

Világítási rendszerek – a Lighting Europe állásfoglalása

(Forrás: lightingeurope.org, Press Release, 2018. ápr. 30.)

Bevezetés

A LightingEurope megalakulása óta mindig támogatja az EU-nak azokat a kezdeményezéseit, amelyek előnyösek a fogyasztók, a környezet és a gazdaság számára. Ezért támogatja az olyan világítási rendszereket, amelyek jelentős energiamegtakarítást eredményeznek, ugyanakkor növelik az épületfelhasználók kényelmét és teljesítőképességét.

A LightingEurope sürgeti az Európai Bizottságot a következőkre:

- Olyan szabályozási környezet fenntartására, amelyben a világítási rendszerek mind önállóan, mind az épület-automatizálási és -vezérlési rendszer (BACS) részeként működhetnek;
- Fontolják meg és hajtsák végre a világítási rendszerekről szóló ENER Lot 37 előzetes tanulmányban szereplő javaslatokat;
- Ahol csak lehetséges, hangolják össze a nemrégiben kezdeményezett ENER Lot 38 tanulmánynak a BACS követelményeiről szóló részét az ENER Lot 37 tanulmány szakpolitikai javaslataival, és foglalják bele azokat az ENER Lot 38 tanulmányba, közben gondoskodva a Smart Readiness Indicator (intelligens készenléti mutató) által körvonalazott ajánlások adaptálásáról.
- Olyan funkcionalitással kapcsolatos követelményeket vegyenek figyelembe, amelyek technológiailag semlegesek, és nem jelentenek terhet az iparágra az (ellenőrző) eszközökre vonatkozó követelmények megteremtésével;
- Biztosítsák a működést a BACS-szal, miközben őrizték meg rugalmasságát a világítás igényeihez;
- Érték el, hogy a Világítási Rendszer Tervezési Folyamat (Lighting System Design Process) specifikációi átfogó módon felleljenek meg a CEN/TS 17165-nek mind az épületfelhasználók, mind a befektetők igényeinek kielégítése érdekében; és
- Fókuszáljanak a (világítási) vezérlőrendszerek használatából adódó energiamegtakarításokra – függetlenül az épület igényoldalról jelentkező energiaterheléstől.

Energiamegtakarítások a világítási rendszerek révén

A „fogatőkönnyvtől” függően a világítás 2030-ig a nem lakóépületek teljes költség-hatékony energiamegtakarítási potenciál-

	2030	2050
Évi energiamegtakarítás	20-29 TWh/év	48-56 TWha/év
Százalékos megtakarítás az elektromos áramfelhasználásban (BAU)	9%	18%
Halmazott energiamegtakarítás	110-180 TWh	900-1000 TWh
Üvegházhatást okozó gázok halmazott csökkenése	40-60 millió tonna CO ₂	270-300 millió tonna CO ₂
Energiaköltségek csökkenése	3-5 milliárd euró/év	21-25 milliárd euró/év

1. táblázat – Vezérlők nélküli, optimalizált (bel- és kültéri) világítási rendszerek energiamegtakarításai (European Commission: Impact Assessment accompanying the proposal for a Directive on the energy performance of buildings, Brüsszel, 2016. nov. 30., p. 331)



Az alkalmazottak az irodákban akár 12%-kal is jobban teljesíthetnek



A munkások teljesítménye akár 18%-kal is megnőhet



A tanulók akár 14%-kal is jobb eredményeket érhetnek el

2. ábra – Az elérhető jobb közérzet és teljesítőképesség (Forrás: EcoDesign Consultants.; Healthy Buildings, 2016. febr. – www.ecodesignconsultants.co.uk/healthy-buildings/; University of Twente and CBRE: Healthy Offices Research, 2016, www.cbre.nl/en/healthy-offices-research)

jának mintegy 20%-át adja. (European Commission: Impact Assessment accompanying the proposal for a Directive on the energy performance of buildings, Brüsszel, 2016. nov. 30., p. 54-55.) A megfelelően tervezett és jól koordinált világítási rendszerek az energiafogyasztás és a CO₂-kibocsátás csökkentésének egyik legköltséghatékonyabb módját képviselik.

A világítási rendszerekről szóló ENER Lot 37 előtanulmány olyan szakpolitikai intézkedéseket javasol, amelyek az EN 15193-1 alkalmazásával értékelhetők ki (a világítási energia számszerű mutatója (LENI) kWh/(év/m²)-ben mérhető értékével). A világítási rendszerek energiamegtakarítási lehetőségeinek becslését beltéri és kültéri alkalmazásokra egyaránt az 1. táblázat mutatja be.

A LightingEurope arra ösztönzi az Európai Bizottságot, hogy tegyen lépéseket a végső ENER Lot 37 tanulmányban foglalt szakpolitikai ajánlások betartására, és törekedjen arra, hogy a világítástechnikai komponensekre vonatkozó meglévő rendelkezések mellett a világítási rendszerekkel a jelenlét- és fényérzékelős vezérléséhez hasonló funkciók előírásával energiamegtakarításokat lehessen elérni.

A világítási rendszerek a nagy energiamegtakarítások mellett jelentős előnyöket kínálnak az épületek felhasználói számára vizuális komfortjuk, jó közérzetük és teljesítőképességük tekintetében is. A világítás elsődleges célja a megvilágítás és a megfelelő feltételek biztosítása a felhasználó számára. A minimális vizuális komfortot és teljesítőképességet biztosító beltéri vilá-

gítás követelményeit az EN 12464-1-ben dolgozták ki. Ez elsősorban a munkahelyekre fókuszál, és az épületek energiamegtakarításával kapcsolatos EN 15193-1:2017 szabvánnyal párhuzamosan működik. A fent említett szempontok megemlékezésére kerülnek az átfogó Világítási Rendszer Tervezési Folyamat CEN/TS 17165 specifikációjában, amely kielégíti mind az épületek felhasználóinak, mind azok befektetőinek igényeit.

A világítási rendszerek az épületfelügyelet részét képezik. Ez lehetővé teszi a világítási rendszereknek a BACS-on belüli korlátozás nélküli működtetését, így a világítási beállítások a végfelhasználók vizuális és nem vizuális igényeinek megfelelően realizálhatók. Ez olyan intézkedéseket igényel, amelyek kizárólag a BACS funkcionalitására összpontosítanak és technológiailag semlegesek. Az ENER Lot 37 tanulmány bemutatja, hogy milyen nagy energiamegtakarítást lehet elérni, feltéve, hogy a technológiák nem rögzítettek (azaz technológiai semleges követelmények). A (világítási) vezérlőeszközökre vonatkozó (azaz nem technológia semleges) követelmények bevezetése korlátozza a további energiamegtakarítási technológiák kifejlesztését. Ezért a technológiailag semleges megközelítés előfeltétele az intelligens épületek kialakításának, amint azt az intelligens készenléti mutató előírányozza.

A keresleti oldal rugalmasságának kockázatai

Noha a világítás olyan tulajdonságokkal rendelkezik, amelyek érdekesebbek a jövőbeli

keresleti oldali rugalmassága (túlterhelés, gyors reagálás és késleltetett fogyasztás) tekintetében, meg kell jegyezni, hogy vannak olyan törvényi előírások a fény biztosítására (pl. munkahelyeken, utcákon, alagutakban stb.), amelyek megnehezítik a keresleti oldal rugalmasságához való kapcsolódást. Ezért az előrehaladás javasolt módja az, hogy az energiamegtakarítás tekintetében a vezérlőeszközök világítási rendszerekbe való beépítésére és a régi világítási rendszerek vezérlőeszközökkel való felújítására kell koncentrálni. (*LightingEurope: Position Paper on lighting in the smart grid, Brüsszel, 2014. nov. 13. – www.lightingeurope.org/images/publications/position-papers/Lighting_in_the_Smart_Grid.pdf.*)

A fény eszköz a dinamikus munkakörnyezetekhez – Holisztikus tanulmány a terek napfény és mesterséges világítás kombinálásával történő kialakításához

(Forrás: www.tridonic.com, Press Release, 2018. márc. 26.)

A világ számos vezető fénytechnikai vállalata és a nagy elismertségnek örvendő koppenhágai Aalborg Egyetem egyedülálló tanulmánya új dimenziót kínál a munkakörnyezet számára annak feltárásával, hogy a dinamikus napfény és a dinamikus elektromos világítás térbeli összjátéka hogyan tudja támogatni az egyéni igényeket és a különböző munkahelyi szituációkat.

A Tridonic, az iGuzzini, a Fagerhult és a Zumtobel világítástechnikai vállalatok egyedülálló kooperációban végeznek egyfajta csapatmunkát az Aalborgi Egyetemmel. Ez a világítástechnikai ipar fontos közös projektje új paradigma kidolgozását tűzte ki célul annak érdekében, hogy a felhasználó dinamikus világítással javíthassa a munkakörnyezetet.

A kettős dinamikus világítás (Double Dynamic Lighting) elnevezésű projektet a PhD fokozattal rendelkező Sofie Linnebjerg tudományos munkatárs vezeti Dr. Ellen Kathrine Hansen professzor irányítása mellett a koppenhágai Aalborg Egyetemen. A tanulmány vizsgálja a dinamikus világítási környezet térbeli tulajdonságait és a felhasználók közérzetére gyakorolt hatását.

Egészséges épületek a BACS által támogatott emberközpontú világítás révén

A világítási rendszerek igazi lehetőségei abban rejlenek, hogy azok hogyan képesek javítani a világítás minőségét és az épületben tartózkodók közérzetét és teljesítőképességét az emberközpontú világítás (HCL) lehetővé tételével (1. a 2. ábrát). Ez röviden azt jelenti, hogy a megfelelő világítást a megfelelő helyen és időben biztosítják. Az emberközpontú világítás a fény spektrumának és erősségének napközbeni dinamikus változtatásán alapul – a természetes és elektromos fény kiegyensúlyozása mellett.

A CIE 222 jelentés rögzíti az emberközpontú világítást lehetővé tevő világítási stratégiák alapjait. A LightingEurope meg-

állapította a világítási rendszerek azon jellemzőit, amelyek hozzájárulnak az emberközpontú világítás kialakításához (kidolgozás alatt álló információk).

A LightingEurope arra ösztönzi az Európai Bizottságot, hogy az épületek világítási rendszereinek működőképességével, ne pedig azok technológiájával (ideértve a rendszerkomponensekét is) kapcsolatosan határozzon meg minimális követelményeket, mivel a következő években jelentős innovációk várhatók a világítási/épületautomatizálási rendszerek területén.

(További információ: *LightingEurope: Infographic on Healthy Buildings, 2017. okt. 4. – www.lightingeurope.org/images/focus-areas/LED/11_LE_HealthyBuilding_Infog.pdf.*)



A világítást a munkahelyek mindennapi használójának eszközeként közelítik meg, amellyel stimulálni lehet a napközben végzett különböző tevékenységeket. Gyakorlat-orientált és tapasztalatokon alapuló tervezési elveket fognak megfogalmazni, tesztelni és működtetni egy sor kutatómunka folyamán, amelyeket meglévő dinamikus világítási környezetekben végeznek el az Aalborg Egyetem Light Lab létesítményeiben és teljesen interaktív, háromdimenziós számítógépes modellek segítségével.

Dr. Hansen egyetemi docens, az építészeti tudományok kandidátusa, valamint az Építészeti, Formatervezési és Médiatudományi Tanszék világítástervezési programigazgatója így nyilatkozott a tanulmányról: "A tanulmány célja holisztikus szemléletmód kialakítása a világítással kapcsolatban olyan módszerek innovatív elegyítése révén, amelyek képesek ezután a világítástechnikai iparban „jóváhagyási pecsétként” működni. A biológiai, esztétikai és funkcionális szempontok kombinációjának kell meghatároznia a tervezési folyamat alapjait. A tanulmány végén az új kutatási eredmények a világítástervezők specifikáció révén fognak hasznosulni az építészetben – így segítve az embereknek mindennapi életükben."

