

## Tartalom

### 1 Rövid hírek

- Mit jelent a DALI 2 az Ön számára?
- A DALI-2 tanúsítás elindítása javítja a DALI világításvezérlő rendszerek interoperabilitását
- A DiiA által tanúsított első DALI-2 eszközök

### 2 Szilárdtest-világítás 2017, 3. rész – Irányzatok a világításban

### 3 A 2017. évi „Világítás a holnap számára” tervezési verseny díjazottjai, 2. (befejező) rész



## Mit jelent a DALI 2 az Ön számára?

(Forrás: [www.helvar.com](http://www.helvar.com), Press Release, Andrew Glossop, fény szabályozók termékmenedzsere, Helvar, 2015. szept. 14.)

A világítás képes megváltoztatni a tér energiáját, és jelentős hatással lehet az épület használóinak termelékenységére, érzéseire, jó közérzetére. Ez az épülettervezés egyik gyorsan fejlődő eleme. A LED-ek fényforrásként való alkalmazásának növekedésével tapasztalható technológiai változások átalakítják az építészek és tervezők világítással kapcsolatos világlképét, és segítenek az épületek számára még energiatakarékosabb, még változatosabb és olcsóbb világítási megoldások kidolgozásában.

A világítási rendszerek lehetőségeinek felhasználásához a kulcs az a vezérlőrendszer, amelyet a működtetéséhez használunk. Hatékony világításvezérlő rendszer segítségével sokféle felhasználásnak és tulajdonságnak lehet szabad teret engedni. Automatikus fényerősség- és szín szabályozást lehet használni a helyiség hangulatának és egy zóna vagy zónacsoport dinamikájának megváltoztatásához a cél, a napszak, a természetes napfény, a jelenlét vagy más tényezők függvényében. Az ilyen vezérlőeszközök jelentősen képesek lecsökkenteni a világítási rendszer energiafogyasztását.

A világításvezérlési gondolkodásának és gyakorlatnak a lelke a DALI. A 2000-ben szabványként megfogalmazott DALI egy adatprotokoll és adattovábbító mechanizmus, amelyet a világítási berendezések néhány gyártója közösen fejlesztett ki és specifikált.

A DALI lámpatestek intelligensek, 100%-ban dimmelhetők, és vezérelni, monitorozni és karbantartani lehet őket a kétvezetékes globális IEC 62386 nyílt szabványú kommunikációs protokoll segítségével. Világszerte a lámpatestek széles választékát állítják elő a DALI-val összhangban – LED-es, fénycsöves, nagyintenzitású kisülőlámpás, halogénlámpás, izzólámpás és tartalékvilágítási lámpatesteket, kisfeszültségű transzformátorokat, fényelektromos cellákat, mozgásérzékelőket, falikapcsolókat és egyéb protokollokhoz alkalmas átjárókat.

Maximum 64 egyedileg címzett DALI lámpatestet lehet csatlakoztatni egyetlen kétvezetékes hálózathoz ahhoz, hogy egyenként, valamennyit egyszerre vagy csoportokra bontva kommunikálhassunk velük. A DALI lámpatesteket azután a kétvezetékes hálózaton keresztül küldött

parancsokkal instruálni lehet – ki- vagy bekapcsolni, növelni vagy csökkenteni a fényerősségüket. További, állapotra vonatkozó információk is rendelkezésre állnak az egyes DALI lámpatestekről, amelyek megerősítik hatékony működőképességüket vagy meghibásodásukat.

A DALI-szabvány mögötti kulcsfontosságú gondolat az interoperabilitás, kölcsönös kompatibilitás volt. A DALI közös platformja lehetővé teszi, hogy különböző gyártóktól származó eszközöket csatlakoztassunk egymáshoz, így a tervezők a legjobbat tudják kiválasztani a versengő választékból épületük világítási rendszerének teljesítőképessége és stílusa tekintetében, ami jelentős rugalmasságot biztosít ott, ahol a négyzetméterenkénti költség, a funkcionalitás és a formátényező gyakran meghatározó az eszközök kiválasztásánál.

A 2015-ös év végéig már részben publikált és elkészült DALI 2, a DALI szabvány új változata, amelyet az eredeti szabvány hézagainak kitöltésére szántak. Ez a szabvány először fogja kitaposni az utat a jövő számára a vezérlőeszközök szabványosításával és az alkalmazási területeknek egészen az épületautomatizálásáig történő kiterjesztésével.

Az építészek számára a DALI új kiegészítései támogatást kínálnak a színvezérléshez – mind az RGB, mind a színhőmérséklet tekintetében. A megnövekedett színvezérlési lehetőség még sokféle lehetőséget kínál arra, hogy miként tudják kontrollálni a fény meleg színét az épület egyes helyiségeiben a DALI lámpatestek felhasználásával.

Az új kiegészítések jobb tájékoztatást nyújtanak a fontos információkról, például az energiafelhasználásról és a LED-ek hőmérsékletéről, amely kulcsfontosságú tényező a LED-ek élettartama szempontjából. De fontos egy épület általános tervezéséhez is, és lehetővé teszi a fenntarthatóbb és hosszú távú energiamegtakarítást kínáló megoldás kidolgozását

A DALI2 másik nagy előnye, hogy további 64 címet vesz figyelembe – közelebről vezérlő interfészeket, például billentyűzeteket és érzékelőket. A felhasználóknak most már 128 címük lehet egyetlen DALI hálózaton, ami azt jelenti, hogy kevesebb eszközre és termékre lesz szükség egy nagyobb DALI alapú világítási rendszer kialakításához. Ez nem csupán csökkenti a bonyolultságot általában, hanem programozási rugalmasságot és a rendszer könnyebb adaptálhatóságát is jelenti adott világítási rendszer élettartama során, mivel a tervezőt nem köti a vezetékezési infrastruktúra által megszabott

rendszerkonfiguráció. Ez sokkal versenyképesebbé teszi a rendszert, mivel csökkenti a költségeket és javítja a beruházások megtérülését.

Az új DALI 2 szabvánnyal együtt új „logó engedélyezési folyamatot” vezetnek be, amely formába önti a termékvizsgálati eljárást, és a keresésre alkalmas DALI adatbázisban létrehozza a versenyképes termékek listáját. A szabvány  $\geq 2.0$  verziója szerinti DALI tesztelésnek való megfeleléshez a DALI-védjegy logóra és a DALI-megfelelési jelzésre egyaránt szükség van. Így az építészek és a tervezők abban a biztos tudatban dolgozhatnak, hogy az általuk specifikált termékek teljes mértékben kompatibilisek és zökkenőmentesen fognak egymással együttműködni.

A DALI 2 nagyobb szabadságot biztosít a specifikátoroknak a világítási rendszerek és a vezérlések területén. Az új szabvány lehetővé teszi, hogy világítási csoportokat és előzetes beállításokat konfiguráljanak annak érdekében, hogy a világítást a tér felhasználásához igazítsák, ugyanakkor beépített energiagazdálkodási funkciókat is kínál. Ezen túlmenően – mint nyitott rendszer – a DALI lehetővé teszi a számos forgalmazó termékei és a gyártók szabványosított teljesítőképességei közötti interoperabilitást. A DALI új vezérlési és színkezelési tulajdonságaival az építészek esztétikusabb, gazdaságosabb és alkalmasabb terek kialakítására lesznek képesek.



