

Természetes világítás hatásai és méretezése

– Filetóth Levente –

1. Természetes világítás élettani hatásai

A természetes napfény nemcsak épített környezetünk láthatóságát és minőségét határozza meg, de elengedhetetlenül szükséges szervezetünk egészséges működéséhez is.

Az építészet művészi és mérnöki vetületei közötti egyensúly megvalósításában kiemelkedően fontos szerepet tölt be a természetes fény. A napsugárzás a belsőterek természetes fényforrásán túl – megújuló energiaforrásként – meghatározó szerepet képvisel épített környezetünk energetikai jellemzőinek formálásában is.

Az emberre az optikai sugárzás ultravioleta, látható és közeli infravörös színtartománya a legfőbb veszélyforrás, az ebből a tartományból származó sugárzásnak azonban számos élettanilag fontos pozitív hatása is van. Az élettani hatások közül ki kell emelnünk az optikai sugárzásnak a napi ritmusunkra (cirkádián ritmus) gyakorolt hatását. A napi ritmust jórészt a ganglion sejtekről érkező idegimpulzusok szabályozzák, bonyolult agyi folyamatok által befolyásolva a melatonin hormon kiválasztását. A melatonin kiválasztása sötétben, éjjel megnő, világosban, nappal stagnál. A fényvel történő befolyásolást sikerrel alkalmazták a szervezet napi órájának átállítását egy transzkontinentális repülőút után az új napi időnek megfelelő erős fénybesugárzással.

A természetes világítás komplex vizsgálata során az alábbi fő területeket említhetjük:

- a fiziológiai hatások építész vetületei (cirkádián ritmus befolyásolása),
- a természetes világítás építészeti alkalmazási lehetőségei,
- a világítás és épületenergetika összefüggései és
- a belsőtéri vizuális komfort gyakorlati megvalósításának lehetőségei.

A szóban forgó hatások mértéke a belsőterben, az annak világítását szolgáló természetes fény mennyiségétől függ. Ilyen módon a kívánt hatások biztosítása a természetes világítás tervezésén, e, méretezésén keresztül jut érvényre.

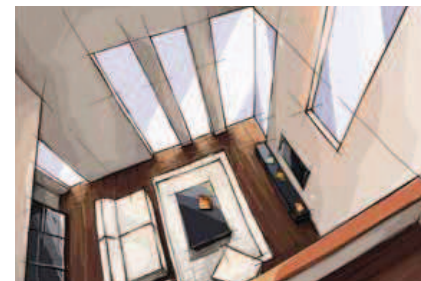
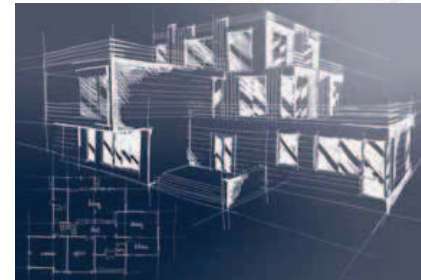
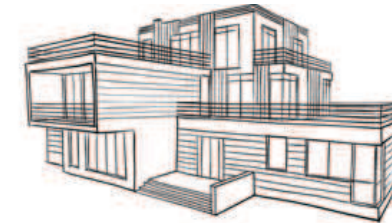
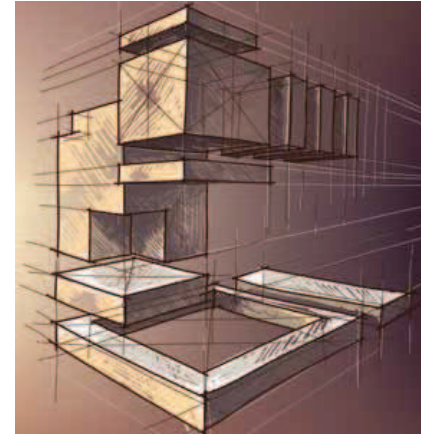
A belső terek természetes világításának tervezése és kialakítása teljes egészében építész-mérnöki feladat.

