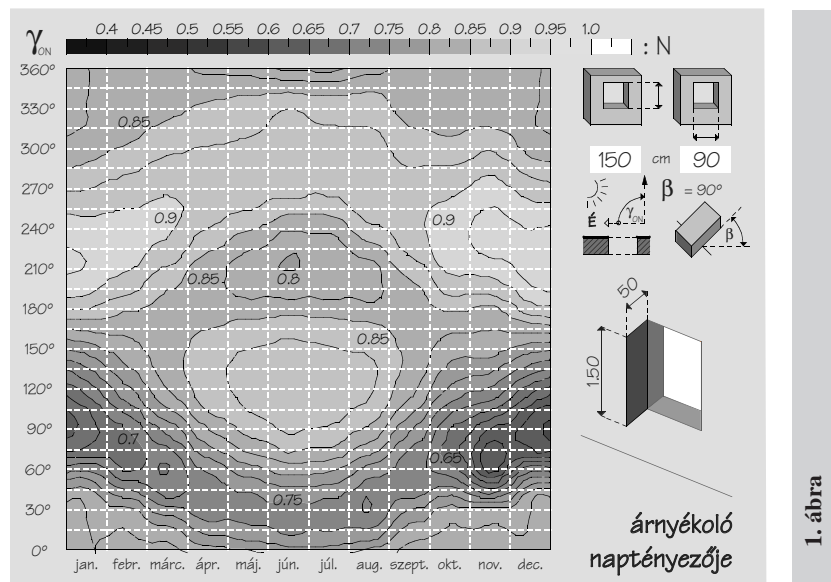
(Marcel Breuer)



Tézisek:

- Kidolgoztam egy számítási és ábrázolási eljárást amely alkalmas az árnyékvetők naptényezőjének meghatározására a folyamatosan változó árnyék figyelembevétele mellett is. (1. ábra)
 - Az árnyékvetők vizsgálatával bebizonyítottam, hogy az árnyékolt ablakot is olyan jelentős diffúz sugárzás ér, hogy az árnyékvető naptényezője mindig 0.3 felettinek adódik.
- Ezért az árnyékmaszkok alapján a direkt sugárzás kizárásából levonható következtetések megtévesztően kedvező képet sugallnak.
- Számításaim alapján megállapítottam, hogy a külföldi szakirodalomban használatos (g) érték (napenergia átbecsítés) dőlésszög és tájolás függő, így annak alkalmazása -különös tekintettel a tetőablakokra- csak meghatározott korlátok között végezhető el.
 - Kutatási eredményeim bebizonyították, hogy transzparens ferde felületek esetében a szabvány (MSZ-04-140-2:1991) nyári hőkomfortra vonatkozó előírásai elégtelenek; azokat tájolás és dőlésszög alapján is szabályozni kell.

A szükséges ($\sim 6000 \text{ kg/m}^2$) fajlagos hőtárolótömeg realizálása gyakorlatilag nem lehetséges, ezért a hőkomfortot más eszközökkel (építészeti, gépészeti) kell biztosítani.



1. ábra

A kutatás módszertana:

Szakirodalmi kutatások:

A mérések és a számítások elvégzése előtt elvégeztem a hazai és nemzetközi szakirodalom gyűjtését, rendszerezését és azok összehasonlító elemzését. A feldolgozás során a témában fellelhető cikkeket, Web-helyeket és meteorológiai adatokat is áttanulmányoztam. A kutatási eredményeimet folyamatosan összevettem az szakirodalom vonatkozó fejezeteivel.

Épületfizikai paraméterek mérése:

A téma feldolgozásának alapjait az Európai Unió által meghirdetett PASCOOL PROGRAM keretében 1994-ben végzett mérésorozat tette lehetővé. A vizsgálatot a BME Épületfizikai Laboratóriumának segítségével végeztük. A kiválasztott épület a ma leggyakrabban előforduló panelszerkezetű, favázás, vakolt épület volt. Az irodának használt, nyaktaggal összekapcsolt „családirházak” közül a mérés idején az egyik épület még üresen állt. Mindkét épületraktust mérve egyszerre kaphattunk adatokat egy használat alatt lévő és egy üres - tipikusnak nevezhető - lakásról. A választás így több szempontból is ideálisnak tekinthető.