Új módszerek „tudásalapként” való kipróbálása

A „kettős dinamikus világítás” tanulmány szemléletét elsősorban interdiszciplináris jellege és vegyes módszertani megközelítése jellemzi: az ipari partnerek gyakorlati

TRIDONIC



AALBORG UNIVERSITY
DENMARK

alkalmazási ismereteikkel és az egyetemmel való együttműködésükkel járulnak hozzá, ami garantálja a magas tudományos szintet.

A tanulmány arra a kérdésre keres választ, hogy a felhasználó miként használhatja a dinamikus fényt a munkakörnyezetének támogatására. Ezt új vizsgálati módszerek, például kamerákkal, érzékelőkkel vagy nyomkövető eszközökkel végzett mérések, valamint klasszikus megfigyelések és interjúk segítségével végzik. Következésképpen a kutatási módszer máris biztosítja az úttörő megközelítést a fény, az építészet és a médiatechnológia kombinációjával.

Az Aalborg Egyetemről – röviden

A koppenhágai Aalborg Egyetem a professzionális világítástervezési elismerésként ismert PLDR-díj birtokosa, amelyet az építészet, a fény és a médiatudomány ismereteire és készségeire épülő transzdiszciplináris mesterképzéséért kapott.

2 A 2018. évi „Fény által összekötve” – világítás-tervezési verseny New York-i egyetemisták részére

(Forrás: http://iesnyc.org/Student_Competition, 2018. április)

2000 óta a Világítástechnikai Mérnökök Szövetségének New York-i Szekciója (IESNYC) minden évben tervezési versenyre invitálja New York City művészeti és tervező főiskoláinak hallgatóit. A verseny arra ösztönzi a diákokat, hogy fedezzék fel a fényt művészi formaként, demonstrálják „ingerhatását” és igazolják értékes közeg voltát. A világítástechnika, az építészet, a belsőépítészet, a képzőművészetek, a formatervezés, a fotóművészet és a villamosmérnöki tudományok hallgatói minden évben olyan projektekkel jelentkeznek, amelyek az adott témával kapcsolatos ötletek és interpretációk sokféleségét mutatják.

Az idei év témája, a „Fény által összekötve”, olyan háromdimenziós tanulmány elkészítésére kérte a hallgatókat, amely bemutatja, hogy milyen hatással van a fény mindennapi életünkre – interszónális, interkulturális, technológiai vagy valamilyen más módon. Összeköttetések nélkül sötétben vagyunk. Attól a gyerektől kezdve, aki zseblámpájával az ágytakaró alatt olvas, a különböző kontinenseken élő embereket összekapcsoló fénylő képernyőn keresztül a nagy messzeségbe gyertyafénnyel üzenetet küldőig a fény kapcsolatokat, hálózatokat képes építeni vagy erősíteni.



II. díj: Az ablak – Aziz Aysel és Vishaal Ravikumar, MFA Lighting Design, Parsons the New School for Design, Instruktör: Derek Porter



III. díj: Kirobbanó siker, Florence Peters, BID Industrial Design, Pratt Institute, Instruktör: Peter Barna

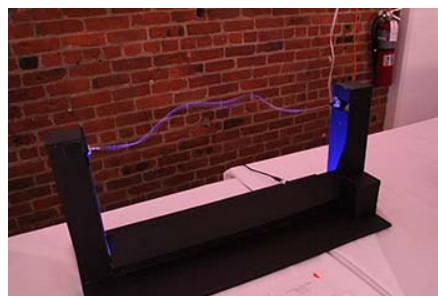
A NAGYDÍJ NYERTESE: Hansol Jung, BID Industrial Design, Pratt Institute, Instruktör: Willy Schwenzfeier



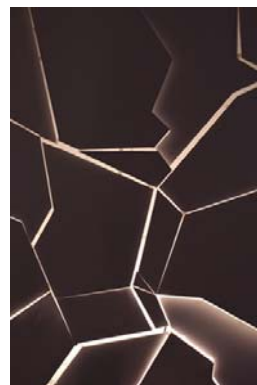
DICSÉRETBEN RÉSZESÜLT ALKOTÁSOK



Szivárványok és pillangók, Pei-Ying Lin
MPS-L Lighting Design, NYSID, Instruktör: Eric Chenault, Fotó: Colin Weber



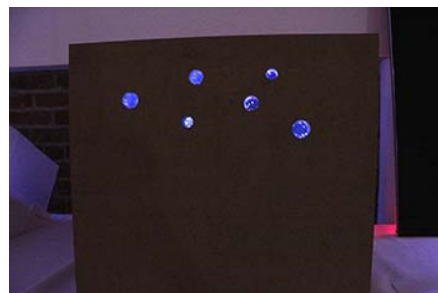
Kinect, Maya Elghawi, Bachelor of Arts Product Design, Parsons the New School for Design, Instruktör: Kimberly Snyder



Ukeire, Yuanxin Yao, BID Industrial Design, Pratt Institute, Instruktör: Molly Roberts



Koncepció, Katerina Kahl, Bachelor of Arts, Fordham University, Instruktör: Colin Cathcart



Zseb-univerzum, Alejandro Barroso, BID Industrial Design, Pratt Institute, Instruktör: Molly Roberts

2018. évi nemzetközi világítástervezési versenyének díjazottjai, 1. rész (Forrás: www.iald.org, Press Release, 2018. máj. 9.)

A világítástechnikai szakma nagyságai gyűltek össze 2018. május 9-én Chicago trendi Revel Fulton Market-ében a Világítástervezők Nemzetközi Egyesülete (IALD) 35. évi közgyűlésére, hogy tiszteljenek a nemzetközi világítástervezői verseny győzteseinek előtt. Tizenegy országból 17 projekt került terítékre – köztük beltéri világítások, munkahelyek, múzeumok, egészségügyi és szakrális létesítmények világításai. Az idei győztesek az architektúrális világítások tervei világában talált leginnovatívabb és leginspirálóbb munkák közül kerültek ki.

Az összes kategória közül a legmagasabb pontszámot elért győztes – amellyel, hogy megkapta projektjére az Award of Excellence kiválósági díjat – kiérdemelte a IALD „Sugárzó alkotás” díját (Radiance Award) is. A Sugárzó alkotás díjazottjai csak az esti díjátadó ünnepségen szereznek tudomást erről a megtisztelő elismerésről.

Ezt az elismerést idén Stephanie Grosse-Brockhoff és Andreas Schulz, a Licht Kunst Licht munkatársai vehették át a németországi Erbach Német Elefántcsont Múzeumának világításáért

A 17 díjazott projekt közül hét kapta meg a „kiválósági díjat, nyolc részesült „elismerő oklevélben” és kettő kapott különdíjat.

A IALD nemzetközi világítástervezési versenye a legrégebben futó ilyen megméretetés, amely az architektúrális világítási tervek kiválóságát igyekszik elismerni. A program azokat a világítási terveket díjazza, amelyek új magaslatoakat érnek el, messze túlmutatnak a megszokotton, és az esztétikai és technikai tervezés kiválóságát reprezentálják. A zsűrizés szigorú és a résztvevők anonimitására épülő folyamat. A háromnapos zsűrizési processzus végén csak a konzisztens tervezési minőséget és technikai jártasságot felmutató projektek kaphatnak elismerést.

„Sugárzó alkotás” díjban (Radiance Award) részesült

Az Erbach-i Német Elefántcsont Múzeum világítása, Erbach, Németország

Ez a csinos kiállítási hely a németországi Erbachban apró, de gyönyörű, elefántcsont tárgyak gyűjteményének ad otthont.

A Licht Kunst Licht világítástervezői iroda világításával és a Sichau & Walter építész-iroda architektúrájával a Német Elefántcsont Múzeum terének kialakítása emléke-



Világítástervezés: Stephanie Grosse-Brockhoff, Andreas Schulz, Till Armbrüster, Felix Beier – Licht Kunst Licht AG, Németország;
Építészet: Peter Sichau, Patrick Tetzlaff, Sarah Pietrucha – Sichau & Walter Architekten BDA, Fulda, Németország
Fotó: Sichau & Walter Architekten BDA



zetes kontrasztot teremt a kiállítási tárgyak és környezetük között anélkül, hogy elvonná a figyelmet az egyes kiállítási tárgyokról.

A tervezők és építészek korán rájöttek, hogy az elefántcsont tárgyak kiállításának helyet adó régi palota felújításához nem állna rendelkezésre elegendő forrás. Így született meg egy olyan kiállítás ötlete, amely az „épületburoktól” elkülönülve „vizuálisan oldja a teret”. Piros bőrral bevont pilaszter köti össze az üvegvitrinákat és biztosít színes kontrasztot a monokróm kiállítási tárgyakkal szemben. Mindegyik vitrin egy-egy világító kocka; a részlegesen mattított üvegezés és a „baljóslatú” kiemelő világítás hatására a figurák varázslatos módon szinte egyfajta ködből emelkednek ki. A tervezők el akarták kerülni az üvegen létrejövő tükröződések, függetlenül attól, hogy a vitrinben belüli vagy azon kívüli fényforrásoktól származnak-e.



A vitrineken kívüli valamennyi fényforrás gondosan rejtve marad az ügyes elhelyezésnek vagy kiegészítőknek köszönhetően,

és a vitrinekben lévő valamennyi lámpatest fókuszált fényeloszlású, és fényterelővel van ellátva.

A kiállítási szekrények üvegburkolatúak, így nincsenek sarokprofilok, ahol a fényforrások és a vezetékek elrejtethetők lennének. A tervezési koncepció megkívánta hatás megőrzése érdekében ezért a tervezők egy kis méretű profilt helyeztek el a szekrények felső sarkában, amelybe minden világítástechnikai elem beszerelhető, elrejtve a kábeleket és a toldásokat egy vakfedél mögött. A helyszíni tesztelésnél kiderült, hogy az ezüstözött elemek kevésbé láthatóak, mint a feketék, ezért a szerelvényeket és a kábeleket gondosan elrendezték és láthatatlan módon rejtették el az üveg sarokillesztésekben.

A zsűrire nagy hatással volt, hogy ilyen gondosan ügyeltek a részletekre. Az egyikük meg is jegyezte, hogy ez a megközelítés végső soron a felhasználói élményt szolgálja: „A fényszóródás és a tükröződések kontrollálása vitathatatlanul a kiállítási tárgyakra irányítja a látogató figyelmét, láthatatlanná téve a burkolatot.”

A kiállítás vörös árnyalatával összhangban a vitrinek világítása 3000K színhőmérsékletű. Az egyetlen kivétel a vitrinek alja – az üvegcockák alsó harmada ugyanis matt, és az aljzatba épített élvilágítással van ellátva. A diffúz átmenetek zökkenőmentesen simulnak bele az átlátszó üvegbe. Az élvilágítás hatására az üveg homályosítása ködre emlékeztető, visszafogott fényt produkál. A LED-szalagot a vitrinek aljába rejtették. Fénye 5000K színhőmérsékletű, azaz hidegebb, mint a tárgyak és a közlekedőterületek megvilágításáé. Ez jól támogatja a jeges kód kialakításának tervezési koncepcióját, amelyből csodálatos módon emelkednek ki az apró figurák.