A természetes világításhoz kapcsolódó tervezői döntések megválaszolására számos méretezési módszer született. Ezek eltérő módon veszik számításba a természetes világítást alakító körülményeket, s ennek következtében pontosságuk, illetve megbízhatóságuk eltérő. Ezen – építésztervezők számára készült – természetes világítás méretezési lehetőségeinek bemutatásáról esik szó a későbbiekben.

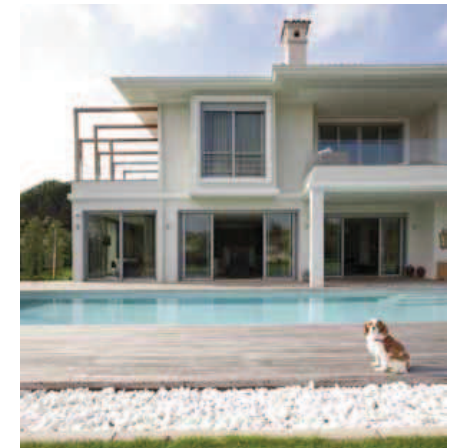
2. Természetes világítás és építész vázlatterv

Az épület természetes világításának tervezése az építésztervező feladata. Döntéseit – elsősorban idő és pénz hiányában – legtöbbször szakági tervezők és konzulensek bevonása nélkül hozza. Ebben a kezdeti tervfázisban a vázlattervek kidolgozása során a természetes fény hasznosíthatóságának lehetőségei, közel 80%-ban eldőlnek. A későbbiekben a szakági mérnökök és konzulensek mindössze kb. 20%-ban képesek befolyásolni az épületnek az építészkonceptió során kialakított természetes világítási és energetikai adottságait. Az építész feladta nem könnyű, hiszen a korai tervfázisban a tervezési döntéseket egyszerre számos, részben egymással szemben álló igény és elvárás befolyásolja (hatóságok, megrendelő, szabványok, esztétika, költségek, környezet, stb.).

Természetes világítás hatásai és méretezése



Ahhoz, hogy az építésztervezők már a koncepcionális tervek kidolgozása során tisztában legyenek a tervezett épület termé-



1. ábra: Az építésztervezési folyamat jellemző állomásai

zetes világítását befolyásoló döntéseik következményeivel, olyan eszközök és segédletek kidolgozását szorgalmazzák, amelyek:

- gyakorlati segítséget nyújtanak a tervezési döntések előkészítése során,
- pontos és megbízható eredményeket produkálnak, ezek révén előre láthatók az építész tervezési döntéseinek természetes világítással kapcsolatos vonatkozásai,
- bármely tervezési fázisban, azaz már a koncepcionális tervfázisban is, eredményesen használhatók,
- komoly előtanulmányok és szakági mérnökök bevonása nélkül is használhatók,

Természetes világítás hatásai és méretezése

- napok helyett akár 15 percen belül is megfelelő méretezési eredményeket produkálnak,
- plusz költségráfordítás nélkül elérhetők.

A már ismert – természetes világítás tervezését segítő – eszközök (szerkesztő módszerek, fizikai modellmérések, számítógépes programok) egyike sem felel meg maradéktalanul, minden tekintetben a fent felsorolt építészes tervezői gyakorlat által megfogalmazott elvárásoknak.

A következőkben röviden összefoglalom a természetes világítás méretezési stratégiáit, majd összegzem a rendelkezésre álló – természetes világítás méretezését célzó – módszerek legfontosabb előnyeit és hátrányait. Végezetül szó esik olyan méretezési eljárás kidolgozásáról is, amely a fent felsorolt kritériumok figyelembevételével igyekszik segíteni a tervezők mindennapi munkáját.