## A DALI-2 tanúsítás elindítása javítja a DALI világításvezérlő rendszerek interoperabilitását

(Forrás: [www.digitalilluminationinterface.org](http://www.digitalilluminationinterface.org), Press Release, 2017. aug. 28..)

**A DiiA tagjai most már használhatják a DALI-2 logót a tanúsított termékeiken, ideértve a LED-meghajtókat és bizonyos típusú vezérlőeszközöket.**

A világítástechnikai vállalatok nyitott, globális konzorciuma, a Digitális Világítási Interfész Szövetség (DiiA) – amely segíti a DALI technológiát használó világításvezérlő rendszerek elfogadását – elindította a DALI-2 eszközök tanúsítására vonatkozó programját. A DALI-2 tanúsítás az átfogó és részletes vizsgálati eljárásoknak köszönhetően jelentősen javítja az interoperabilitást a piacon jelenleg elérhető DALI eszközök között. A tanúsítvány kibocsátása előtt a DALI-2 teszt eredményeit a DiiA független ellenőrzésnek veti alá minden termék esetén.

A program lehetővé teszi a DiiA tagvállalatok számára, hogy tanúsíthassák DALI-2 termékeiket – kezdve a vezérlőeszközökkel, például a LED-meghajtókkal.

A DALI-2 tanúsítvány alkalmazásvezérlőkre is vonatkozhat, amelyek a DALI rendszer „agyai”, valamint olyan bemeneti eszközökre, mint a jelenlét- és fényérzékelők. Kezdetből fogva tanúsíthatók az egyetlen mesterszakkal működő alkalmazásvezérlők is.

A DALI, azaz a „digitálisan címezhető világítási interfész” a világításvezérléshez kidolgozott protokoll, amely lehetővé teszi a robosztus, méretezhető és rugalmas világítási hálózatok könnyű összeállítását. A DALI-t az IEC 62386 nemzetközi DALI szabvány specifikálja, a DALI-2 minősítés pedig az IEC 62386 2. verzióján alapul, amely először tartalmaz vezérlőeszközöket is.

A tanúsított termékek jogosultak a DALI-2 logó viselésére, és az eredeti DALI logó viselésére jogosult – a DALI 1. változata szerint regisztrált – termékekkel együtt valamennyi fel van sorolva a DiiA weboldalának „termék adatbázisában” ([www.digi-talilluminationinterface.org/products](http://www.digi-talilluminationinterface.org/products)).

A DALI 1. változatának regisztrációja a tagvállalatok önbevallásán alapul, és nem vonja maga után a teszteredmények ellenőrzését. A DALI-2 minősítési folyamat viszont tartalmaz egy független ellenőrző lépést is annak igazolására, hogy minden szükséges vizsgálatot elvégeztek, és hogy a termék ezeket sikeresen teljesítette.

Kezdetben a DALI-2 tanúsítási program az IEC 62386 szabvány 101. és 102. részéhez kapcsolódott, amelyek a rendszerkomponensekre, illetve a meghajtóra vonatkozó általános követelményeket definiálják a 207. résszel együtt, amely a LED-modulok vezérlőeszközeinek követelményeit határozza meg. A 103. rész is ide tartozik, amely lehetővé teszi az egymesteres alkalmazásvezérlők tanúsítását azzal, hogy a közeljövőben kiegészíthető lesz a többmesteres alkalmazásvezérlőkkel is.

A DALI-2 tanúsítás következő fázisai a 301-304-es részeket tartalmazzák, amelyek különböző típusú bemeneti eszközökre vonatkoznak, valamint a 209-es részt, amely a színvezérlésre alkalmas eszközökkel és sok minden mással foglalkozik.

A DiiA a tagvállalatoknak tesztszekvenciákat bocsát rendelkezésre, amelyek lehetővé teszik mind a DALI-2 minősítést, mind a DALI-1-es szabványoknak való megfelelés vizsgálatát. Az új és frissített tesztsorozatokot a DiiA tagvállalatok rendszeres időközökben megkapják.

## A DiiA által tanúsított első DALI-2 eszközök

(Forrás: [www.digitalilluminationinterface.org](http://www.digitalilluminationinterface.org), Press Release, 2017. okt. 10.)

**A DALI-2 tanúsítás további biztosítékot kínál a DALI digitális világításvezérlő protokollt használó termékek interoperabilitásához.**

A DALI-2 tanúsítási program a vezető világítástechnikai gyártók első DALI-2 eszközeinek tanúsításával teljes lendülettel beindult. A DALI-2 minősítést a világítástechnikai vállalatok nyitott, globális konzorciuma, a Digitális Világítási Interfész Szövetség (DiiA) végzi, amely segíti a DALI technológiát használó digitális világításvezérlő rendszerek globális elfogadását.

Az első tanúsított DALI-2 termékek – köztük a Helvar, az Osram, a Philips Lighting és a Tridonic LED-meghajtói – már szerepelnek a DiiA webhelyén található „termék-adatbázisban”. Az interoperabilitást és a továbbfejlesztett funkcionalitást jelölő DALI-2 logót csak tanúsított termékek viselhetik.

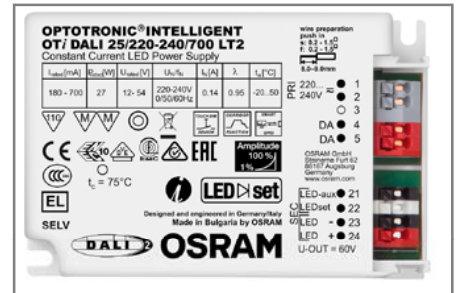
„A DiiA-ban való részvétellel és az első tanúsított DALI-2 termékek piacra dobásával arra törekszünk, hogy megvédjük és növeljük a DALI technológia értékét az ipar és a vevők számára” – nyilatkozta Teijo Kuosmanen, a Helvar Lighting Essentials üzletágának globális értékesítési vezetője.

Az interoperabilitás, a kompatibilitás kulcsfontosságú piaci követelmény, amely beépült a DALI-2 tanúsítás alapjává szolgáló átfogó és részletes vizsgálati eljárásokba.

„Nagyon elégedettek vagyunk a DALI-2 tanúsítási eljárással” – magyarázza Oscar Deurloo, a Philips Lighting szabványosítási igazgatója. „Ez jelentős javulás a DALI termékek közötti interoperabilitás biztosítása terén, és további bizalmat fog építeni a DALI interfész iránt a világítástechnika ipar egészében.”

A tanúsítvány kibocsátása előtt a DALI-2 teszt eredményeit a DiiA független ellenőrzésnek veti alá minden termék esetén.

„Az első LED-meghajtóink tesztelése azt mutatta, hogy az új DALI-2 tanúsítási folyamat értelmes és jól átgondolt” – mondta Hannes Wagner, az Osram GmbH LED-meghajtóinak termékmenedzsere. „Meg vagyunk győződve arról, hogy létfontosságú alapot építettek ki a DALI portfólió kiterjesztéséhez és piaci sikeréhez. Sikeres teszteredményeink prezentálását követően a DiiA azonnal kiadta a tanúsítványt, amely támogatja a gyors piaci bevezetést.”