„Elképesztő” – jegyezte meg az egyik zsűritag. „Egyszerű, de elegáns megoldás, amely felfedi az elefántcsont figurák textúráit és formáit.”

A biztonságos hozzáférés és a idős emberek és mozgáskorlátozottak érdekében a vörös borítású járófelületet ki kellett emelni, ami megkönnyíti az orientálódást, egyensúlyérzetet kölcsönöz és egyfajta „vörös fonalat” nyújt a vendégeknek, amely végigkíséri őket a kiállításon. A befelé néző pilaszter balusztrád oldalának felső részébe hornyokat képezték ki. A ferde nyílások gondosan tesztelt szögben a járófelületre irányulnak, bennük LED-szalagokkal, amelyeket fekete méhsejt kiképzésű fényterelővel láttak el, hogy a fényforrásokat még a vízszintesen rájuk irányuló tekintetek előtt is elrejtse. Ugyanakkor kiemelik az útfelület közepét és egyfajta vezető-

fonalként is szolgálnak.

„A fényt és az anyagokat tökéletes harmóniában használják fel a Német Elefántcsont Múzeumban” – emelte ki egy másik zsűritag. „Elképesztően pontos részletezés és koordináció lenyűgözően kitűnő látvánnyal karöltve.”

Kiválósági díjjal (Award of Excellence) kitüntetett alkotások

A Bahá'i Temple for South America világítása, Peñaloe, Santiago, Chile

Ez a több mint nyolc évig tartó munkálatok során elkészült lenyűgöző vízparti „fényvirág” kilenc, márványból, üvegből és acélból készült, átlátszó szziromból áll.

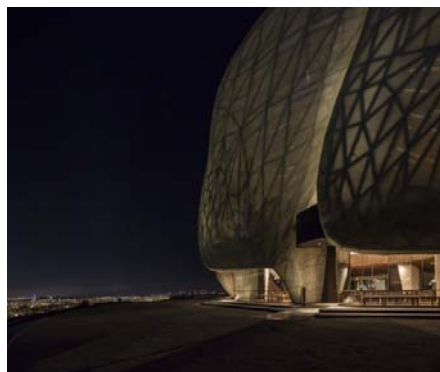
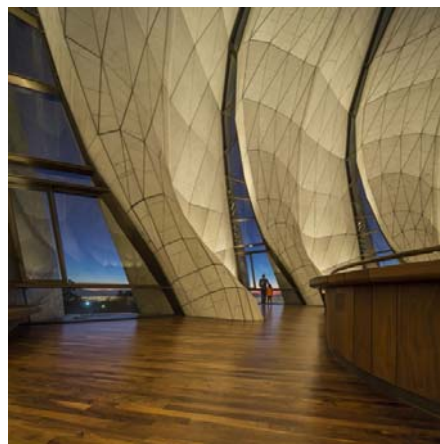
A kültéri világítási koncepció felfedi az anyagok áttetszőségét, és a templomot egyfajta „fényt kibocsátó” elemként mutatja be, amelynek belsejében az alakzatok meleg, kolostori, intim hangulatot kölcsönöznek a meditációhoz és imádkozáshoz.

A Limari Lighting Design tervezőiroda csapata a kezdetektől fogva szoros együttműködésben dolgozott a HPA építészirodával, hogy a lámpatesteket a lehető legjobban elrejtve lehessen felszerelni az épületben. A templom bonyolult formája és anyagai – acélszerkezet, külső egyedi üvegburkolat és belső márványborítás – folyamatos kihívást jelentettek.

A szerkezet egyedüli látható technikai lámpatestei a külső megvilágítást szolgálják és a függőleges bronzprofilon találhatók, amely az ablakokat a márványszirmokkal köti össze. A kilenc szírom felső részét megvilágító lámpatestek egyedi tervezésű bronz házból készültek, és a lehető legzökkenőmentesebb módon illeszkednek a formákhoz. Belül a világítástervezők egy alacsony megvilágítási szintű, indirekt fényű megoldást alkalmaztak a félemeleti padok hátsó részéről. Ezek a 2700K színhőmérsékletű, elliptikus fényeloszlású spotlámpák meleg fényt állítanak elő, s ugyanakkor sűrű fénnel látják el a márvány szirmokat – kiemelve bonyolult sormájukat.

Az egyedüli látható lámpatestek dekoratív és kifejezetten erre a célra készültek. Az első egy a márvány szíromra felszerelt függeszték, amely a lépcsőzetet és az alatta lévő, olvasásra alkalmas helyet világítja meg. A második lámpatest egy gyertyára emlékeztető állólámpa, amelyet az első

*Világítástervezés: Pascal Chautard, Cristina Fahrenkrog, Francisca Nicoletti, Carolina Roesé – Limari Lighting Design; Építészet: Siamak Hariri, Doron Meinhard, Justin Ford – HPA Architects
Fotó: Aryeh Kornfeld, Justin Ford*



emelet padjai között használnak az indirekt világítás kiegészítésére és az emberi lépték visszaállítására ebben a 30 méteres térben. „Ennek az integrált megoldásnak az alulbecsült eleganciája az architektúrális formákra összpontosított” – írta az egyik zsűritag, „csak ott festve a fénnel, ahol arra szükség van. Ez a meditativan felépített környezet életre kelti az anyagait és formáit.”

A HSBC kávézó világítása, Düsseldorf, Németország

Egy korszerűsítési projekt részeként az 1970-es évektől kezdve egy személyzeti éttermet és egy hozzá kapcsolódó konyhát újítottak fel építészetiileg. A tervezési feladat fontos része volt a napfény bejuttatása egy új „fénykút” kialakításával, amely barátságos, bőséges fényű, kommunikatív atmoszférát teremt a vállalat alkalmazottai és a konyhai személyzet számára.

A csapat gyorsan felismerte, hogy építészeti okokból csak egy kis ablakkal rendelkező, korlátozott tengelygeometriát lehetett volna megvalósítani. Átfogó tanulmányok azonban kimutatták, hogy az ilyen fénykút napfény-hozama minimális lenne, így kevés pozitív hatása lenne a természetes fénynek, és alig lenne észlelhető a kilátás. Ezt a megoldást ezért elvetették, s helyette elkezdtek kidolgozni egy emberközpontú elektromos világítást, amely támogatná a bentartózkodók cirkadián ritmusát is.

A tervezőcsapat áttekintette a régió kormányzatnak a napfény felhasználásával kapcsolatos követelményeit, és szoros együttműködésben a megrendelővel, az építésszel, egy foglalkozás-egészségügyi tanácsadóval és egy munkahelyi egészség- és biztonságügyi szakértővel, igyekeztek kielégíteni és még túl is szárnyalni ezeket a követelményeket, ahol erre lehetőség volt. Ez az együttműködés végül is meghatározta a „fényfal” konstrukció speciális hullámhosszait és beállítandó világítási jeleneteit, a napfény évszakonkénti és napközbeni változásának szimulálását, a fény dinamikáját, színét, eloszlását és erősségét. Egy több mint 20 méter hosszú, padlótól mennyezetig érő panorama ablakfal egy düsseldorfi művésznek a Rajnárról készített összevágott képét mutatja. Megvilágítva a fal kompenzálja a napfény hiányát, és kapcsolatot igyekszik teremteni a külső környezettel.

Az üvegfal mögött lineáris RGBW LED-es lámpatesteket rejtettek el a padlóba a kora reggeli, a déli és a késő esti órákban adódó napfény szimulálására.

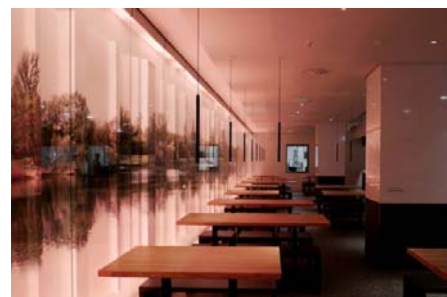


Lineáris, 2700 és 6000K közötti színhőmérsékletű LED-es lámpatestek vannak elrejtve a mennyezetbe is a napfény utánzásához. Fényerősségüket és színüket intelligens vezérlőrendszer adaptálja automatikusan a napszakokhoz. Az átmenet sima, visszafogott és érzékelhetetlen a bentartózkodók számára. Néhány ülősort függesztékek fénye emel ki, míg a nagy, többcélú asztalcsoporthoz közepén egy rácsszerű lámpaszerkezet egyenletes eloszlású fénye világítja meg. A büfék feletti élénk kiemelő világítást diszkrét, mennyezetbe süllyesztett mélysugárzók egészítik ki a közlekedési zónákban. A folyosócsatlakozások világításának színhőmérséklete és a szomszédos nyitott konyha világítása egyaránt változtatható és a fényfallal szinkronban vezérelhető.

A mesterséges panoramaablak embercentrikus megvilágításról gondoskodik a napfénytől megfosztott térben, amely figyelembe veszi és támogatja a bentartózkodók egyéni cirkadián ritmusát.

Létfontosságú világítási atmoszféra és jobb közérzetű, minőségi tartózkodás jellemzi ezt a sikeres felújítási projektet.

„Ez a projekt remekül sikerült mindazok számára, akik kipróbálták” – jegyezte meg valaki a zsűriből – „kapcsolatba hozva őket a napfénnel és kilátással ott, ahol semmisen áll rendelkezésre.”



Világítástervezés: Isabel Sternkopf, Andreas Schulz – Licht Kunst Licht AG; Építészet: Tanja Nopens, Isabelle Oberle, Jo Meyer – ttsp hwp seidel Planungsgesellschaft mbH
Fotó: Johannes Roloff – Licht Kunst Licht AG

A Lakeview Pantry világítása, Chicago, Illinois, USA

A Lakeview Pantry Chicago egyik legrégebben működő élelmiszer-osztó helye, amely alacsony jövedelmű, támogatásra szoruló emberek megsegítésére szolgál. A létesítmény élelmiszert és alapvető szociális szolgáltatásokat nyújt, a további küldetéssel, hogy méltóságot és minőségi környezetet teremtsen az általa kiszolgált közösségnek.

A világítástervezők rendkívül korlátozott, 43 USD/m²-es költségvetés mellett, végül 19 USD/m²-es áron igyekeztek kialakítani egy tipikus kiskereskedelmi környezet, kávézó vagy étterem hangulatát. Az idelátogatók úgy érezhetik, hogy barátságos környezetben boldog, gondoskodó önkéntesek fogadják őket, az adományozók pedig a küldetésük megtestesülését látják a fizikai és szociális környezetben. Az érdekszervezettel, építészekkel, grafikai tervezőkkel és vállalkozókkal együttműködésben a világítástervező csapat kialakította egy márkás üzlet azon jellegzetességeit, amelyek az idelátogatókat büszkeséggel töltik el: hangsúlyos, alulról megvilágított, tiszta mennyezetek és rejtett öblök képezik a legfontosabb alkalmazott stratégiákat.

Nagyon fontos volt az üzemelés hatékonysága: csupán hat formális lámpatestet használtak fel a LED-szalagok és csupasz LED-lámpák mellett. A csapat a költségeket két mutató – költség/lm és lm/W – segítségével értékelte, és mozgás- és fotocellás érzékelőket alkalmaztak.