3. A természetes világítás méretezése

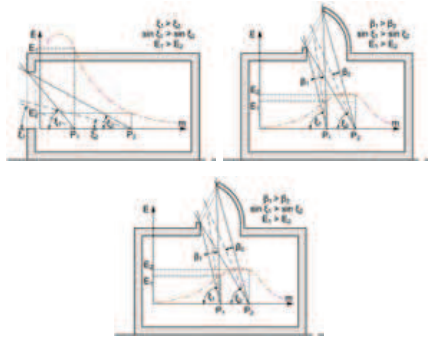
A méretezés megkezdése előtt fontos ismernünk a természetes világítás néhány alapvető sajátosságát, nevezetesen:

- a megvilágítás hatásosságát oldal- és felülvilágítás esetén,
- az egyenletes megvilágítás-eloszlás befolyásolásának korlátait,
- a természetes világítás vizuális komfort (látótérben megjelenő külső téri zavarás) vonatkozásait.

A hatásosság tekintetében fontos annak ismerete, hogy a felülvilágítás a vízszintes munkasíkra 3...5-ször hatásosabb.

Az egyenletesség tekintetében a következő ábrák szemléltetik, hogy

- az oldalvilágítás szükség szerint nagymértékben egyenlőtlen (2. ábra),
- a felülvilágítás esetén a megvilágítás kívánt egyenletességgel megoldható (3. ábra),
- a kombinált világításnál a megvilágítás egyenletessége a két előző esetből következik (4. ábra).



2., 3., 4. ábra: Az oldal-, felül- és kombinált világítás egyenlőtlenége

A belsejében természetes világításának jellemzőit a természetes fény forrásai, azaz – a közvetlen napfény, az égbolt szórt fénye és a környezet visszavert fénye – biztosítják. A természetes világítás elsősorban általános világításra szolgál. A méretezés során az adott külső tér adottságaihoz kell igazítani a belsejében úgy, hogy annak az év nagy részében reális igényeket kielégítő természetes világítás legyen. A méretezés két alapvető részből áll:

- a bevilágító formai meghatározása, a bevilágító egységek alaprajzi elrendezése és szerkezeti illesztése az épülethez,
- a választott bevilágító transzparens felületi nagyságának meghatározása.



Természetes világítás hatásai és méretezése



5. ábra: Myrskylampi templom, Vantaa, Finnország
Építész: Juha Leiviska, Fotók: Carrie Yuen Tsang, Deannachampagne

Fontos megjegyezni azt is, hogy a természetes fényt belsejébe beengedő bevilágítóknak számos egyéb – szerkezeti, energetikai, épületszerkezeti, tűzvédelmi, biztonsági, stb. – elvárásnak és előírásnak is meg kell felelniük.

A természetes megvilágítás igényeinek célszerűen a mesterséges megvilágítás igényeit tekintjük.

A természetes világítás méretezésének célja, hogy adott funkcióhoz vagy tevékenységhez biztosítsuk a szükséges megvilágítás nagyságát és egyenletességét. Miután a rendelkezésre álló természetes fény mennyisége a nappalok során napi és éves ciklusban folyamatosan változik, fontos, hogy az adott földrajzi fekvésű épület esetében az év túlnyomó részében – a nappalok mintegy 85-90%-ában – biztosított legyen a megvilágítás előírt nagysága és egyenletessége.

A legtöbb rendelkezésre álló szerkesztőmódszer és méretezésre fejlesztett programcsomag ún. implicit módon használható a természetes világítás méretezésére. Ez gyakorlatilag azt jelenti, hogy szükséges bemenő adatok (definiált bevilágító) ismeretében képes megadni az adott természetes világítási rendszer hatásosságát (a kialakuló megvilágítást). Az implicit eljárások hátránya az, hogy ezek nem képesek a természetes világítási rendszer egy adott tulajdonságát –

pl. az üvegezés nagyságát – egy lépésben, közvetlenül meghatározni. Próbálgatások sorozata szükséges ahhoz, hogy adott belső tér esetében a minimális üvegezési felület nagyságát megközelítőleg képesek legyünk meghatározni.

Az explicit eljárások előnye az, hogy az implicit módszerekkel ellentétben, képesek próbálgatások nélkül, egyetlen lépésben meghatározni, a választott bevilágító típusnak a megvilágítás-igényhez szükséges geometriai méreteit (pl. a minimálisan szükséges üvegfelület nagyságát).