A DALI-2 tanúsítási program biztosítja, hogy a DALI továbbra is meghatározó szerepet játsszon a világítástechnikai piacon.

„Meg vagyunk győződve arról, hogy a DALI napjaink egyik legfontosabb digitális világításvezérlési protokollja” – hangsúlyozta Thomas Oelz, a Tridonic termékmarketingért felelős alelnöke. „Bebizonyosodott, hogy a DALI egy robosztus, a világítási igények kielégítésére szolgáló protokoll. A DALI-2 tanúsítás fontos lépés az interoperabilitás biztosítása felé – beleértve az érzékelőket és a vezérlőket is. Büszkék vagyunk arra, hogy ennek a fejlődésnek részesei lehetünk, és továbbra is dolgozunk a jövőben a DALI-2 fejlesztésén.”

A DALI-2 tanúsítvány az IEC 62386, a nemzetközi DALI szabvány 2-es verziója vonatkozó részeinek való megfelelést jelenti. Az első minősített DALI-2 termékek olyan LED-meghajtók, amelyeket az IEC 62386 101., 102. és 207. részei szerint teszteltek. Más eszköztípusokat is tanúsítottak már, például egymesteres alkalmazásvezérlőket. A DALI-2 program bővülésével további eszközök is bekerülnek a programba – többmesteres alkalmazásvezérlők, busz-tápegységek, tartalékvilágítási és színvezérlési meghajtók, valamint bemeneti eszközök, például jelenlét- és fényérzékelők.



## 2 Szilárdtest-világítás 2017, 3. rész

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

### 3. Irányzatok a világításban

#### 3.1 A világítás teljesítőképessége és formatervezése

A szilárdtest-világítás a tulajdonságok és a tervezési rugalmasság új dimenzióit kínálja. A szilárdtest-világítási termékek lehet úgy konstruálni, hogy a látható fénynek majdnem bármilyen spektrumát képesek legyenek kibocsátani; a LED vagy OLED által kibocsátott spektrum dinamikus beállításának képessége az energiamegtakarításon túl a szilárdtest-világítás előtt számos funkció lehetőségét nyitja meg. A LED-ek színének és spektrumának állíthatósága két új alkalmazási lehetőséget tesz lehetővé: az egyik az emberi egészséggel, a másik a kertészetek világításával függ össze.

A LED-ek és az OLED-ek egyedülálló tulajdonságai olyan új világítási formatervezőket tesznek lehetővé, amelyek megváltoztatják a világítás épületekbe való integrálásának a módját. A szilárdtest-világítás nem korlátozódik a hagyományos búrák vagy lámpatestek méreteire, hanem új beépítési lehetőségeket tesz lehetővé, például DC mikrohálózatok felhasználását az AC/DC átalakítás veszteségeinek minimalizálására az egyes lámpatesteknél, vagy megújuló energiaforrások alkalmazását. Ezenkívül – félvezető fényforrásokról lévén szó – a szilárdtest-világítás megkönnyíti a csatlakoztatott világítás bevitelét az épületekbe. A világítási tulajdonságok tekintetében a szilárdtest-fényforrások veleszületett előnyökkel rendelkeznek: a LED fényforrások igen jól irányított optikai eloszlást biztosítanak, az OLED-ek pedig kis kápráztatású, kis fénysűrűségű fényforrásokról gondoskodnak.

Amint a termékfejlesztők, az építésszek és a világítástervezők teljesen kihasználják majd a szilárdtest-világítási technológiák lehetőségeit, megjelenhetnek új termékformák, világítási elrendezések és konstrukcióbeépítési megközelítések, amelyek teljes mértékben optimalizálják a szilárdtest-világítási technológiát a fényforrások fényhasznosítása, valamint az optimális kihasználási hatékonyság, az épületek és az építészeti hatékonyság, az emberi egészség és a termelékenység tekintetében.

#### 3.1.1 Igényre szabott fény: spektrum, intenzitás és térbeli vezérlés

Amint azt a 2.2.2 fejezetben ismertettük, minden világítási alkalmazásnak megvannak a maguk követelményei, és az,



3.1 ábra – A Cree „Edge Area Square” térvilágító lámpatestei az Edgewater-i (Kolorádó) piacon (Forrás: John Edmond, Cree Inc., SSL R&D Workshop, San Francisco, Kalifornia, 2015. jan. [69])

határozza meg az alkalmazás hatáskörét, hogy a világítási rendszer milyen hatékonyan, mekkora hatáskörrel tudja teljesíteni ezeket a követelményeket. Az alkalmazás hatékonyságának maximalizálása érdekében olyan fényforrásokra van szükség, amelyeknek különböző (spektrális, intenzitás- és térbeli) eloszlásait az alkalmazásra lehet szabni – lehetőleg valóságban.

A spektrális tervezés a kezdetektől fogva központi témája lett a szilárdtest-világításnak – különös figyelmet szentelve a legáltalánosabb mérőszámokra, a fényszórásra, a korrelált színhőmérsékletre és a színvisszaadási indexre. De ez még csak a kezdet, és számos alkalmazás élvezi majd a finomabban vezérelt spektrális tervezés előnyeit, nem csupán az alkalmazás energiaszükségletének csökkentése, hanem az alkalmazás termelékenységének javítása tekintetében is. Az alkalmazásra szabott spektrum felhasználása maximalizálja a világítás hatékonyságát biztosítva, hogy az adott világítási alkalmazáshoz szükséges spektrum megfelelő komponensei jelen vannak. Emellett a látható spektrum károsító vagy szükségtelen részei eliminálhatók vagy csökkenthetők. Ez a koncepció még viszonylag új az általános világítási alkalmazások terén, mivel a szilárdtest-világítás beköszöntével vált csak lehetővé a spektrum hatékony vezérlése. A legtöbb világítási alkalmazáshoz még nem ismert az optimális spektrum, ezért jelentős kutatómunkára lesz szükség ennek tisztázásához.

A fényerősség szabályozása lehetővé teszi a világítás jobb hatékonyságát és csökkenti

energiaigényét is. Ha van elegendő nappali fény, vagy senki sincs jelen, a világítási termékek fényáramát le lehet csökkenteni, vagy ki is lehet kapcsolni azokat az energiatakarékosság érdekében. A fényszintek a nap folyamán is szabályozhatók a külső fényhez való hozzáigazításuk érdekében, ezáltal kiváltva a megfelelő pszichológiai ingereket és javítva a világítási rendszerek hatékonyságát. A világítási termékek úgy is tervezhetők, hogy az egyes LED-ek vagy LED-csoportok fényerőssége szabályozható legyen, ami lehetővé teszi a fehér vagy a színes fény tónusának változtatását. Ráadásul a termékeket úgy is tervezhetik, hogy aktív módon szabályozzák a fény térbeli eloszlását, amint azt a 4.2.2 fejezetben ismertett OSRAM Omnipoint koncepció mutatja.