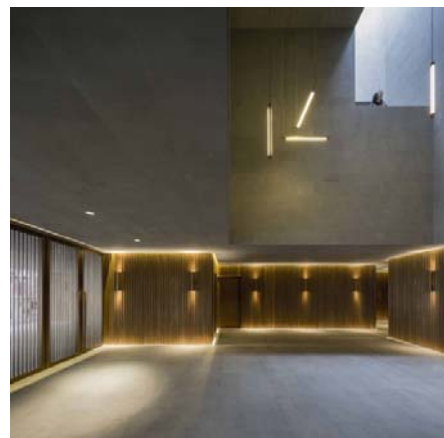
A látogatókkal szemben lévő térben egy elegáns üzleti környezet jellegzetességeit formálták meg költséghatékony megoldások segítségével. A rendelkezéseknek megfelelő általános világításról felfelé irányított fényforrások gondoskodnak, míg a pult kiemelésével az emberekkel kapcsolatos elkötelezettséget hangsúlyozzák. A jól megvilágított önkéntesek üdvözlnek az üzletbe betérőket, és a fényesen megvilágított hátsó falak felé irányítják őket. A rétegelt lemezből készült pad mögül felfelé irányított fények egyfajta dizájnlemmel szolgálnak, és kiemelik a texturált akusztikus falat. Hátul, ahol a bejövő szállítmányok válogatása és biztonságos tárolása történik, törésbiztos fénycsövekkel jól megvilágított környezet oldja a külső terek és a belső, hideg raktár közötti kontrasztot. Az önkéntesek és az adminisztrációs személyzet terei fölött „fénymennyezet” emelkedik ki az egymástól exponenciálisan növekvő távolságban elhelyezett fénycső-szalagokból, amint a mennyezet 2 méteres magasságra ereszkedik le, felborít-

va a perspektívát és összekapcsolva a végeken lévő ablakokon és a köztük lévő új tetőablakokon beáramló fényt. A világítóaknákat kékre festették, bennük kék fénycsövekkel, amelyek kellemes „tetőablak” hatást biztosítanak, ellensúlyozva ezzel a csővezetékekkel és néha a polcokkal eltakart fénycsövektől származó rejtett és felfelé irányított fényeket. Az ablakokon és tetőablakokon „kiszökő” fény minimális, habár ez üzlet bejárati frontján egy kis megvilágított peremet megtartottak az utca és a várakozási hely biztonsága érdekében. A sokféle bonyolult funkció összeállítása koherens és arányos, és noha a világítással kapcsolatos beavatkozásokat nem mindig sikerült elrejteni, célszerűeknek tűnik. A fények kreatív használata, a megoldások és a részletek innovációja emeli az épület „intézmény-funkciójának” jellegét. „A legnagyobb hatással van a látogatókra a legalacsonyabb áron” – kommentálta az egyik zsűritag. „Ez a világítás tervezésének lényege.”



Világítástervezés: Thomas Paterson, Laura Arroyo – Lux Populi S. A. de C. V.; Építészet: Wheeler Kearns Architects – Fotó: Tom Harris Architectural Photography

Az Új Shanghaji Színház világítása, Shanghai, Kína



Világítástervezés: Uno Lai, Jenna Liu – Unolai Lighting Design & Associates; Építészet: Neri&Hu Design and Research; Fotó: Pedro Pegenaute

A fény és a sötétség közötti romantika – amelyet az architektúra koreografált és a megvilágítás erősített fel – keltette életre az Új Shanghaji Színházat. A shanghai utcaképe beágyazódva egy masszív köhomlokzat hívogató befelé, egy ember léptékű átjárón át. Egyedi falikarokkal kiemelt, meleg, barázdált bronzfalak vezetnek át a látogatókat a küszöbön. A finom vájatok folytán a falak szinte „lebegnek” – a shanghai függönyök gazdag redőit idézve fel..

Belépve, a látogatók szeme azonnal felfelé, a boltozatos tetőablak felé fordul. A fény játszik főszerepet mindenütt: a fényes üregek ellensúlyozzák a masszív tömegeket, és a stratégiailag megnövelt tetőablakok elmélyítik a drámai párbeszédet a fények és árnyékok között.

Az Új Shanghaji Színházban a startégiailag méretezett elektromos megvilágítás támogató szerepet tölt be a tetőablakokban – kirajzolva mintegy a napfény és az architektúra állandóan változó összjátékának melódiáját. A nehéz kötőmböket jól ellensúlyozzák a boltívek, és a fénylő üregek – feltárva az égbolton és az épületen belüli mozgásokat. E hatás elérése érdekében szoros együttműködésre volt szükség az építészekkel a koncepciótól a kivitelezésig. Az általános megvilágítást túlnyomórészt hideg természetes fényként lehet érzékelni, amelyet gondosan kiválasztott LED-es lámpatestek szolgáltatják, s amelyeket úgy állítottak be, hogy kövessék a nap mozgását az architektúra fölött. Ennek kontrasztjaként a központ fénye meleg, mintegy a napfény elektromos ellentétéként értelmezve, és teátrális, csillogó fénypontokként táncol a falak mentén és súlytalanul lebeg az épület szerkezetében váratlanul megjelenő nyílásokban.

Alaposan tanulmányozták a napfény szerepét, hogy „láthatatlan” módon lehetővé tegyék a hét tetőnyíláson keresztül bejutó mennyiségét. A helyszín szigorú módon korlátozza a vízszintes napsugarakhoz való hozzáférést, így ezek a tetőablakok létfontosságúak voltak a drámai belső/külső dialógus kialakításában. A világítási tervezés egyik kihívása az volt, hogy a maximális hatás érdekében használják ki a mély aknájú tetőablakokat, közben mindenütt minimalizálva a túlzott energiafelhasználást és csökkentve az épület hozzájárulását a túlvilágításáról híres város fényvel való „elárasztásához”, A napsugarak architektúrán belüli pályájának tanulmányozása során számos makett és modell alapján jutottak információhoz a LED-es lámpatesteknek a tetőablakokban való pontos elhelyezése, specifikációi és dőlésszöge tekintetében.

Az architektúra esztétikai igényei között szerepelt egy másik kulcsfontosságú technikai kihívás is: a látható mennyezeti lámpatestek szigorú kizárása, beleértve a mélysugárzókat is. Az épületben szerveződő programok által megkívánt minimális megvilágítási szintek eléréséhez kreatív „kerülő megoldásokat” alkalmaztak. A közlekedőterületek megvilágítását padlóba besüllyesztett apró lineáris lámpatestek szolgáltatják. Fontos volt az anyagok

modellezése annak biztosításához, hogy a fény indirekt módon visszaverődjön a felületekről a függőleges megvilágítás növelése érdekében. A magasabb terekben egyedi dekoratív függesztékeket használtak. A keskenyebb helyeken lineáris rejtett világítást szereltek a padló és a mennyezet nyílásaiba, a köztük lévő teret egyedi falikarokkal egészítve ki.

Ez az új városkép-meghatározó épület nosztalgikus jelenlétet kölcsönöz a historikus JingAn városrész szomszédságában – hangulatos, visszafogott megvilágításával a régi Shanghajt idézi, és megújítja a kapcsolatot az égbolttal. A világítási rendszer életre kelti az épületet, üdvözlí a nagyközönséget és felvidíti a show igazi sztárjait: az árnyék súlyát és tömegét és a fény lélegző táncát.

Az Ota Civic Hall világítása, Ota, Japán

Az Otai Polgári Ház egyfajta nyilvános előadóterem, amely egy csarnokból, egy stúdióból és néhány többcélú helyiségből áll, amelyet a polgárok közötti kulturális csere helyszínének szántak.

A világítástervező csapat olyan világítást képzelt el, amely arra készíti az embert, hogy mindig visszatérjen ide. A mesterséges és a természetes fény elegyítésével olyan teret hoztak létre, amely változik az idő múlásával – új felfedezésekre ad módot minden látogatás alkalmából.

Ez a változó világítástervezési téma jelenik meg a polgári ház minden területén. Az alumíniumöntvényből készült panelekkel borított homlokzat nappal erős hatást kelt, de sötétedés után a meleg fény fokozódása a lejtős eresz mentén szép, lágy arculatot kölcsönöz. Valamennyi lámpatest LED-es és beépül az architektúrába. A lámpatesteket – különösen a bejárat ereszcsonnájának és az előcsarnok rézsútos falának középpontjaiban a lehető legkisebb he-

lyekre rejtették el az architektúra érintetlenül hagyása érdekében. Az átriumban az ezüstfehérre vakolt, 45 m hosszú, ferde fal, óriási „fényvászonnként” szolgál. Napos időben a fény a rácsos mennyezeten keresztül jut a térbe, erősen megvilágítva a falat. Alkonyatkor a természetes és az indirekt fény kölcsönhatása gazdag fényviszonyokat teremt, különböző ábrákat hozva létre a falon. Naplemente után az általános világítás a fal felső része felé irányul; forrását padlóba süllyesztett, 3000K-es, keskenyen sugárzó, lineáris LED-es lámpatestek adják, amelyek kellemes éjjeli hangulatot teremtenek. A bejáratnál fényterelővel ellátott, 3000K-es, lineáris kültéri LED-es lámpatesteket szereltek fel az üvegfal és a lejtős ereszcsonnák közötti 100 mm-es résbe – megvilágítva a padlót és „üdvözlő” fényt hozva létre. A fény az ereszcsonnán visszatükröződve csodaszép átmeneteket hoz létre.

Világítástervezés: Hideto Mori, Mitsuru Egoshi – Lighting M Inc; Építészet: Kohyama Atelier
Fotó: Shigeo Ogawa, Hideto Mori



Az 1500 férőhelyes termet fehér téglafalak és fabordákból készült akusztikus tükröző-elemek veszik körül. Felülről lágy természetes fény áramlik a térbe, míg felhős vagy esős napokon kiegészítő mesterséges világítás biztosítja a fényt. A falakat indirekt fények világítják meg – egyfajta meleg burkolat képezve így.

Az épület előlő részén perforált téglafalakkal körülvett többcélú helyiségek kötik össze a belső és külső tereket. A mennyezeti általános világításon kívül az alulról megvilágított téglafalak és a belső üvegfal közé lineáris LED-es lámpatesteket szereltek fel. Az előcsarnokba és a kültérre szándékosan „kiszivárogtatott” fény erősíti a létesítménynek a különböző kultúrájú társadalmi csoportok tevékenységi bázisaként szolgáló szerepét.

„A napfény-szobrászatot nagyszerűen kiegészíti az architekturális világítás ebben a projektben” – írta egyik zsűritag. „nem csupán utánozza az egyik a másikat, hanem mindkettőnek megvan a maga szerepe a textúra, a szoborszerű tér feltárásában és a felhasználói élmény gazdagításában – éjjel és nappal egyaránt.”

Az Egyesült Államok Los Angeles-i bírósági épületének világítása, Los Angeles, Kalifornia, USA

A bírósági eljárások környezetének ellenőrzése érdekében a bíróságok gyakran zárják a környezetet, elkülönülnek a külső tértől. Ez a bírósági épület szakít a megszokással – kihasználva, kontrollálva és beengedve a természetes fényt a nyilvános terekbe és a tárgyalótermekbe. Akár a napfényben fürdő átriumon áthaladva, akár egy olyan tárgyalóteremben ülve, ahonnan kilátni az égboltra, a kültérrel való kapcsolat nagyon fontos volt a pozitív emberi élmény befolyásolása érdekében.