4. Szerkesztőmódszerek

A szerkesztőmódszerek az égbolt közvetlen hatását követik és a belsejében hatását csak nagyon pontatlanul képesek számításba venni. Használatuk időigényes és előzetes ismeretek elsajátítását feltételezi (pl. BRS, BRE, Grün, Waldram, Daniluk módszer). Ezek elsősorban oldalvilágított hasáb geometriájú belsejében alkalmazhatók, manuális szerkesztési elveket követnek, előtanulmány szükséges a használatukhoz, számos bemenő adatot figyelmen kívül hagynak.

A szerkesztőmódszerek eredményei – elsősorban oldalvilágított belsejében – korlátozott mértékben vehetők figyelembe, mert ezek a módszerek nem képesek megfelelően számításba venni az oldalfalak és a mennyezet reflexióját. Oldalvilágítás esetén ugyanis az ablaktól távolodva az oldalfalnak és a mennyezetenek egyre nagyobb a jelentősége a belsejében ablaktól távolabbi részeinek természetes világításában.

Például: egy kb. hat méter mély, kb. három méter belmagasságú, hasáb geometriájú, oldalvilágított belsejében az ablakkal szemközti oldalfalnál a természetes megvilágítás két fő komponensből áll. Ebben az esetben a közvetlenül az ablaktól érkező (direkt) és a belsejében határoló felületekről visszaverődő (indirekt) komponensek aránya $1/2...1/4$

Természetes világítás hatásai és méretezése

meglevő számítási eljárások	fényáteresztő felületek transzmissziója	fényáteresztő felület átlátszó v. áttetsző	fényt át nem eresztő felület takarása	fényterelő felület reflexiója	fényterelő felület minősége fényes v. matt	felülvilágító geometriai kialakítása
Waldram módszer ¹	igen	nem	nem	nem	nem	részben
Daniluk módszer ⁶	igen	nem	igen	igen	nem	részben
Grünn módszer ⁶	igen	nem	nem	nem	nem	részben
CIE 16. publ. "felülvilágítók" ²	igen	nem	nem	nem	nem	részben
CIE 16. publ. "monitor" ⁵	igen	nem	nem	nem	nem	részben
CIE 16. publ. "shéd" ⁵	igen	nem	nem	nem	nem	részben
TTI TS-A5 Kupola m. ³	igen	nem	nem	igen	nem	részben
TTI TS-A5 Felüvil. h. ⁶	igen	nem	igen	nem	nem	részben
Birch módszer ⁴	igen	nem	nem	nem	nem	részben
B.R.S módszer ⁵	igen	nem	nem	nem	nem	részben

1. táblázat: Szerkesztőműszerek jellemzőinek összehasonlító táblázata

között változhat. Ezeket a komponenseket szerkesztőműszerek nem képesek kezelni, így a kapott eredmények csak 50% ... 25%-os pontatlansággal tudják a vizsgált oldalvilágítás hatásosságát jellemezni.

A szerkesztőműszerek implicit módszerek, azaz használatukhoz feltételezni kell egy ablakméretet. Többszöri próbálgatás során, különböző méretű ablakok felvételével lehetséges kideríteni azt a minimális ablakméretet, amely esetén a szükséges megvilágítási érték biztosítható. Használatukhoz szükséges némi előtanulmány és az adott módszer munkafolyamatának ismerete.

5. Számítógéppel segített eljárások

Számos programcsomag létezik, amely kapcsolódik az épületek és belsőterek világításához. Léteznek ingyenes és bárki számára elérhető alkalmazások, de vannak olyan – meglehetősen drága – programcsomagok is, amelyek elsősorban szakemberek számára készültek. A jelenleg elérhető számítógépes programcsomagok implicit módon képesek segíteni a tervezők munkáját. Nem tudnak explicit módon konkrét javaslatot adni adott geometriával és felületekkel rendelkező belsőtér bevilágításának méretezésére.