A térbeli eloszlás tervezése az utolsó, de ugyanolyan fontos lába az igényre szabott fény hármásának. A LED-es világítási rendszerek javított optikai vezérlésükkel és térbeli eloszlásukkal már megmutatták, hogy kevesebb fény felhasználásával is képesek elérni az előírt megvilágítási szinteket. Kültéri alkalmazásoknál ez javított optikai vezérléssel érhető el, amely csökkenti a túlvilágítást és a haszontalan, célt tévesztett fényeket (amelyeket zavaró fényekként vagy az ég felé irányuló, haszontalan, az égbolt parázslását növelő fénykomponensekként aposztrofálnak). A 3.1 ábra mutat be érdekes példát a LED-alapú kültéri lámpatestekkel feljavított fényhasznosításra. Ennél a példánál egy

[69] J. Edmond: „Reinventing Lighting”, DOE SSL R&D Workshop, San Francisco, Kalifornia, 2015

parkoló lámpatesteknek Cree-gyártmányú LED-es lámpatestekre történő lecserélésével 66%-kal kevesebb energiát használnak fel, mint a nagyintenzitású kisülőlámpákkal szerelt lámpatestek esetén a nagyobb fényhasznosításnak és a kisebb fényáramoknak köszönhetően. Ráadásul lényegesen nagyobb parkolóterület kapott megvilágítást, ami előnyös a gépkocsivezetők és a gyalogosok biztonsága szempontjából is.

### 3.1.2 A világítás integrálása az épületekbe

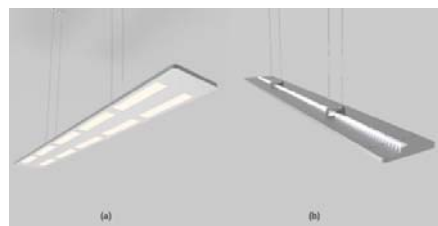
A LED-es világítástechnológiák többségét rövidtávú piaci lehetőségek kielégítésére tervezték – lámpák és lámpatestek lecserélésére. A világon megközelítőleg 45 milliárd lámpafoglat van, ezért ezek formatényezői óriási piacot és energiamegtakarítási lehetőséget reprezentálnak. [2]. A lámpák és a retrofit formatényezők segítik a gyors vásárlói elfogadást is, miután megszokott termékformákat és a meglévő termékekéhez hasonló használhatóságot kínálnak. A tipikus lámpaformák azonban nem ideálisak a LED-csomagok világítási termékekbe történő beépítésére. Nincs természetes hőelvezetési út a LED-csomagoktól; a LED-csomagok fényeloszlása sok alkalmazás számára nem ideális; és a tápegységek beépítése az egyes lámpákba költséges és rossz hatékonyságú. A LED-es termékintegrátorok figyelemre méltó munkát végeztek olyan termékek kifejlesztésével, amelyek leküzdik ezeket a kihívásokat, de az örökölt formatényezők nem képesek kihasználni a LED-technológiával kapcsolatos egyedi tulajdonságokat és formatervezési rugalmasságot, és a LED-technológiát egy kevésbé optimális formatényezőbe fogják bekényszeríteni.

A retrofit lámpatestek nagyobb rugalmasságot tesznek lehetővé, mivel általában nagyobb térfogatuk van az integráláshoz, ami a LED-es világítási termékek optimálisabb és költséghatékonyabb beépítését teszi lehetővé. A hátrány az, hogy a világítási elrendezést és a megkívánt fényeloszlást a retrofit lámpatesteknél gyakran az a bevált technológia határozza meg, amelyet le akarnak vele cserélni, nem pedig az, amelyet optimálisan el lehetne érni, ha az egész rendszert a LED-ek tulajdonságainak szem előtt tartásával terveznék meg. Azt is a bevált világítási technológiák határozzák meg, hogy az épületekbe hogyan illesztik és csatlakoztatják a lecserélésre szánt lámpatesteket. Például a LED-termékek kisebb mélységet és térfogatot igényelnek a süllyesztett világítási alkalmazások esetén, ami kompaktabb épületarchitektúrát és kevesebb építőanyag fel-

használását teszi lehetővé. A világítás elektromos csatlakoztatását potenciálisan javítani lehet, ha az épületekben DC hálózatot használnak, ezzel elkerülve, hogy mindegyik LED-lámpához vagy LED-es lámpatesthez teljes AC-DC átalakításról kelljen gondoskodni. Ez megkönnyítheti a megújuló energiaforrásokhoz való közvetlen csatlakoztatást is, mivel a nap- vagy szélerenergia és azok akkumulátorrendszerei nem igényelnek először DC-AC, majd a LED-ek működtetéséhez AC-DC átalakítást.

A LED- vagy OLED-világítás sajátjának tekinthető tulajdonságai nem csupán új formatényezőkhöz vezethetnek, amelyek átalakíthatják az épületekhez való csatlakoztatást, hanem olyan tervezésekhez is, amelyek javítják az alkalmazás számára szolgáltatott hatékonyságot is. Azzal, ha a lámpatest a fény nagyobb hányadát juttatja el a célterületre, csökkenthető a megkívánt megvilágítási szintekhez igényelt teljes fény mennyiség – javítva ezzel a fényhasznosítást. Például a LED-ek kis mérete jobb optikai vezérlést és irányíthatóságot tesz lehetővé; ennek ellenkezőjeként az OLED-ek nagy mérete a kis fényűrűséggel és a kis káprázattal párosulva lehetővé teszi, hogy a célterülethez igen közel helyezzük el azokat. A LED- és OLED-fényforrások fényének maximális kihasználásához el kell mozdulni a megszokott formatényezőktől – a lámpabúrától és a süllyesztett tükrös-rácsos lámpatestektől – olyan formatényezők irányába, amelyek maximalizálják az alkalmazás hatékonyságát, valamint az optikai, elektromos és termikus hatásfokot.

Az OLED-ek nem alkalmasak arra, hogy a legtöbb lámpa és lámpatest formáját leutánozzák, ami hátrány és egyben előny is. Amíg ez ugyanis rövid távon gátolja az OLED-technológia elfogadását, egyben felgyorsítja az olyan, teljesen optimalizált világítási rendszerek és alkalmazások kifejlesztését, amelyek összhangban vannak e technológia egyedülálló tulajdonságaival (pl. a nagy területtel, a kis



3.2 ábra – Duet SSL™ technológiájú lámpatest (a) a célfelület megvilágításához lefelé sugárzó OLED-ekkel és (b) LED-ekkel a felületen a tér általános megvilágításához (Forrás: Acuity Brands Website, 2016. április [70])

fényűrűséggel, a karcsú formákkal és a síktól eltérő felületekkel). Végső soron a nagy felületű, kis fényűrűségű OLED-ek és az irányított fényű LED-ek bizonyos kombinálásával elérhető egy olyan megközelítés, amely maximalizálja a világítás-technológiák előnyeit és optimalizálja a világítási terveket is.

E kiegészítő megközelítés egyik példáját mutatta be az Acuity Brands. Bejelentette a Duet SSL™ technológia kifejlesztését, amely ugyanabban a lámpatestben OLED- és LED-fényforrásokat is használ, optimalizálva ezzel a kifinomult fotometriai teljesítőképességet, a jobb minőségű világítást és a jobb költséghatékonyságot. Amint az a 3.2 ábrán látható, a lefelé néző OLED-ek fénye a célfelületre irányul, míg a LED-ek felfelé néznek és olyan általános világításról gondoskodnak, amely a mennyezetről visszatükröződve világítja meg a teret. Ez a kombináció kihasználja az OLED-ek lágy, diffúz fényét, ahol a fény kölcsönhatásba kerül a felhasználóval, és a LED-ek költséghatékony kiegészítő fényét a tér teljes megvilágításához.