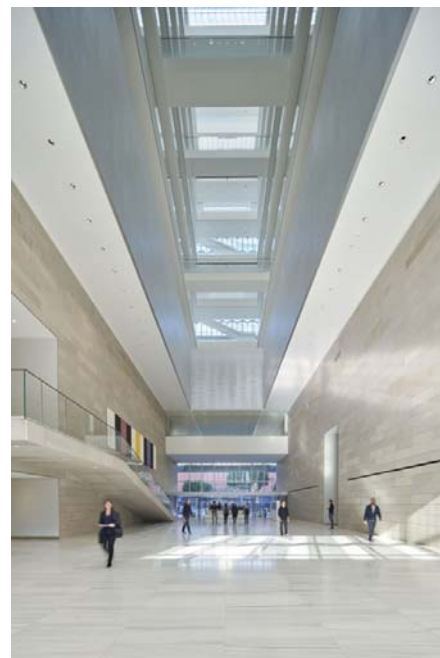
A tárgyalóteremben a vizuális komfort optimalizálása érdekében az oldalsó ablakosok mindkét oldalán lévő világító polcok, a felfelé irányított, beépített lámpatestek és 2 motorral működtethető zsalusor egyenlíti ki a napfényt, csökkenti a káprázást és engedi be a természetes fényt a belső terekbe. A bíró és a tanú területe állítható, függőleges LED-es világítással van ellátva, hogy a megvilágítási viszonyok kellemesek maradjanak. A közeli üvegfal és az emberek arca közötti 30:1-es vagy ennél kisebb fényssűrűség-viszony fenntartása kényelmesebb atmoszférát teremt a benn tartózkodók számára a tárgyalóteremben eltöltött hosszú órák során.

Az előcsarnok padlójától 67 méter magasságban lévő tetőablakon beáramló



természetes fényre tekintettel a mennyezeti tetőablak kialakítása és anyagválasztása kiemelt fontosságúnak bizonyult. A tervezők először egy sík, hatszögletű, ferde tetőablakra gondoltak, belsejében tükrözött fényterelőkkel. De gyorsan rájöttek arra, hogy a tükrözött fényterelők nagyon erős napsugarakat engednének be, ami esetleg károsíthatná a belső felületeket és rontaná a benn tartózkodók komfortérzetét. Ehelyett a HLB egy külső fűrészfog alakú elemet tervezett fénylő belső és matt külső felületekkel, amely lágyítja a térbe bejutó napfényt, és hatékonyabb is, közel 11%-kal növeli meg az előcsarnok padlójára jutó fénysszintet az előbbi rendszerhez képest. A 38°-os utcai orientáció kiigazításához a homlokzat fűrészfog alakú kiképzése zavartalan látványt nyújt az átlátszó üvegezésen keresztül északi vagy déli irányban, míg a függőleges fényterelők vagy az opál burkolatok a keletre/nyugatra néző paneleken szabályozzák a napfény behatolását. A megrendelő által kívánt „platina LEED” épületenergetikai tanúsítvány elnyerése érdekében a napfény és az elektromos világításra már az elején fenntartható tervezési célokat tűztek ki. A tervezők támogatták azt, hogy az épület teljes energiafelhasználását az alapul tekintett 47-ről 35 W/m²-re csökkentsék, kihasználják a napfényt és csökkentsék az elektromos megvilágítást. Az ellenőrzött mennyiségű napfény bevezetésével jelentősen lehetett csökkenteni a lámpatestek fényáramát, és le lehetett csökkenteni a napfény közvetlen hatásából származó hőterhelést is.

„Mesteri napfény-világítás” – mondta az egyik zsűritag. „Ritka dolog, hogy a benn-



Világítástervezés: E. Teal Brogden, Hayden McKay, Michael Lindsey, Jae Yong Suk, Lupita Legaspi, Maura Reinhart – HLB Lighting Design
Építészet: Gene Schnair, Michael Mann, Craig Hartman, Paul Danna, Jose Luis Palacio, Susan Bartley, Keith Boswell, Steve Zimmerman, Garth Ramsey, Frank Castillo – Skidmore Owings & Merrill LLP; Fotó: Bruce Damonte

tartózkodók és a látogatók ilyen dinamikus kapcsolatot érezhessenek a nappal egy közterületen.”

4 Szilárdtest-világítás 2017, 5. rész

(Forrás: www.doe – DOE SSL Program, “2017 Suggested Research Topics Supplement: Technology and Market Context,” edited by James Brodrick, Ph.D., 2017. szeptember)

4.3 A LED-gyártás helyzete

4.3.1 Az ellátólánc felépítése

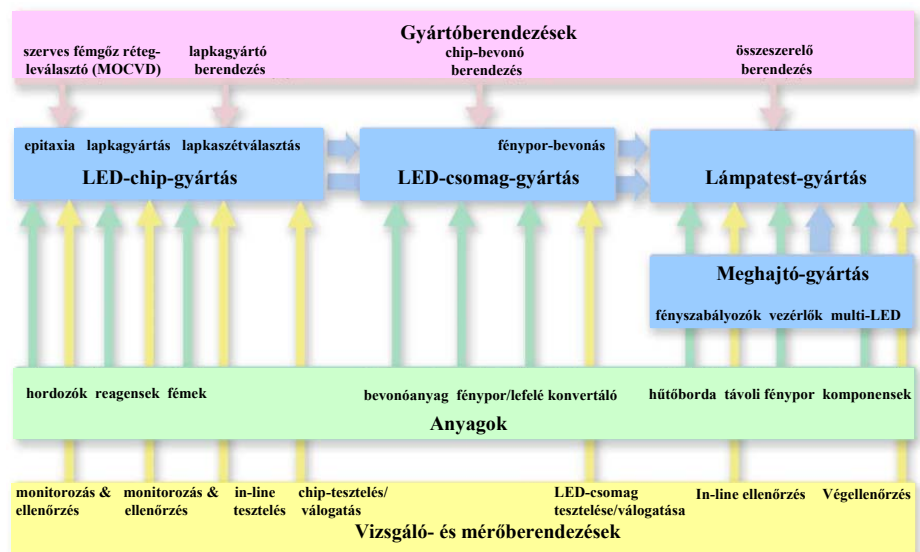
A gyártás ellátóláncának ismerete és megértése döntő fontosságú bármilyen gyártási tevékenység sikeréhez. A LED-ek gyártási folyamatát általánosságban egymástól viszonylag független gyártási lépések sorozatával lehet definiálni. E gyártási lépéseket gyártóberendezések, anyagok és tesztelő berendezések biztosítása támogatja. A gyártási folyamatok, berendezések, anyagok és a tesztelés összessége képezi a gyártás ellátóláncát.

Az 4.14 ábrán bemutatott ellátólánc a LED-alapú szilárdtest-világítás gyártásának jelenlegi helyzetét mutatja, de az ellátólánc állandóan változik és folyamatosan fejlődni és érni fog. Például meg lehet, hogy egy vertikálisan integrálódott gyártó e folyamatok közül jelenleg számosat változatlanul belül végez el, de a gyártási fejlődésével az ellátólánc általában egyre jobban széttagozódik az optimális gyártási hatások érdekében. Ezenkívül a gyártás ellátóláncát befolyásolni fogja a technológia és a terméktervezés fejlődése, sőt a termék forgalmazása is – ideértve a földrajzi vagy a szabályozási szempontokat is.

A LED-alapú lámpatestek gyártási folyamata a LED-chipek gyártásával kezdődik, amibe beleértendő a LED-lapok szerves fémgőz rétegleválasztással (MOCVD) történő növesztése, a LED-lapok feldolgozása (többnyire hagyományos félvezető gyártási lépésekkel) és a LED-lapok szétválasztása egyedi LED-chipekké. A következő lépés tipikusan a LED-chipek „LED-csomagokká” történő összeszerelése, ideértve a kék LED-emissziót fehér fénné átalakító fénypor-anyag leválasztását. Végzetül a LED-csomagokat összeépítik egy meghajtóval, hűtőbordával, optikai komponensekkel és mechanikai elemekkel a végleges lámpatest vagy lámpa kialakításához. A gyártási folyamat állandóan formálódik, amint az egyes elemek finomodnak vagy kiesnek, illetve amint új elemeket fejlesztenek ki vagy új gyártási lépéseket iktatnak be. Végül soron egy adott termék optimális gyártási folyamata a részletes, rendszer-szintű optimalizálástól fog függeni.

4.3.2 A LED-csomag („tokozott chip”) gyártási módszerei

A LED-chipek gyártási folyamatának lépései a következők: az aktív eszközrétegek hordozóra történő epitaxiális növesztése, a félvezető lapka feldolgozása az egyedi



4.14 ábra – A LED-alapú szilárdtest-világítás gyártásának ellátólánc

Megjegyzés: A két háttérű boksok és nyilak a fő gyártási folyamatot ábrázolják. Az ellátólánc támogató elemeit gyártóberendezésekre, anyagokra, valamint vizsgálo- és mérőberendezésekre osztottuk fel. Ezeket a támogató elemeket a fő gyártási folyamathoz megfelelő nyilakkal illesztettük hozzá.



4.15 ábra – A LED-komponensek beépítési formái – A képek forrásai: a) Lumileds, Luxeon T adatlap, 2015 [110]; b) Lumileds, Luxeon XR-TX adatlap, 2016 [111]; c) Seoul Semiconductor, Acrich2.5 adatlap, 2015 [112]; d) Seoul Semiconductor, Acrich3 adatlap [113]; e) Frost & Sullivan, hűtőbordára szerelt chip-technológia, 2013 [114]

eszközök definiálásához, a lapka szétválasztása egyedi chipekké és az így kapott chipek „becsomagolása, tokozása”, ami a termikus és elektromos kontaktus mellett mechanikai védelmet is biztosít.

A LED-alapú lámpatesten belül többé már nem a LED-csomag a meghatározó költség tényező, a költségnek csak kisebb hányadát képviseli: a retrofit-lámpákra érvényes mintegy 18%-tól a LED-es beltéri és kültéri lámpatestek 7%-nyi vagy még kisebb értékéig. Ahhoz, hogy a költségeket csökkenteni lehessen a teljesítőképesség folyamatos javítása mellett, koncentrált erőfeszítésekre van szükség a gyártás egész ellátólánca mentén – ideértve a jobb minőségű és olcsóbb nyersanyagokat, a tökéletesített epitaxia-növesztő berendezéseket és technológiákat, az optimalizált lapkafeldolgozó berendezéseket és a na-

gyobb hatékonyságú tokozó módszereket, anyagokat és berendezéseket.

Egyre nagyobb a piaci igény olyan integrált modulok („light engine”-ek) iránt, amelyek a LED-eket és a meghajtót is tartalmazzák.

[110] Lumileds: „LUXEON T Datasheet”, 2015. (<http://www.lumileds.com/uploads/382/DS106-pdf>)

[111] Lumileds: LUXEON XR-TX Datasheet”, 2016 (<http://www.lumileds.com/uploads/599/DS160-pdf>)

[112] Seoul Semiconductor: „Acrich2.5 Product Data Sheet”, 2015. okt. 2. (http://www.seoulsemicon.com/_upload/Goods_Spec/SMJQ13XXFNSX_Rev1.5.pdf)

[113] Seoul Semiconductor: „Acrich3 Product Data Sheet”, 2016 (http://www.seoulsemicon.com/_upload/Goods_Spec/%5BSPEC%5DSMJQ-XCA5W4PX_Rev1.0.pdf)

[114] Frost & Sullivan: „Frost & Sullivan Honours Cambridge Nanotherm for its Chip on Heat Sink Technology for Thermal Management”, 2013. dec. 19. (<https://www.gilcommunity.com/gil-talks/bp-2013-cambridge-nanotherm-european/>)

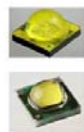
A különböző integrálási szinteket a 4.15 ábra illusztrálja. Az 1. szint (L1) a tokozott LED-chipekre vonatkozik, a 2. szint (L2) áramköri panelre szerelt LED-ekre vagy meghajtó elektronikákra, az L2+ szint pedig különböző, magasabb szintű integrációra, például optikai elemekkel szerelt LED-ekre. Az L2 és L2+ integrációs szint kedvező egyes lámpatestgyártók számára, mivel egyszerűsíti az értékláncot és gyártási folyamataikat. Az L2 szint gondos optimalizálás mellett lehetővé teszi a LED-ek működési feltételeinek igényre szabását, a felhasznált LED-csomagok számának optimalizálását és leegyszerűsíti az L2 szint olyan kialakítását, hogy alacsonyabban legyenek a gyártási költségek a minőség és a megbízhatóság megőrzése mellett. Ez lefordítva kisebb rendszer méretet és/vagy költséget jelent, ami fontos a vevők számára.