1. Waldram, P.J. and Waldram, J.M., " Window design and the Measurement and Predetermination of Daylight illumination", Illuminating Engineering, London, 1923.
2. CIE Technical Committee E-3.2, "Daylight: International Recommendations for the Calculation of Natural Daylight", Publication #16, Commission Internationale de l'Eclairage, Paris, 1970.
3. Csordás László, "Belsőtér természetes világítása, Általános tervezési segédlet", Tervezésfejlesztési és Típustervező Intézet, Budapest, 1971.
4. R.G. Hopkinson, J. Longmore, A. Murray Graham, " Simplified daylight tables", Her Majesty's Stationery Office, London, 1958.
5. J. Longmore, "BRS daylight protractors", Ministry of Public Building and Works, Building Research Station, Her Majesty's Stationery Office, London, 1968.

Természetes világítás hatásai és méretezése

5.1. Világítástechnikai programcsomagok

Számos olyan számítógépes program létezik amely a villamos társtervezők és a világítástechnikai szakmérnökök munkáját hivatott segíteni. A piacvezető világítástechnikai cégek (pl. Zumtobel, Erco, Philips stb.) is fejlesztenek – általában ingyenes – számítógépes alkalmazásokat. Ezek a programok elsősorban mesterséges fényforrások és lámpatestek tervezését segítik, esetükben bemenő adatként pontos információ szükséges a belsőtér helyiségeinek méretéről és funkciójáról is.

Azok a világítástechnikai szakemberek számára fejlesztett programcsomagok, amelyek képesek a mesterséges és természetes világítás követésére is, általában sokba kerülnek, használatuk komoly szakértelmet követel. Elsősorban a kiviteli tervdokumentáció szakági munkafolyamatainak kidolgozását hivatottak segíteni, hiszen jóval több bemenő adat szükséges használatukhoz, mint amennyi a kezdeti tervfázis során az épületről rendelkezésre áll.

Egy ilyen ingyenesen hozzáférhető programcsomag a DIALux, amelyhez a legtöbb világítással foglalkozó cég biztosít lámpatest-és fényforrás-adatbázist.

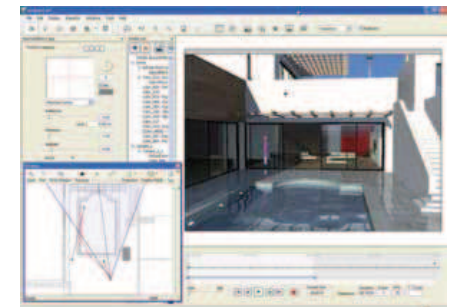


6. ábra: A DIALUX programcsomag grafikus felhasználói felülete

5.2. Fotorealistikus ábrázolást célzó alkalmazások

Ezen programok modellező moduljainak a segítségével tetszőleges belsőteri geometria modellezhető, továbbá a programok a számítások során képesek felületjellemzőket (pl. reflexió, transzparencia) is figyelembe venni. A renderelő motorok képesek arra, hogy a többszörös fénytöréseket a fény fizikai törvényszerűségei („raytracing”, „global illumination” renderelő eljárások) szerint számítsák.

A fotorealistikus animációk és látványtervek készítésére fejlesztett alkalmazások elsődleges célja az építészeti terv „vizualizációja”, amely főként a terv megértését segíti elő. Az így készült látványtervek nem alkalmasak a természetes világítás hatásosságának elemzésére. A programcsomagok képesek az égbolt szórt fényét szimulálni, de a szabványos égboltállapotok fényűrűség-eloszlásait nem tudják kezelni. A természetes és mesterséges fényforrások fényét részben a fizikai törvényszerűségek modellezésével követik. Ugyanakkor nem határozható meg velük a belsőtér felületeinek megvilágítása, fényűrűsége vagy a vizsgált belsőtér világítási tényezője. Hátrányuk, hogy használatuk szakértelmet igényel, és a professzionális megoldások ára igen magas. Ezen programcsomagok nem alkalmasak a korai tervfázisban felmerülő kérdések hatékony tisztázására, hiszen nem a természetes világítás méretezési kérdéseinek explicit kezelésére készültek.