A mérés során egy tetőtéri szobát vizsgáltunk elsődlegesen, azonban további mérőpontokat telepítettünk ellenőrzésként több szobába is. Gyakorlati megfontolások alapján egy üresen álló helyiségben állíthattuk fel a legtöbb mérőberendezést és az eredményeket regisztráló számítógép-terminált. A mérésre 1994. júliusában került sor, majdnem egy hónapon keresztül. A vizsgálat során a számítógép tízperces időközökben regisztrálta a hőmérsékletre, páratartalomra és a légmozgásra vonatkozó adatokat. A külső levegőre és napfénytartamra vonatkozó értékek az Országos Meteorológiai Szolgálattól kerültek megvásárlásra.

Számítógépes szimuláció:

Az Európai Unió PASCOOL programja nem csak mérési eredmények kiértékelésére született, hanem a vizsgálatához kifejlesztett számítógépes program ellenőrzését is magába foglalta. A program telepítésére a Budapesti Műszaki Egyetemen került sor. Az épület adatbázisának a felvitele után különféle paraméterek megváltoztatásával a belső térre vonatkozó szimulációkat készítettünk. Az elkészült számítások eredményei igazolták a tömeg jelentőségét a belső klíma kialakításában. Egy „nehéz” épület sokkal lassabban reagál a változásokra, kiegyenlítettebb a hőmérséklete. Ez a „justa” viselkedés azonban azt is jelenti, hogy az épületet éjszakai szellőztetéssel nem lehet annyira lehűteni, a „meleg” egyenletesen jelentkezik. Kiemelkedő hőmérsékleti csúcsok azonban nem jelentkeznek, és a szobák így komfortosabbak.

A program az árnyékolás feltételezésekor nem a várt eredményeket adta, ami egyértelművé tette, hogy azok hatásait más módon is ellenőrizni kell.



Épületszerkezettani rétegtervek hőtárolásának kiszámítása:

Az MSz-04-140-2:1991 előírásainak figyelembevételével kiszámítottam a ma leggyakrabban használt szerkezetek hőtárolóképességét, és az „aktív” zóna vastagságát. Meghatároztam a tervezési tapasztalataim alapján átlagosnak tekinthető helyiségek fajlagos hőtárolótömegét különféle szerkezeti kialakítások mellett. Minden csoportosítás az árnyékolás szerepének a jelentőségét támasztotta alá.

Matematikai módszer kidolgozása a besugárzási adatok meghatározására:

A hazai napsugárzási adatokhoz nehéz hozzájutni, általában a tervezők csak az összbesugárzási adatokat használhatják. Az árnyékolók vizsgálatához azonban szükséges a direkt és a diffúz komponens ismerete is minden pontban. A külföldi szakirodalomban több matematikai modell található az egyes földrajzi területek besugárzási adatainak a meghatározására, ami hazánk területére csak fenntartásokkal alkalmazható. A hazai adatok statisztikai vizsgálatával „honosítottam” a számítási módszereket. A ferde felületekre mérési eredmények gyakorlatilag nincsenek, a fellelhető számítási módszerek az árnyékolás vizsgálatára nem alkalmasak, ezért új matematikai modell felállításra vált szükségessé.

A szakirodalom csak az árnyékolók vizsgálatával foglalkozik, az árnyékvetők méretezésére összehasonlító táblázatok lelhetőek csak fel. Ennek az a magyarázata, hogy az árnyékvetők minden földrajzi pontban és minden időpontban más-más árnyékot vetnek. A „vetett” árnyék szerkeszthető, a „diffúz-árnyék”-ra vonatkozóan a teljes elméleti háttér meg kellett teremteni. A kidolgozott elmélet egy mérési adatokra támaszkodó grafikus integrálnak tekinthető. A számításokat azok nagy mennyisége miatt számítógéppel végeztem el.