A LED-csomagok sokszínűsége

Az elmúlt években igen sokféle, általános világításra szánt LED-csomag jelent meg a piacon az 1W-osoktól az igen sokféle formájú, fénysűrűségű, feszültségű, sugárzási szögű és fizikai méretű változatokig. Egy LED-gyártónak akár 50 különböző LED-családja is lehet, és az egyes családokon belül számos olyan változat, amelyek fénysűrűségben, nyitófeszültségben, színhőmérsékletben, színvisszaadási indexben és szintűrésben térnek el egymástól. Ez a sokszínűség nagy szabadságot és rugalmasságot jelent a lámpatestgyártók számára a tekintetben, hogy a megcélzott világítási alkalmazáshoz és piachoz legjobban illeszkedő LED-eket alkalmazzák.

A LED-csomagoknak négy fő típusa jelent meg (l. a 4.16 ábrát):

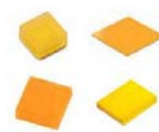
1. Nagyteljesítményű (1-5W-os) LED-csomagok, tipikusan a kis optikai fénysűrűségű termékekhez (pl. irányított fénysűrűségű lámpákhoz) vagy ahová nagy megbízhatóság szükséges (pl. utvilágításhoz).
2. Közepes teljesítményű (0,1-0,5W-os) LED-csomagok, amelyeket tipikusan nem irányított fénysűrűségű világításhoz (mennyezeti tükrös/rácsos lámpatestekhez, hagyományos izzó-lámpaburába szerelt lámpákhoz) használnak.
3. Közvetlenül a hordozón kialakított (chip-on-board) LED-csomagok, amelyeket szokásosan olyan termékekhez alkalmaznak, amelyek kis optikai fénysűrűségű nagy fénysűrűségű igényelnek, vagy igen nagy fénysűrűségűre van szükség (pl. csarnok-világítók esetén).
4. Chip-méretű LED-csomagok (chip scale packages = CSP) – nevezik néha tokozás



Nagyteljesítményű LED-csomagok: kerámia hordozó, öntött lencsék



Közepes teljesítményű LED-csomagok: szerelőkeret, polimer tokozás



Közvetlenül hordozóra szerelt chip (COB): fémhagyas flip-chip fénysűrűségbevonattal nyák, kerámia nyák

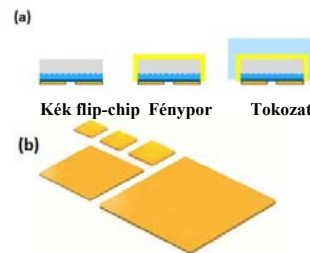
4.16 ábra – Nagyteljesítményű, közepes teljesítményű, közvetlenül a hordozón létrehozott (COB) és chip-méretű (Chip Scale) LED-csomagok

nélküli LED-eknek vagy fehér chipeknek is –, a nagy és a közepes teljesítményű változatok kompakt, olcsó alternatíváiként kaptak figyelmet.

A nagyteljesítményű LED-eknek nagy a fénysűrűsítés, nagy a fénysűrűsítés és jó a megbízhatósága, ami jó hűtésüknek és jó optikai konstrukciójuknak köszönhető. Tipikusan egy nagyméretű (1-4 mm²-es) chipet tartalmaznak, vagy több ilyen egy nagy tömbben – a jó hűtés érdekében kerámia hordozóra szerelve. A chipet ezután fénysűrűsítéssel vonják be, majd egy félgömb alakú vagy sík szilikon lencsét öntenek rá. Néhány nagyteljesítményű LED-konstrukció a nagy chipen kívül több kis, sorba kötött chipet is tartalmaz a nagyfénysűrűségű konstrukció létrehozásához, amely – megfelelően csoportosítva egy meghajtóval – növelheti a rendszer fénysűrűsítését.

A közepes teljesítményű LED-eket eredetileg kiemelő és háttérvilágításra használták, de 2012-ben megtalálták az utat az általános világítás felé is, mivel a chipek teljesítőképességének javulása elfogadható lumenszintekhez vezetett. A közepes teljesítményű LED-ek olcsó, fröccsöntött műanyagból és vezetőléc-vázból állnak, amely tipikusan 1-3 kis LED-chipet tartalmaz. A chipek egy, a műanyag üreget körülvevő, ezüst bevonatú fém vezetőléc-vázra vannak szerelve. Az üreg szilikonba kevert fénysűrűsítéssel van kitöltve, amely lefelé konvertáló és tokozó anyagként szolgál. A közepes teljesítményű LED-ek az alacsonyabb költségek okán számos alkalmazásban előnyösebbek a nagyteljesítményű LED-eknél, ami javítja a rendszer lm/USD mutatóját.

A közvetlenül a hordozón kialakított chip (COB) megoldás tipikusan fém magú nyomtatott áramköri panelre (MC-PCB) vagy kerámia hordozóra szerelt kis chipeket tartalmazó nagy tömbökből áll. A LED-eket azután fénysűrűsítéssel kevert szilikonnal fedik le. Kis optikai fénysűrűsítés



4.17 ábra – (a) A chip méretű LED-csomagok (CSP) (b) Újabb példák a kereskedelmi CSP-k méretezésére (Forrás: (a) Shatil Haque, DOE SSL R&D Workshop, Raleigh, Észak-Karolina, 2016. febr. [115], (b) Samsung Newsroom, 2016. máj. [116])

felületükről nagy (akár 14 000 lm-es) fénysűrűsítést szolgáltatnak, ezért tipikusan magas vagy alacsony belvilágítású csarnokok világítására használatosak. Jó hővezető hordozó esetén ugyanolyan jó szín- és fénysűrűsítésük lehet, mint a nagyteljesítményű LED-eknek, ha az üzemi hőmérsékletet az előírt értéken belül tartjuk. Könnyű felhasználásuk a lámpatestgyártáshoz sok olyan kisebb lámpatestgyártónak előnyös, akiknek nincs a diszkrét LED-csomagok fém magú nyomtatott áramköri panelre (MC-PCB) való szereléséhez alkalmas berendezésük.

A CSP LED-ek az anyagfelhasználás és a gyártási lépések minimalizálása okán és mert kis helyigényüknek köszönhetően sűrűbben szerelhetők a lámpatestekbe, újabban nagyobb figyelmet kaptak. Kínálatuk az ilyen LED-termékek gyártók számával együtt folyamatosan növekszik. A chip-méretű LED-termékek többsége alapként ún. „flip-chipet” használ, amelyre aztán ráviszik a fénysűrűsítést és a tokozóanyagot, amint azt a 4.17(a) ábra

[115] S. Haque: „Wafer Scale Packagin Manufacturing Challenges”, DOE SSL R&D Workshop, Raleigh, Észak-Karolina, 2016

[116] Samsung: „Samsung Introduces Full Line-up of LED Components Based on Chip-Scale Packaging Technology”, 2016. márc. 14. (<https://news.samsung.com/us/samsung-introduces-full-line-led-components-based-chip-scale-packaging-technology/>)

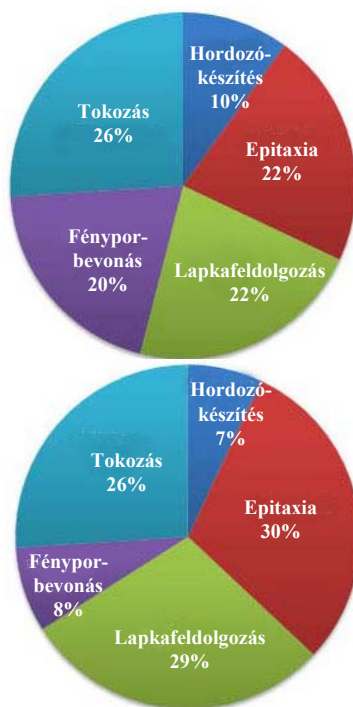
mutatja. A huzalkötés és a szerelőkeretek vagy kerámiahordozók elhagyása kisebb méreteket és alacsonyabb költségeket tesz lehetővé. A CSP gyártók alakhú fénypor-bevonatot hordanak fel közvetlenül egy kék LED flip-chipre, amely öt oldalon át – szélesebb szögekben – bocsát ki fényt. A CSP LED-ek legfrissebb példái igen sokféle méretváltozatot mutatnak, kielégítve ezzel a közepes és nagy teljesítményű, valamint a kis COB LED-csomagok lecserélésével kapcsolatos különböző világítási alkalmazások igényeit, amint az a 4.17(b) ábrán látható.

Noha a chip-méretű LED-ek jelentős megtakarítást kínálnak a rendszerköltségek terén, különböző teljesítőképességi kompromisszumok adódnak: a jó hővezetőképességű kerámia hordozó elhagyásával termikus problémák, a nagy kúpos primer lencse szög tartó kocka-tokozattá történő átalakításával pedig optikai veszteségek lépnek fel. Ezenkívül egyéb gyártási problémák is maradnak, amikor a kis chip-méretű elemeket 2. szintű nyomtatott áramkörti panelekre építik. Ezek a következők:

- Az elfordulás és elhajlás következtében a sokkal kisebb chip-méretű CSP LED-eknek a nyomtatott áramkörti panelra történő beigazításához pontosabb gyártásra van szükség.
- A sugárnyaláb beállítása korlátozhatja a chipek sűrűségét és befolyásolhatja a szekunder optika konstrukcióját.
- Fokozni kell az elektrosztatikus kisülés elleni védelmet, mivel a chip-méretű CSP eszközök nem tartalmaznak elektrosztatikus kisülés ellen védő Zener-diódákat.
- A LED-csomagok kezelését optimalizálni kell a fényporréteg sérülésének elkerülése érdekében, mivel a fényporréteg közvetlen kezelése elkerülhetetlen.
- A kisebb chip-méretű CSP LED-ek pontos tesztelése kezelési problémákat jelent a felületre szerelt LED-ek gyártósoraihoz tipikusan használt tesztelő és válogató berendezéseknél.

A LED-csomagok költsége

A nagy és közepes teljesítményű LED-csomagok tipikus költségmegoszlását a 4.18 ábra mutatja. A nagyteljesítményű LED-ekre vonatkozó adatok esetén tömeggyártást tételezünk fel, amelynek során 100 mm átmérőjű zafirhordozóra 1 mm²-es elemeket visznek fel, és a chipeket kerámia-tokokba zárva állítanak elő meleg fehér, fényporkonverziós pc-LED-fényforrásokat. A közepes teljesítményű, meleg fehér, fényporkonverziós pc-LED-ek adatai hasonló méretű, vezetővázak műanyag



4.18 ábra – A nagy és közepes teljesítményű LED-csomagok gyártási fázisainak tipikus költségei (Forrás: A DOE SSL Roundtable and Workshop résztvevőitől származó adatok)

hordozóra szerelt, 0,5 mm²-es chipekre vonatkoznak. A költségek megoszlása a nagyteljesítményű LED-csomagok esetén a 2016-os adatokhoz képest lényegében változatlan, noha van egy kb. 20%-os összköltség-csökkenés, ami főként a nyersanyagok árának csökkenésével és a kihozatal növekedésével van összefüggésben. A költségek megoszlása a nagyteljesítményű LED-csomagok esetén a 2015-ös adatokhoz képest lényegében változatlan, noha van egy kb. 20%-os összköltség-csökkenés, ami főként a nyersanyagok árának csökkenésével és a kihozatal növekedésével van összefüggésben. Az elemgyártás és a tokozás költsége sokkal alacsonyabb a közepes teljesítményű LED-csomagok esetén, noha a fényport hasonló területre alkalmazzák, ezért az összköltség vonatkozásában növekszik a viszonylagos fontossága. A közepes teljesítményű LED-csomagok költsége 5-10-szer alacsonyabb lesz a chip területének függvényében, és ez hasonló árkülönbözetet is jelent.