### 3.1.3 Megbízhatóság

A LED-ek a szilárdtest-világítási termékek „lelkei”. Hosszú élettartamról gondoskodnak, amely meghaladja az 50 000 órás üzemelést – sokkal tovább tartanak, mint a hagyományos fényforrások. Minden világítástechnológia élettartamának végét fényvesztés jelzi, de ez a LED-es lámpatesteknél nem annyira szembeötlő, itt ui. a fényáram fokozatosan csökken, vagy a szín lassan eltolódik olyan pontig, ahol már ezek az események gyakorlatilag meghibásodásként értékelendők.

Amikor a beépített lámpák és lámpatestek először megjelentek a piacon, azt feltételezték, hogy a LED-csomagok fényáramcsökkenését lehetne majd felhasználni a beépített világítástechnikai termék degradációs jellemzőinek megbecsléséhez. Noha a LED-fényforrás élettartama fontos jelzője a LED-lámpatest élettartamának, az élettartamot a lámpatest-rendszer egészére kell értelmezni, nem csupán a LED-ekre. A meghajtók elektronikájának meghibásodása vagy az optikai komponensek degradációja gyakran jóval előbb felléphet, mintsem a LED-ek fényáramának csökkenése meghibásodáshoz vezetne. Egy olyan megbízhatósági modell, amely integrálja a

[70] Acuity Brands: „Olessence OLED /LED Specifications”, 2017. ápr. 18. ([http://www.acuitybrands.com/products/detail/603152/Peerless/OLE4-Linear/Olessence-OLED-LED-Indirect-Direct-Suspended-Linear/-/media/products/Peerless/603152/document/OLE4\\_pdf.pdf](http://www.acuitybrands.com/products/detail/603152/Peerless/OLE4-Linear/Olessence-OLED-LED-Indirect-Direct-Suspended-Linear/-/media/products/Peerless/603152/document/OLE4_pdf.pdf))

lámpatestek különböző alrendszerének meghibásodási mechanizmusát, sokkal pontosabb élettartam-adatok megadását tenné lehetővé a LED-gyártók részéről.

A pontos élettartam-adatok megadásával kapcsolatos probléma megoldására a DOE Szilárdtest-világítási programja a Következő Generációs Ipari Szövetséggel (NGLIA) létrehozta az LED-rendszerek Megbízhatósági Konzorciumát (LSRC). A konzorcium célja a tevékenységek összehangolása és a jobb megértés elősegítése. Az LSRC-vel végzett és a DOE Szilárdtest-világítási programja által támogatott egyéb K+F munka a különböző degradációs mechanizmusok megértésére koncentrált olyan új modellek kifejlesztése érdekében, amelyekkel a rendszer megbízhatóságát biztosabban lehet majd megérteni, modellezni, megbecsülni és kommunikálni.

#### *Fényáram-tartás*

A LED-csomagok ritkán hibásodnak meg hirtelen (azaz nem, szűnik meg hirtelen a fénykibocsátásuk), ehelyett inkább paraméterromlás tapasztalható – a fényáram, a fénypont (színkoordináták), a színvisszaadási index vagy a fényhasznosítás degradációja vagy eltolódása. A LED-fényforrásokban ezek a paramétereltolódások, fényáram-csökkenések kapták a legnagyobb figyelmet, mivel úgy gondolták, hogy ezek az egész termék élettartamának elsődleges meghatározó tényezői. Noha a kutatás bebizonyította, hogy nem ez a helyzet, a fényáram-tartást még mindig meghatározó tényezőként használják a LED-lámpák vagy LED-es lámpatestek élettartam-adatainak megadásához – főként azért, mert léteznek szabványosított eljárások a LED-csomagok fényáram-csökkenésének mérésre és „megjósolására”. A LED-csomagok hasznos élettartamának gyakran azt az időpontot tekintik, amikor a kimeneti fényáram kezdeti értékének 70%-ára csökken le; ez az L70 érték. Az olyan termékek esetén, amelyeknek élettartama több év vagy akár évtized, a hibák normál működési körülmények között igen lassan alakulnak ki. 2008-ban az Illuminating Engineering Society (IES) publikált egy IES LM-80-nak elkeresztelt jóváhagyott módszert a LED-fényforrások, -tömbök és -modulok fényáram-tartásának mérésére [71]. Az LM-80-08 eljárás megköveteli, hogy egy reprezentatív termék-mintán legalább 1000 óránként minimum 6000 órának megfelelő ideig meg kell mérni a fényáramot és a színértéket.

Sok kutató sok energiát fektetett annak az időnek a megjósolására, amikor egy lámpa-

testben lévő LED-csomag eléri az L70-es értéket, és az IES dokumentált is egy előrejelzési eljárást, az IES TM-21-et [72], amely az LM-80 tesztadatot használja fel a fényáram-tartás előrejelzéséhez (ehhez minimum 6000 órás tesztadatokra van szükség). A LED-ekre tesztelt LM-80-as adatokat (a fényáramot a tesztórák függvényében) átlagolják, és egy illeszkedő exponenciális görbét rajzolnak az adatokhoz; az illeszkedő görbéből származó adatokat használják fel a fényáram-tartás alapján kiszámolható élettartam-bebecslések meghatározásához. Ez a műszaki dokumentum kimondja, hogy az előrejelzések nem haladhatják meg az LM-80 tesztadatai tényleges óráinak megállapított (a mintaméretektől függő) többszörösét, ami segít elkerülni a gyártóknak a termékkel kapcsolatos túlzott állításait.

Meg kell jegyezni, hogy az LM-80 mérések olyan szabályozott hőmérsékletű környezetben, folytonosan működtetett LED-ekre vonatkoznak, ahol a forrasztási pont és a környezet hőmérséklete egyensúlyi állapotban van. Ez nem utal szükségképpen valóságos működési feltételekre, ezért a laboratóriumi mérési eredmények alapján végzett előrejelzések és a lámpákkal és lámpatestekkel a helyszínen nyert gyakorlati tapasztalatok között nem feltétlen van tökéletes egyezés. Mindenestre a fényáram-tartás előrejelzései segíthetnek a „fejlett” felhasználóknak a termékek összehasonlításában, amennyiben azok korlátai pontosan ismertek.

A LED-csomagok tervezésének és konstrukciós anyagainak hatását a teljesítőképességre, színminőségre, fényáram-tartásra és színeltolódásra igen sokféle LED-csomagra megvizsgálták. A különböző LED-csomag kiviteleknek (részletesen l. a 4.1 fejezetben) a konstrukciós anyagoktól és a gyártási eljárásoktól függően különböző sajátos, „veleszületett” jellemzőik vannak. Magas hőmérsékleteken és hosszú üzemeleti idők során a LED-csomagban lévő anyagok elszíneződhetnek, megrepedezhetnek vagy rétegződhetnek, ami fényáram-csökkenéshez és színeltolódáshoz vezethet. A LED-csomagok degradációs mechanizmusai és hatásaikkal kapcsolatos bővebb információ az LSRC legutóbb publikált jelentésében („LED-es lámpatestek megbízhatósága: a színeltolódásra gyakorolt hatás”) található [73] (<https://energy.gov/eere/ssl/downloads/led-luminaires-reliability-impact-color-shift>).