7. ábra: Az Artlantis Studio alkalmazás grafikus felhasználói felülete

5.3. Építészeti tervezést segítő megoldások

Az építészeti tervezést és tervdokumentálást támogató számítógépes programcsomagok kifejezetten építések számára készültek, vagyis ez esetben a tervezők építész-mérnöki képzése elegendő a programcsomagok hatékony használatához (az egyes programcsomagok konkrét alkalmazását természetesen el kell sajátítani, de nincs szükség olyan szakirányú ismeretre, amely túlmutatna az építés szakmai ismeretein).

E megoldások elsődleges célja az építészeti tervdokumentáció előállítás, valamint a társtervezőkkel való együttműködés támogatása. Segítségükkel gyorsan és könnyen készíthetők látványtervek. Legtöbb esetben el tudnak végezni benapozás-vizsgálatot, amely alapján az építész el tudja dönteni, hogy szükséges-e árnyékoló rendszerek beépítése, de a természetes világítás méretezésére nem használhatóak.



8. ábra: Az ArchiCAD alkalmazás grafikus felhasználói felülete

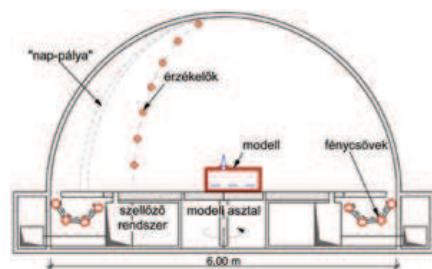
Bevásárló központ épületinformáció modellje, építész: Klreck Építésziroda



9. ábra: Sydney belvárosának benapozásvizsgálata; vizualizáció: Arterra Interactive, www.arterra.com.au

6. Modellmérések

A mesterséges égboltokban történő fizikai modellmérés során minden modellezhető geometria és felületjellemző hatását „valós körülmények között” vizsgálhatjuk. Ennek következtében a legpontosabb méretezési lehetőség. A modellmérések lefolytatásához elengedhetetlenül szükségesek a megfelelő eszközök (pl. mesterséges égbolt) és a méréseket lefolytató szakemberek, továbbá a tervezett épület méretarányos, világítástechnikai modelljének elkészítése. Mindez időt és pénzt igényel, amelyet a beruházó nem minden esetben kész vállalni. Továbbá egy adott tervváltozat természetes világításának elemzése – a modellépítéssel, méréssel és a mért eredmények kiértékelésével – akár több hetes átfutást is jelenthet.



10. ábra: Mesterséges égbolt keresztmetszete (BME)

A megépített modell elsősorban implicit módon képes segíteni a tervezői döntéseket. A modellmérés eredményeképpen megbizonyosodhatunk arról, hogy egy bizonyos tervalternatíva megfelel-e az előírt természetes világítási elvárásoknak. A fizikai modellmérések nem adnak közvetlen választ arra, hogy konkrétan mekkora transzparens felület szükséges adott belső térben a kívánt természetes világítás biztosítására, de megbízható alapot nyújtanak a méretezés korrigálására, azaz a szükséges transzparens felület meghatározására. Összességében ez a legmegbízhatóbb eljárás.

A természetes világítás modellmérésekkel történő vizsgálata olyan épületek esetében javasolt, ahol a természetes fény biztosítása és a belső téri vizuális komfort megvalósítása az épület funkciójából adódóan kiemelkedően fontos, és a vizsgált belső tér geometriai kialakítása összetett.

A modellmérés tehát pontos és megbízható eredményeket szolgáltat egy adott terv esetében.



11. ábra: A Magyar Telekom székház fedett udvarának természetes világítási modellje
Építész: Balázs Mihály DLA, Török Ferenc; MATÁV Igazgatási Központ, Budapest, Krisztina krt. 55.