Számítógépes program írása az árnyékolók vizsgálatára:

A besugárzási adatok vizsgálatára, a hőtárolóképesség számítására és az árnyékvetők naptényezőjének meghatározására HyperTalk (az Apple HyperCard programozási nyelve) programot készítettem. A program az analitikus geometria segítségével számítja ki a szükséges paramétereket. A grafikus integrál kiszámítását egységnyi raszterra bontás elvével végzi. A program futásához szükséges meteorológiai adatokat is tartalmazza a szoftver. Az árnyékvetők illetve árnyékolók geometriai adatait koordinátáik segítségével lehet megadni. Az adatmegadás lehetővé teszi, hogy akár a környező terepet, épületeket és növényzetet árnyékoló hatását is meghatározzuk.

Grafikai megjelenítés kidolgozása:

Az adatok ábrázolására csak többváltozós térbeli függvények lennének alkalmasak. Ezeket segédletekben nagyon körülményes alkalmazni, ezért izopletták megrajzolásával tettem szemléletessé az elért eredményeket.

1. Tételes számításokkal és mérési adatok elemzésével bizonyítottam, hogy a jelenlegi piaci kínálatban szereplő átlagos építőanyagokat és építési szokásokat figyelembe véve gyakorlatilag nem lehet kielégíteni árnyékolók használata nélkül a szabvány (MSz-04-140-2:1991) nyári hőkomfortra vonatkozó előírásait és a lakók ezirányú reális elvárásait.

Ez a megállapítás teljesen ellentétes az építésztársadalom jelenlegi gyakorlatával. A tervezők általában nincsenek tudatában, hogy egy „hagyományos” téglaház is több árnyékolást igényel egy belső függőnynél. A tetőterek nyári hővédelmét pedig még a legkörülmétezőbbek is jelentősen alulméretezik.

2. A hőtároló tömeg növelésének lehetőségeit vizsgálva faszerkezetű épületekben alkalmazható, fázisváltó, hőtároló töltetes szerkezetet fejlesztettem ki, amellyel bizonyítottam e megoldás technikai lehetőségeit.

A gyakorlati alkalmazás lehetősége az árviszonyok jövőbeli alakulásától függ.

3. A külföldi globálsugárzás (I_0) számítási módszereire és a hazai mérési adatokra támaszkodva, a borultsági index ($k_T = I/I_0$) alapján új összefüggéseket dolgoztam ki. A módszer helyességét a rendelkezésre álló diffúz adatokat felhasználva ellenőriztem. A diffúz sugárzásra (I_d) vonatkozó összefüggések:

$$\begin{aligned} \text{ha } k_T \leq 0,273 & \Rightarrow |d| = 1 - 0,249 \cdot k_T \quad (I - \text{össz besugárzás}) \\ \text{ha } 0,273 < k_T \leq 0,692 & \Rightarrow |d| = 1,425 - 1,804 \cdot k_T \\ \text{ha } k_T > 0,692 & \Rightarrow |d| = 0,177 \end{aligned}$$

Amennyiben a későbbiek során több és részletesebb hazai mérés áll a rendelkezésre, úgy a képlet területegységekre bontva tovább pontosítható.

4. Számításokkal igazoltam, hogy izotróp égboltmodell esetében egy árnyékvető által kitakart (β) dőlésű felület a diffúz összbesugárzásból (I_d) a dőlésszöggel arányosan részesül.

Az arányossági tényező, a térgeometria törvényei alapján: $(180 - \beta) / 180$

5. Igazoltam, hogy a ferde felületű (γ -azimutú, β -dőlésű) etalon ablakszerkezeten (3mm síkűveg) átjutó energiaáram arányos a felületet érő összbesugárzással (I_T).

Az arányossági tényező: H_{SRG} / H_T

H_{SRG} - az etalonszerkezeten át bejutó energiaáram napi összege
 H_T - az adott felület napi össz besugárzása