#### *Színeltolódás*

Noha a LED-ek élettartamával kapcsolatos vitákat a fényáram-tartás dominálta, a

színstabilitás (színérték-stabilitásnak is nevezik) is fontos paraméter, amely gátja lehet a vásárlásnak vagy kielégítetlen elvárásokat okozhat. Színeltolódás a hagyományos világítástechnológiában is előfordul, de a LED-világítással kapcsolatosan nagyobb figyelmet kapott a 10 évvel vagy még hosszabb idővel mérhető élettartam okán sok alkalmazás esetén. A hagyományos világítástechnológiáknál (halogénlámpák, fénycsövek vagy fémhalogénlámpák) is tapasztalható színeltolódás, ezért néhány évente lámpacserére van szükség a színeltolódás hatásának csökkentésére.

A színstabilitás fontossága függ az alkalmazástól, és bizonyos esetekben károsabb lehet, mint a fényáram-csökkenés. A nagy mértékű színstabilitás például döntő fontosságú a múzeumok vagy az üzletek fényforrásainál, de kevésbé fontos az utvilágításnál. A lámpák és lámpatestek színstabilitása ott fontos, ahol több lámpát vagy lámpatestet használnak falmosáshoz, vagy ahol a tárgyakat szín alapján értékelik, például kórházakban vagy gyárakban.

A fény színét színkoordináták segítségével lehet jellemezni a színárnyalat vagy a telítettség leírására. A két színkoordináta egyedi fényszínnek felel meg; két azonos színkoordinátájú fényforrás elméletileg egyformának látszik. A színek elhelyezkedését reprezentáló színdiagramokat a CIE dolgozta ki és szabványosította. A legáltalánosabban használt színdiagram a CIE-nek a színérték megadásához (x, y) koordinátákat használó 1931-es és (u', v') koordinátákat használó 1976-os színdiagramja. Eddig az ipar általában a színeltolódáshoz a  $\Delta u'v'$  adatot használta, amely megadja a színeltolódás nagyságát, de irányát nem. (A tényleges u' és v' színkoordinátákhoz ismerni kell a színérték eltolódásának irányát is.) Az a pont, ahol a színeltolódás már észrevehetővé válik és paraméterhibát okoz, a világítási alkalmazástól függ. Ha a színváltozás lassan, igen hosszú idő (pl. 25 000 óra) alatt következik be, az nem kifogásolható feltéve, ha valamilyen fényforrás azonos mértékű és azonos irányú színeltolódást szenved (de ez a gyakorlatban valószínűtlen).

[71] Illuminating Engineering Society: „LM-80-08: Measuring Lumen Maintenance of LED Light Sources”, 2008

[72] Illuminating Engineering Society: „TM-21-11: Projecting Long Term Maintenance of LED Light Sources”, 2011

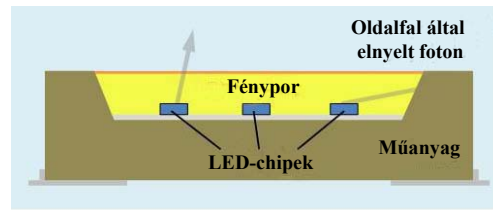
[73] LED Systems Reliability Consortium: „LED Luminaire Reliability: Impact of Color Shift”, 2017. ápr. ([https://energy.gov/sites/prod/files/2017/04/f34/lsrc\\_colorshift\\_apr2017.pdf](https://energy.gov/sites/prod/files/2017/04/f34/lsrc_colorshift_apr2017.pdf))



A színtabilitás változhat a LED-lámpa vagy a LED-es lámpatest konstrukciójától függően, amely számos olyan tényezővel rendelkezhet, amelyek befolyásolják az eredményül kapott teljesítőképességet. A környezeti hőmérséklet, a meghajtóáram és a lámpa vagy lámpatest hőelvezető rendszerének konstrukciója befolyásolhatja a LED-ek pn-átmenetének hőmérsékletét, amely viszont a kimeneti jellemzőkre van hatással. A hosszú távú színtabilitás szempontjából nagyobb aggodalomra ad okot az a hatás, amelyet a magas hőmérsékletek fejthetnek ki bizonyos LED-csomagokra vagy optikai anyagokra. A LED-csomagok konstrukciójától függően a fényporrétegek leülepedhetnek, felválhatnak vagy másféle módon megváltoztathatják a fehér fényt adó fotonok számát. Ez a viselkedés még akkor is előfordulhat, ha nem magas a környezet hőmérséklete. Hasonlóképpen az optikai szakasz anyagai – például a műanyagok – idővel elszíneződhetnek. Ezenkívül például a ragasztó- vagy egyéb kémiai anyagok bedifundálódhatnak a LED-csomagba és befolyásolhatják annak színtabilitását. A működés során bekövetkező hőmérsékletváltozások fel is erősíthetik a degradációs mechanizmust bizonyos LED-termékeknél.

Nincsenek olyan hivatalos szabványok, amelyek korlátoznák a LED-es világítás-technikai termékekben elfogadható színeltolódás mértékét, de bizonyos tanúsítványok megállapítottak követelményeket. Például az Energy Star címke viseléséhez 10 LED-lámpából 9-nél a mért ( $\Delta u'v'$ ) színeltolódás a működés első 6000 órája alatt 0,007-nél kisebb kell hogy legyen. Olyan alkalmazások esetén, amelyek nagy színtabilitást igényelnek, termékfüggő specifikációt is elő lehet írni. A színeltolódás elfogadható szintjeire vonatkozó megegyezés hiányán túl nincs szabványos módszer a jövőbeni szintartás előrejelzésére, amely szabványos teszteljárásokat használna, mint a LED-csomagok fényáram-tartásának előrejelzésénél. Nincsenek kialakult módszerek a gyorsított tesztelekre sem, arra hagyatkozva, hogy az egyes gyártók dolgozzák ki saját tesztelési eljárásaikat és előrejelzési modellezési megközelítéseiket. A színeltolódás előrejelzésével kapcsolatos konszenzusos módszer nagy kihívást jelent, mivel a különböző konstrukciós anyagok és gyártási eljárások befolyásolhatják a végeredményt, habár az IES egyik bizottsága (TM-31) dolgozik azon, hogy megegyezés szülessen ebben a sürgető kérdésben [74].