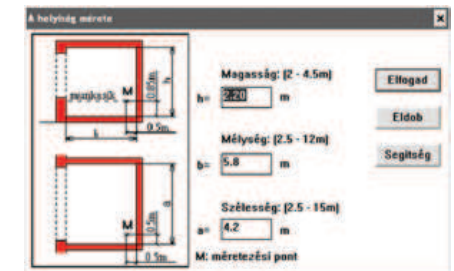
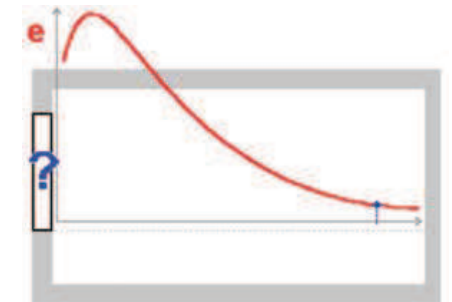
7. Generatív módszerek

Az itt ismertetésre kerülő generatív módszerek egyesítik a fizikai modellmérések pontosságát, a szerkesztő eljárások következetességét és a számítógépes alkalmazások gyorsaságát. Explicit módszerek lévén, adott megvilágítás igény esetén konkrét javaslatot nyújtanak adott geometriájú és adott felületjellemzőkkel rendelkező belső tér transzparens felületeinek méretezéséhez.

7.1. Oldalvilágított belsőterek

A prof. Majoros András PhD által kifejlesztett ún. Majoros-féle generatív módszer a mesterséges égboltban végzett modellmérések eredményén alapul és belsőterek természetes világításának méretezését segíti. Oldalvilágított hasáb geometriájú helyiségek esetében az ablakfelület explicit meghatározásához használható. A külső takarás geometriája és reflexiója, az ablak jellemzői (helyzet, üvegezés anyaga, rétegszáma, piszkolódás, keret), a hasáb geometriájú helyiség geometriája, falainak reflexi-

ója ismeretében számítható ki a természetes világításhoz szükséges ablakfelület. A módszer alapján készült számítógépes program ingyenesen hozzáférhető a BME Építész-mérnöki Kar Épületenergetikai és Épületgépészeti Tanszékének honlapján (www.egt.bme.hu). Ez a generatív módszer néhány percen belül képes a méretezéssel kapcsolatos gyakorlati igényeket megfelelő pontossággal kielégíteni.



12. ábra: A Majoros-féle generatív módszer alapuló számítógépes alkalmazás grafikus felhasználói felülete

7.2. Felülvilágított belsőterek

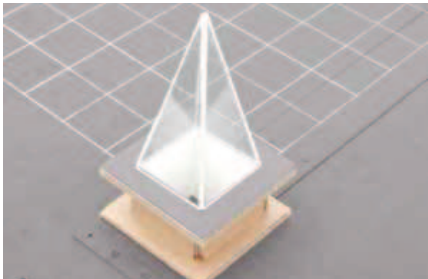
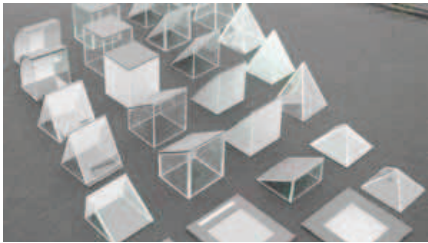
A hatások módszer felülvilágított, hasáb geometriájú helyiségekben a felülvilágító méretének explicit meghatározására szolgál. Ez a meglévő számítási módszer szimmetrikus geometriával (monitor, donga, nyereg, kupola, gúla) rendelkező felülvilágító rendszerek esetén használható. A hatások módszer jelen formájában nem képes a szükséges pontossággal kezelni a bevilágító akna mélységét, annak felületjellemzőit, illetve a beépített transzparens felületek jellemzőit. Ezen jellemzők mellőzése

Természetes világítás hatásai és méretezése

jelentősen (> 10%) befolyásolja a felülvilágító rendszer hatásságát.

A mesterséges égboltban méréseket végeztünk, amelyek során vizsgáltam és azonosítottam

- a felülvilágító geometria,
- a bevilágító akna geometria- és felületjellemzők,
- a transzparens felületek jellemzőinek belsőtéri megvilágításra és megvilágítás eloszlásra gyakorolt hatását.