A 4.18 ábra azt mutatja, hogy nincs olyan költségelem, amely domináns lenne a nagy- vagy a közepes teljesítményű LED-csomagoknál. A tokozás marad a legnagyobb költségtényező, de a lapkafeldolgozás költségei is hasonlóak, és az epitaxia-növesztés költségei sem maradnak le sokkal mögöttük. Ezek a megoszlások azt

sugallják, hogy sokkal átfogóbb megközelítésre van szükség a költségszkenneléshez.

Várható, hogy a nagyteljesítményű LED-csomagok költsége idővel tovább fog csökkenni a mennyiségek további növekedésének hatására. A hordozó-, az epitaxia- és a lapkafeldolgozás részaránya csökkenni fog ebben az időszakban, míg a tokozás és a fényporé növekszik.

Bőven van lehetőség az innovációra ezen a területen, és a DOE számos különböző megközelítést fontolgat a költségszkennelésre, a következők szerint:

- berendezés-teljesítmények növelése
- automatizálás növelése
- jobb tesztelés és ellenőrzés
- jobb „upstream” folyamatellenőrzés
- javított válogatási kihozatal
- optimalizált tokozatok (pl. egyszerűsített konstrukciók, olcsóbb anyagok és multi-chipek)
- magasabb szintű komponens-integráció (hibrid vagy monolit eszközök)
- chip- és lapka-méretű tokozás

A közepes teljesítményű LED-csomagok az intenzív verseny és a 2014 óta ebben a piaci szegmensben tapasztalható túlkínálat következtében azonban olyan árszinteket értek el, amelyek közel vannak a nyersanyagok árához. Számos LED-chip és LED-csomag gyártó emelte a közepes teljesítményű LED-csomagok árát, hogy vissza tudják hozni az árresek az általuk a közelmúltban elért legmélyebb szintekről. A nyersanyagok – például a nyomtatott áramkörti panelek és az aranyhuzalok – növekvő ára miatt a gyártók folytatták az árháborúkat, hogy túlélhessék a vad versengést. Várható, hogy a jövőben a nagyteljesítményű LED-csomagok ár-eróziója folytatódni fog, miközben a közepes teljesítményű LED-csomagok ára lassan emelkedik.

A LED-csomagok ára

A múltban a LED-alapú lámpák vagy lámpatestek költségeiben a LED-csomagok ára volt a meghatározó, az elmúlt években azonban gyors árcsökkenés volt tapasztalható a műanyag tokozóanyagok és a chip-méretű CSP LED-csomagolási módszerek bevezetésével.

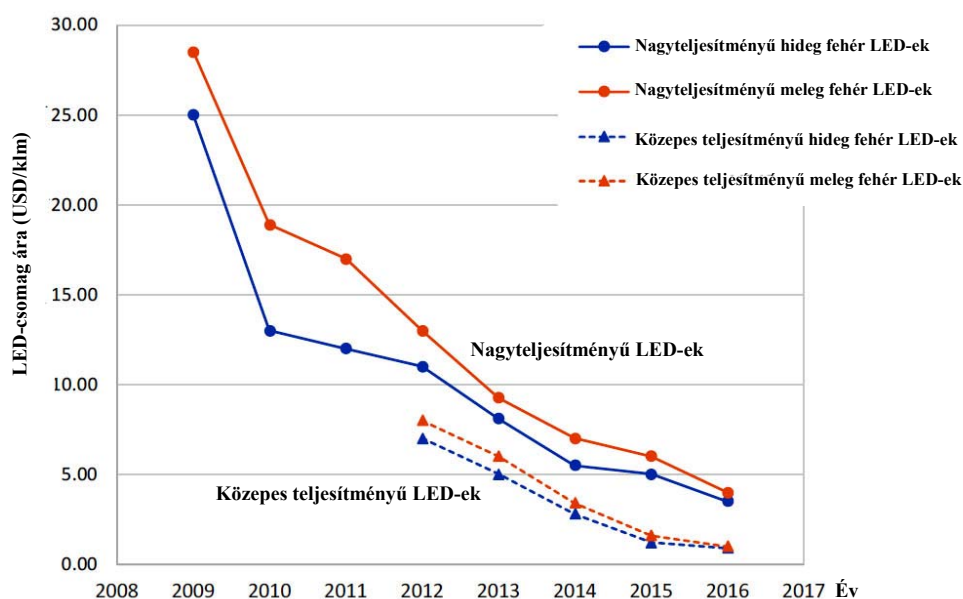
Az árbecslések ebben a fejezetben az 1000 darabos mennyiségekben nagy kereskedelmi elosztóktól – Digi-Key, AVNET, Mouser és Future Electronics – vásárolt LED-csomagok tipikus kiskereskedelmi árait reprezentálják. A LED-gyártók az

egyes LED-csomagok számos változatát gyártják – sokféle színhőmérsékletet és fényáram-szintet fedve le ezzel. A kiválasztott adatok a rendelkezésre álló adatlapokon alapulnak és a legnagyobb közölt fényáram-válogatást reprezentálják (az illető válogatási csoport átlagértékét véve alapul), vagy tipikus fényáram-értékeket a teljes rendelkezésre álló eloszlásra. A kiválasztott eszközök adott színhőmérséklet és színvisszaadási index tartományokba esnek. Az árakat minden esetben USD/klm-ben adtuk meg.

A kilolumenenkénti ár a közepes teljesítményű LED-csomagok esetében meglehetősen stabil volt 2016-ban, miközben a nagyteljesítményű LED-csomagok ára állandó sebességgel, folyamatosan csökkent. A LED-csomagok árának alakulása a 4.19 ábrán látható. A nagyteljesítményű LED-csomagok ára a hideg fehér típusok esetében megközelítőleg 3,5 USD/klm volt, a meleg fehér típusoknál pedig 5,4 USD/klm, míg a közepes teljesítményű LED-csomagok 0,9 USD/klm (hideg fehér), illetve 1,0 USD/klm (meleg fehér) árszintűek voltak.

A nagyteljesítményű LED-eknél látható maximális fényhasznosítások nem érhetők el az igen alacsony áron beszerezett közepes teljesítményű LED-ek esetében. E típusoknak a fényhasznosítása gyakran 120 és 130 lm/W közé esik, míg az összehasonlításban szereplő nagyteljesítményű típusoké 140-150 lm/W volt ezeken az árszinteken. Megjegyezzük, hogy a nagyobb fényhasznosítások (hideg fehér típusoknál 168 lm/W, meleg fehér, 80-as színvisszaadási indexű típusoknál 137 lm/W) a jelenlegi 35 A/cm² fényűrsűségnél a 2016-ban tömeggyártásban készen beszerezhető nagyteljesítményű LED-csomagokra voltak érvényesek, bár a 4.18 ábrán feltüntetett árak is nagy tömegben gyártott LED-típusokat reprezentálnak. A Meleg fehér és a hideg fehér LED-csomagok közötti árkülönbség csökkent, és számos LED-családnál majdnem elhanyagolható mértékű. A meleg fehér LED-csomagok megközelítőleg 10%-kal drágábbak voltak, noha ez a különbség idővel várhatóan csökkenni fog, mivel a fényporok ára továbbra is csökkenő tendenciát mutat.

A 4.4 és 4.19 ábrák ár-fényhasznosítás előrejelzéseit a 4.4 táblázat foglalja össze. Az ár-előrejelzéseket úgy alakítottuk ki, hogy azok vegyék figyelembe a közepes teljesítményű LED-típusokkal összefüggő alacsonyabb árakat. Ugyanígy, a fényhasznosítási előrejelzéseknél az előrejelzett fejlődésnél lassabb ütemet vettünk figyelembe, különösen a hideg fehér típusok esetében.



4.19 ábra – A nagy- és a közepes teljesítményű LED-csomagok ára

Megjegyzés: A hideg fehér típusoknál CCT=5700K, a meleg fehéréknél pedig CCT=3000K színhőmérsékletet és CR=80 színvisszaadási indexet tételeztünk fel.

Paraméter	2014	2016	2018	2020	2025
Hideg fehér típusok fényhasznosítása (lm/W)	158	168	194	218	240
Hideg fehér típusok ára (USD/klm)	1.4	0.9	0.6	0.45	0.3
Meleg fehér típusok fényhasznosítása (lm/W)	131	137	175	208	237
Meleg fehér típusok ára (USD/klm)	1.7	1.0	0.7	0.45	0.3

4.4 táblázat – A LED-csomagok árának és teljesítőképességeinek becsült alakulása

4.3.3 A LED-es lámpatestek gyártása

Gyártási módszerek

A LED-es lámpatestek gyártása a LED-ek mechanikai és hűtőelemekkel (pl. hűtőbordákkal), a fény eloszlását megszabó optikai komponensekkel és a LED meghajtó elektronikájával történő összeépítését foglalja magában. A LED-lapka vagy LED-csomag a LED-alapú lámpatestek kritikus komponensei, ezért a lámpatestgyártás a LED-fényforrásnak a lámpatest többi komponensével való összeépítése körül forog a megkívánt formatervezés és a költség, teljesítőképesség, termékconszisztencia és megbízhatóság közötti optimális egyensúly elérése érdekében. E funkciók és a szükséges kompromisszumok közötti egyensúly a világítási alkalmazástól, a fogyasztói profiltól, a világítás elvárt teljesítőképességétől és árától függ. Például egy 15 cm átmérőjű lakásvilágítási mélysugárzó 67 lm/W leadására képes, míg egy felsőkategóriás kereskedelmi mélysugárzó ugyanattól a gyártótól ugyanolyan színhőmérséklet és színvisszaadási index esetén

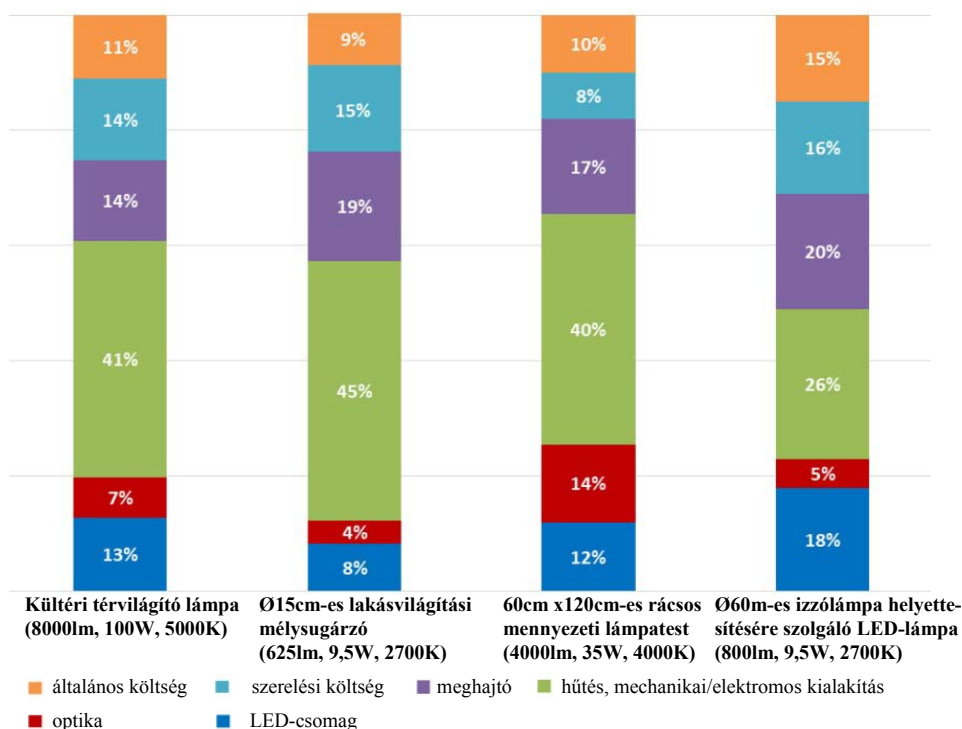
elérheti a 100 lm/W-ot. E két típus közötti eltérés okán tervezési döntés kérdése, hogy melyiket választják az adott alkalmazás terméktervezéséhez. Az olcsóbb mélysugárzóban kevesebb LED van, amelyeket viszont nagyobb áramokkal hajtanak meg a megkívánt fényáram elérése érdekében, ezzel lejjebb szorítva a fényhasznosítást a nagyobb meghajtóáramoknál fellépő áramsűrűség-esés következtében.