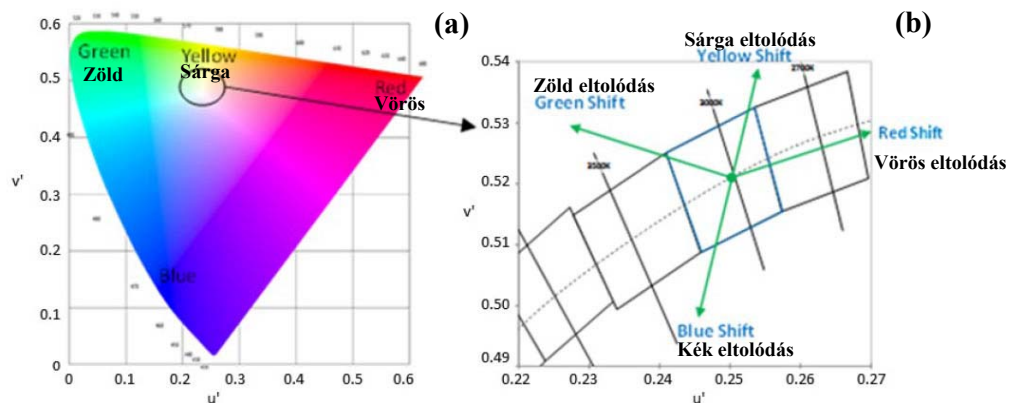
A LED-ekben a színpont stabilitását befo-



(a)

(b)

3.3 ábra – Színeltolódás eseteit mutató LED-csomagok sematikus ábrái: (a) közepes teljesítményű LED-csomag oldalfalának elszíneződése, amely hosszú hullámú kék fotonokat nyel el, ezzel kék irányban történő eltolódást okoz és (b) fényporréteg-felválás egy nagy teljesítményű LED-csomagban, amely a sárga irányba történő eltolódást mutat, miután ilyenkor a fotonoknak hosszabb utat kell megtenniük a fényporon keresztül (Forrás: Monica Hansen: *Strategies in Light*, Las Vegas, Észak-Karolina, 2015. febr. [75])



3.4 ábra – Színeltolódásokat mutató 1976-os CIE színdiagram ( $u', v'$ ): (a) a fekete körrel jelölt fehér színtartomány és a színeltolódások szokásos irányai LED-csomagokban és (b) a fekete körrel jelölt fehér színtartományt kinagyított képe (Forrás: Monica Hansen: *Strategies in Light*, Santa Carla, Kalifornia, 2016. márc. [76])

lyásoló tényezők közé tartoznak az emitterben, a fényporban, a tokozóanyagokban és a műgyantákban az öregedés hatására bekövetkező változások. Az emitterek sugáraráma idővel csökkenést mutathat; a fényporoknál a kvantumhatásfok csökkenhet vagy eltolódások léphetnek fel az emissziós spektrumban az oxidáció következtében, a tokozóanyagok pedig megrepedezhetnek, oxidálódhatnak és elszárgulhatnak, vagy megváltozhat a törésmutatójuk; végül a műgyanták elszíneződhetnek és fotonokat nyelhetnek el, amint azt a 3.3 ábra mutatja. A magasabb hőmérsékletek felgyorsítják ezeket a nagyobb színeltolódáshoz vezető degradációs mechanizmusokat, de a színeltolódás nagysága a hőmérséklet függvényében változni fog a felhasznált anyagok és gyártási folyamatok függvényében. Csakúgy, mint a fényáram-tartási viselkedésnél, ha a LED-eket kis meghajtóáramokkal és a normálisnál alacsonyabb hőmérsékleteken működtetjük, ezek az anyagok megváltoznak, ennek következtében a színérték igen lassan fog változni, ha egyáltalán megváltozik.

A színeltolódás irányát a LED-csomagban bekövetkező domináns degradációs mechanizmusok befolyásolják, amelyek viszont a LED-csomag anyagaitól és a konstrukciós módszerektől függenek. A sárga, kék, zöld és vörös színek irányába

történt színeltolódásokat a CIE 1976-os színdiagramjának felhasználásával a 3.4 ábra mutatja. A különböző LED-csomag konstrukciók élesen elkülönülő különbségeket mutatnak a színeltolódás jellegében. Négy fő színeltolódási módot lehetett megkülönböztetni, és ezek változásokat okoztak a LED-csomagok anyagaiban, ideértve a LED-chip, a fénypor és a szilikon kötőanyag, valamint a LED-csomagban használt kiöntő műanyag viselkedését. A színeltolódási mechanizmussal kapcsolatos további részletek a DOE „Kereskedelem-ben kapható LED-termékek kiértékelése és jelentése” (CALiPER) riportjában „Állandósult állapotokban működtetett LED-es PAR38 lámpák színeltolódási mechanizmusa” címen olvasható ([https://energy.gov/sites/prod/files/2016/03/f30/caliper\\_20-5\\_par38.pdf](https://energy.gov/sites/prod/files/2016/03/f30/caliper_20-5_par38.pdf))

[74] Next Generation Lighting Industry Alliance and LED Systems Reliability Consortium: „LED Luminaires Reliability: Impact of Color Shift”, 2017. ápr. ([https://energy.gov/sites/prod/files/2017/04/f34/lsrc\\_colorshift\\_apr2017.pdf](https://energy.gov/sites/prod/files/2017/04/f34/lsrc_colorshift_apr2017.pdf))

[75] M. Hansen: „The True Value of LED Packages”, *Strategies in Light*, Las Vegas, Nevada, 2015.

[76] M. Hansen: „Package Impact on Color Shift in LEDs”, *Strategies in Light*, Santa Clara, Kalifornia, 2016.

### A lámpatestek megbízhatósága

Amikor a LED-lámpákkal összeépített lámpatestek megjelentek a piacon, először azt gondolták, hogy a LED-csomagok LM-80 tesztadataiból az egész termék degradációs jellemzőit is meg lehet jósolni. Amikor azonban a LED-eket egy lámpatestbe vagy rendszerbe beépítik, számos egyéb tényező is befolyásolhatja a fényáram-csökkenés sebességét vagy vezethet katasztrofális meghibásodáshoz. Ezek közé tartoznak a szélsőséges hőmérsékletek, a páratartalom, a vegyi anyagok behatolása, a feszültség- vagy áramingadozás, a meghajtó vagy más elektromos alkatrészek meghibásodása, a LED-ek burkolóanyagának károsodása vagy degradálódása, a LED-ek és a lámpatest közötti összeköttetések károsodása, a fényporok degradálódása és az optika megsárgulása. Ráadásul hirtelen, félig véletlenszerű, rövid távú meghibásodások figyelhetők meg a szerelés, az anyag vagy a tervezés hibái miatt is. A további kutatások kimutatták, hogy az elektronika, a meghajtó vagy a forraszkötések meghibásodása, vagy az optikai komponensek degradációja gyakran jóval azelőtt bekövetkezhet, mielőtt a LED-csomagok fényáram-csökkenése meghibásodást okozna. A megfigyelt rendszer-szintű meghibásodásokkal kapcsolatos további információ az LSRC „LED-es lámpatestek élettartama: Javaslatok a tesztesésre és a riportkészítésre” című anyagában található [77].