13. ábra: A mesterséges égboltban vizsgált felülvilágító rendszerek

A mesterséges égboltban folytatott modellmérések lehetővé teszik felülvilágító rendszerek transzparens felületeinek explicit méretezését, a hatásfok módszer pontosítását és kibővítését gyakorlati eseteknek tekinthető geometriájú és aszimmetrikus felülvilágítók eseteire is. A fenti kutatás eredményeként kidolgozásra kerülő generatív hatásfok módszer számítógépes program formájában, ingyenesen áll az építészek rendelkezésére. Ez a méretező eljárás a gyakorlati igényeket kielégítő pontossággal, néhány percen belül szolgáltat eredményt.

8. Összefoglalás

Az elmúlt száz év során számos természetes világítás méretezést segítő módszer született. A hagyományos, szerkesztőmódszerek csak 25% ... 50%-os pontatlansággal tudják az oldalvilágított belsőtérben a természetes világítás hatásságát jellemezni.

A számítógéppel segített, professzionális világítástechnikai programok részletes és pontos bemenő adatokat követelnek, és világítástechnikai szakemberek számára készülnek, mind ezért nem alkalmasak a kezdeti tervfázisban szükséges vizsgálatok hatékony elvégzésére.

A mesterséges égboltban végzett modellmérések lehetővé teszik a belsőtér és a bevilágító minden – világítástechnikai szempontból meghatározó – jellemzőjének természetes világításra gyakorolt hatását. A fizikai modellmérések pontos eredményeket nyújtanak, de idő, szakértelem és megfelelő technikai háttér szükséges lefolytatásukhoz. Egyedi esetekben – pl. rendhagyó geometriával rendelkező belsőtéri esetekben – indokolt lehet a modellmérésen alapuló méretezés lefolytatása.



14. ábra: A Reichstag kupolája mint felülvilágító, építész: Foster + Partners Architects, London, UK

Az generatív módszerek egyesítik a fizikai modellmérések pontosságát, a szerkesztő eljárások következetességét és a számítógépes módszerek gyorsaságát. Ezek az explicit eljárások konkrét javaslatot nyújtanak vizsgált belsőtér természetes világításának méretezése során.

Természetes világítás hatásai és méretezése

Az általános építésztervezői gyakorlat bevezetőben felsorolt elvárásait a generatív méretezési eljárások képesek legjobban teljesíteni. Ingyenesen letölthető számítógépes alkalmazásként hozzáférhetőek, használatuk nem igényel komoly világítástechnikai ismereteket, 15 percen belül konkrét méretezési eredményeket nyújtanak, és már a kezdeti tervfázisban is használhatóak.

IRODALOM:

1. Schanda János: Az optikai sugárzás élettani hatásai, Magyar Tudomány, 2002/8.
2. Kittler, Richard – Kocifaj, Miroslav – Darula, Stanislav, "Daylight Science and Daylighting Technology", Springer-Verlag GmbH, 2011.
3. Majoros András, "Belsőterek világítása", Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1998. Malcolm Quantrill, "Juha Leiviska and the Continuity of Finnish Modern Architecture (Architectural Monographs)", Wiley-Academy, 2001.

4. DIALux, DIAL Light Building Software GmbH, Lüdenscheid, Germany, www.dialux.com
5. Artlantis 3D Rendering Software, Abvent SA, Paris, France, www.abvent.com, www.artlantis.com
6. ArchiCAD épületinformációs modellező programcsomag, Graphisoft, Budapest, www.graphisoft.hu
7. Majoros András, "A természetes fény építészeti hasznosítása", Kandidátus értekezés, BME, Budapest, 1985.
8. IES Daylighting Committee, Illuminating Sky Society, "Recommended Practice of Daylighting", Lighting Design & Application, New York, 1962.
9. Majoros András, "Daylighting", Passive and Low Energy Architecture International, Department of Architecture, The University of Queensland, Brisbane, 1998.
10. Filetőth Levente, "Természetes világítási rendszerek szerkezeti és világítástechnikai összehasonlító elemzése", Doktori értekezés, BME, Budapest, 2005.

**Ma már más
korban élünk...**

**Tájékozódjon
Ön is online:**

www.vilagitas.org
www.ledacafe.hu