A LED-ek számának csökkentése lejjebb viheti az árakat a fényhasznosítás rovására, vannak azonban egyéb figyelembe veendő következmények is: a nagyobb meghajtóáramok ui. magasabb hőmérsékleteket eredményeznek a LED-csomagban, ami korábban bekövetkező fényáram-csökkenéshez és szineltolódáshoz vezet, ezzel befolyásolva a lámpatestek megbízható teljesítőképességét és garantált élettartamát. Ez csupán az egyik kompromisszum a LED-fényforrás tervezésénél. A többi alrendszerek-konstrukciók – hűtőborda, meghajtó és optika – további kompromisszumokhoz vezetnek. Valamennyi apró kompromisz-

szumnak és ezeknek a termékkonstrukcióra és a gyártási költségekre kifejtett hatásának figyelembe vétele határozza meg a fényhasznosítás, a színhőmérséklet, a színvisszaadási index, a garantált élettartam és a költség azon szintjét, amelyen a különböző lámpatestek piacra kerülnek. A minőségi tényezők – mint amilyen a kiváló színvisszaadás, a szabályozhatóság és a nagyobb L70 élettartam – mind-mind magasabb árat jelentenek. Az olcsóbb LED-lámpák általában nem szabályozhatók és nincs hosszabb élettartamuk vagy nagy színvisszaadási indexük. Ezért nem készül egy kaptafára valamennyi világítási termék. A fényhasznosítás, a színminőség vagy az élettartam értékét az egyes fogyasztók különbözőképpen ítélik meg, ami befolyásolja azt, hogy akarnak-e többet költeni ezekre az előnyökre.

Az a tény, hogy bizonyos formatényezőjű lámpatesteknek kisebb a fényhasznosítása, mint a többinek, nem jelenti szükségképpen azt, hogy bizonyos LED-es lámpatesteket nem lehetne olyan nagy fényhasznosítással vagy megbízhatósággal gyártani, mint a többiek, inkább a gyártónak az adott végfelhasználási esetre kidolgozott speciális kompromisszumát tükrözi. Van-e bizonyos esetek – például a keskeny sugárzó spotlámpákhoz szükséges, kis méretű világítási konstrukciók –, amelyeknek fényhasznosítás-korlátaik lehetnek a nagy területek megvilágítására szolgáló tükrös-rácsos lámpatestekéhez képest (miután a kis spotfények eléréséhez kis fényforrásméretekre van szükség), de ezek a fényhasznosítás-korlátok nem alapvetőek számos világítási megoldás esetén.

A LED-alapú retrofitlámpáknak és a LED-es lámpatesteknek hasonló az integrációs szintje, de a lámpák szabványos elektronikus interfészt használnak a hagyományos lámpatestekben történő alkalmazásukhoz. A LED-alapú és a hagyományos lámpatestek gyártásában csak kevés a hasonló, mivel a hagyományos világítási technológiák a „lámpatest+lámpa” paradigmán alapulnak, egyes komponenseik gyártása teljesen különválnak, sokszor más-más cég állítja elő azokat. A LED-alapú világítási termékek integrált természete – ahol a lámpatest, a LED-modul és a meghajtó elektronika tipikusan egyetlen egységbe van ötvözve – jelentősen bonyolítja a gyártási folyamatot. A lámpatestgyártók sikeresen megoldották a kihívást azzal, hogy a fogyasztói elektronikai iparban általánosabb gyártási technológiákat vezettek be, egyszerűsítették az anyagokat és a gyártási folyamatokat, rendszerszintű tervezési optimalizálási módszereket vezettek be (ide-



4.20 ábra – Különböző világítási alkalmazások 2016-os költségeinek összehasonlítása

(Forrás: A DOE SSL Roundtable and Workshop résztvevőitől és ipari partnerektől származó adatok)

Megjegyzés: A fentiek tipikus gyártási költségekre vonatkoznak, jóllehet különböző gyártóknak üzleti modelljeiktől függően eltérőek lesznek a költségei.

értve a „gyártásra, ill. szerelésre tervezett konstrukciókat”) és tökéletesített tesztelési eljárásokat fejlesztettek ki.

A LED-es lámpatestek költsége

A lámpák és lámpatestek tipikus költségmegoszlása függ a világítási alkalmazástól és a lámpatest méretétől. A 4.20 ábra összehasonlítja egy kültéri térvilágító lámpatest, egy beltéri lakásvilágítási mélysugárzó, egy LED-es tükrös-rácsos lámpatest és egy 60mm átmérőjű A19-es retrofitlámpa költségeinek megoszlását. Látható, hogy a különböző formatényezőjű fényforrások viszonylagos költségei jelentősen eltérhetnek. Az utóbbi években észrevehető volt a LED-csomagok árának gyors csökkenése mind a lámpatesteknél, mind a lámpáknál.

A rezsiköltségek valódi költségelemet reprezentálnak, különösen a 60mm átmérőjű A19-es lámpák esetén, ezért feltüntetjük a költség-grafikonban az anyagköltségekkel együtt. A rezsiköltségek a költségdiagramokban a gyártástechnológiára, a termékfejlesztésre, a dokumentációra, a tokozásra, az in-line és a megfelelőségi ellenőrzésre, a kiszállításra és az elosztásra vonatkoznak. A kiskereskedelmi ár továbbá 25-30%-os elosztási árrést tartalmaz.

A LED-lámpák és LED-es lámpatestek fejlődésének korai szakaszában a termék teljes költségét a LED-csomagok költsége dominálta, de a világítási célú LED-ek ala-

csonyabb ára és széles körű hozzáférhetősége következtében ma már nem ez a helyzet. Költség szempontjából dominánsnak a legtöbb lámpatest esetén a termikus/mechanikus/elektromos alrendszer számítanak, amelyek a házat, a hűtőbordákat, az elektromos csatlakozókat és a mechanikai rögzítéseket jelentik. A LED-csomagok költsége továbbra is csökkenni és stabilizálódni fog, ezért a jövőbeli költségsökkentést a teljes rendszer optimalizálására, nem pedig adott költség-elemre összpontosítva kell elérni.

Amíg az egyenes költségsökkentési folyamat az egyik megközelítés a lámpatest költségének leszorítására, a rendszer áttervezése – a rendszerkomponensek mennyiségének és típusának módosításával – sokkal gyakoribb módja a költségsökkentés nagyobb ugrásainak eléréséhez. A rendszer újratervezése hatással van a relatív alrendszer-költségek időbeli alakulására is, mivel a jó optikai, elektromos és termikus tulajdonságok eléréséhez alkalmas különböző tervezési megközelítések befolyásolni fogják a komponensek költségeit és így azok arányait is. A gyártók továbbra is olyan megoldások után fognak kutatni, amelyek a rendszer teljesítőképességének – a fényhasznosításnak, élettartamnak, színminőségnek stb. – károsítása nélkül képesek csökkenteni a költségeket. A LED ellátólánc fő részeinek legfontosabb költségelemt a 4.5 táblázat foglalja össze.

Ellátólánc		Költségmeghatározó tényezők		
Berendezés- beszállítók	Epitaxianövesztés	- Egyformaság - Kihozatal	Reagens-felhasználás hatásfoka	In situ monitorozás/folyamatvezérlés
	Lapkefeldolgozás	Kihozatal	Automatizálás	Kihozatal
	LED-csomagolás	Kihozatal	Rugalmasság (csomagolóanyagok és csomagolástípusok)	
	Lámpatest-szerelés	Kihozatal	Automatizálás	Chip-léptékű csomagolás
	Teszt és ellenőrzés	Kihozatal	Pontosság	Reprodukálhatóság
Anyag- beszállítók	Hordozók	Átmérő	Minőség	Szabványosítás
	Vegyi anyagok	Minőség/tisztaság	Ömlesztett szállítási rendszerek	In-line tisztítás
	Csomagolóanyagok	Szabványosítás	Kerámiafeldolgozás	Műanyag zsugorfóliák
	Fénypor	- Minőség/tisztaság - Konzisztencia	Stabilitás (termikus és optikai áramlás)	Megbízhatóság
	Tokozóanyagok	Minőség	Stabilitás (termikus és optikai áramlás)	Feldolgozhatóság
Elemgyártás		Gyártásközi ellenőrzés/folyamatszabályozás	- Kihozatal - Tesztelés	- Teljesítmény - Beruházási költségek
LED-csomag-gyártás		- Modulrendszer kialakítása - Gyártásközi ellenőrzés/folyamatszabályozás	- Munkaerő-tartalom - Tesztelés - Szabványosítás	- Kihozatal - Teljesítmény
Lámpatest-gyártás		- Automatizálás/élőmunka - Gyártásközi ellenőrzés/folyamatszabályozás	- Tesztelés (teljesítmőképesség és megfelelőség)	- Modulrendszer kialakítása - Teljesítmény

4.5 táblázat – A LED ellátólánc: költségmeghatározó tényezők

HOLUX Kft. 1135 Budapest, Béke u. 51-55.

HOLUX Központ és Mérnökiroda Tel.: (06 1) 450 2700 Fax: (06 1) 450 2710
HOLUX Vevőszolgálat Tel.: (06 1) 450 2727 Fax: (06 1) 450 2710
HOLUX Üzletház Tel.: (06 1) 450 2718 Fax: (06 1) 320 3258
HOLUX Fényszaküzlet Körmeny Tel.: (06 94) 594 315 Fax: (06 94) 594 316
HOLUX Fényszaküzlet Nyíregyháza Tel.: (06 42) 438 345 Fax: (06 42) 596 479
HOLUX Fényszaküzlet Pécs Tel.: (06 72) 215 699 Fax: (06 72) 215 699
HOLUX Fényszaküzlet Szeged Tel.: (06 62) 426 819 Fax: (06 62) 426 702
www.holux.hu www.fenyaruhaz.hu e-mail: hoso@holux.hu

A kiadványunkban közölt információkat a legnagyobb körültekintéssel igyekeztünk összeállítani, az esetleg mégis előforduló hibákért felelősséget nem vállalunk. A közölt adatok változtatásának jogát minden külön értesítés nélkül fenntartjuk.

Minőségirányítási
rendszerA MEE Világítástechnikai Társaság
tagja