A LED-es lámpatestek meghibásodása lehet paraméterhiba (fényáram-csökkenés vagy színérték-eltolódás), vagy katasztrofális (megszűnik a fénykibocsátás). A LED-rendszerek élettartam-vizsgálatánál mindkét hibamechanizmust figyelembe kell venni. A folyamatos tesztelés gyakran vezethet paraméterhibák előfordulásához, míg a katasztrofális meghibásodások akkor fordulhatnak elő, amikor a teszt ki-bekapcsolási ciklusokat tartalmaz, ilyenkor ui. a hőtágulás mechanikai feszültséghez és törésekhez vezethet a különböző komponenseknél vagy forrasztott kötéseknel [78]. Az A-típusú búrákba szerelt lámpáknál egy tanulmány kimutatta, hogy a lámpák a ki-bekapcsolási ciklusokkal végzett élettartam-vizsgálat során rövidebb idő alatt meghibásodnak, mint a folyamatos üzemben végzett élettartam-teszteknél. Ráadásul sok lámpa mutatott katasztrofális meghibásodást az L70-es érték előtt – ilyenkor a forrasztott kötések és a meghajtó elektronikájának meghibásodása következett [79]. Az A-típusú búrába szerelt lámpáknál a helyszínen bekövetkező meghibásodás erősen fog függeni az

Részarány a felszerelt rendszerekben	Keresk. intézm.	Lakások	Ipari intézmények	Kültér
Semmi	68%	86%	94%	41%
Fényszabályzó	3%	11%	4%	<1%
Napfényérzékelő	<1%	<1%	<1%	39%
Jelenlétérzékelő	6%	<1%	2%	<1%
Időzítő	4%	<1%	<1%	20%
Energiavezérlő rendszerek	15%	<1%	<1%	<1%
Többféle	4%	<1%	<1%	<1%
Csatlakoztatott	<1%	<1%	<1%	<1%

3.1 táblázat – A világításvezérlés részaránya a felszerelt rendszerekben az épületek esetén (Forrás: DOE SSL Program: „Energy Savings Forecast of Solid-State Lighting in General Illumination Applications”, 2016. szept. [1])

alkalmazástól is, vagyis hogy mélysugárzóba vagy asztali lámpába szereleik-e be, de a részletesebb élettartam-vizsgálati protokollok segíthetnének azonosítani azokat a katasztrofális hibákat, amelyek a megjósolt L70-nél rövidebb élettartamokhoz vezethetnek.

Napjainkban számos gyártó kidolgozta saját módszereit konstrukciói termék-élettartamának megbecsléséhez – olyan fontos komponensek adatainak felhasználásával mint a LED-csomag, a meghajtó és az optikai elemek –, ami lehetővé teszi a teljes lámpatest teljesítőképességének megbecslését. Bár ilyen gyakorlatok léteznek speciális gyártósorok és alkalmazások esetére, jelenleg nincs ipari konszenzusos protokoll. A rendszerhibák okának – magas hőmérsékletek, termikus ciklusosság, túlfeszültségek, ismételt kapcsolgatás stb. – megértése olyan vizsgálati módszerek kifejlesztését igényli, amelyek „észszerű” időtartam alatt leutánozzák ezeket a rendszer-meghibásodásokat, hogy hibamegoszlást lehessen készíteni. A rendszer-élettartamok pontos becsléséhez szükséges jobb tesztmódszerek kidolgozása még mindig fontos terület, amely nagyobb erőfeszítéseket igényel.

### 3.2 Csatlakoztatott világítás

A szilárdtest-világítás egy egészen új világítási rendszer paradigmája számára teremt lehetőséget a világítási infrastruktúra széleskörű alkalmazásával az eredendően szabályozható szilárdtest-világítási rendszerekben. A szilárdtest-világítás, az olcsó érzékelők, okostelefonok és applikációk, valamint a Tárgyak Internete (IoT) együttes hatása várhatóan új világítási funkciókat tesz lehetővé – és példátlan adatcserét is a világítási és egyéb épület-energetikai rendszerek, az Internet és más eszközök között. Az, hogy a világítás mindenütt jelen van az épített környezetben a fejünk felett, egyedi és értékes

lehetőséget biztosít arra, hogy hálózati adatgyűjtő csomópontok sűrű rendszerét hozzuk létre az épületekben és azok környezetében. Az ilyen csatlakoztatott világítási rendszerek – azaz érzékelőkkel ellátott, hálózatba kötött eszközök – kulcsfontosságú adatgyűjtő platformként szolgálhatnak az épületekben és a városokban, ezáltal lehetőséget biztosítva a Tárgyak Internete (IoT) számára, és lehetővé téve a szolgáltatások, előnyök és bevételi források egyedi skáláját, amely a világítást messze annak hagyományos értelmezésén túl hasznosítja és nagyban növeli értékét. A csatlakoztatott világítási rendszerek jobb világítási minőséget szolgáltatnak, javíthatják egyéb épületszolgáltatási rendszerek energiahatékonyságát és vezérlését, a térkihasználást és további olyan funkciókat tehetnek lehetővé, amelyeket most még nem is ismerünk. Továbbá valószínű, hogy ezek a lehetőségek olyan előnyökkel járnak, amelyek meghaladják az általuk biztosított energiamegtakarítás értékét.

#### 3.2.1 Világításszabályozások

Világításszabályozással jelentős mennyiségű energiát lehet megtakarítani, ha a fény nagyságát az adott tér és annak használói valósidejű igényeinek megfelelően állítjuk be. A szilárdtest-világítási termékek

[77] LED Systems Reliability Consortium: „LED Luminaire Lifetime: Recommendations for Testing and Reporting”, 2014. szept. ([http://www1.eere.energy.gov/buildings/ssl/pdfs/led\\_luminaire\\_lifetime\\_guide\\_sept2014.pdf](http://www1.eere.energy.gov/buildings/ssl/pdfs/led_luminaire_lifetime_guide_sept2014.pdf))

[78] N. Narendran és Y.-w. Liu: „LED life versus LED system life”, SID Symposium Digest of Technical Papers, vol. 46, no. 1, pp. 919-922., 2015. máj.-jún.

[79] N. Narendran, Y.-w. Lui, X. Mou, D. R. Thotagamua és O. V. Madihe Eshwarage: „Projecting LED product life based on application,” Proceedings of SPIE, vol. 9954, 2016. szept. 14.

[80] E. Biery: „Creating Value Through Controls”, DOE SSL R&D Workshop, San Francisco, Kalifornia, 2015.



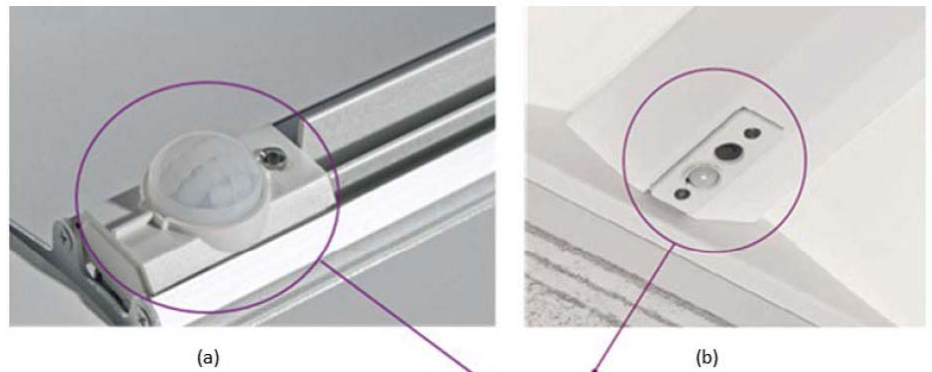
várhatóan olyan katalizátorokká válnak, amelyek megnyitják a világításszabályozás energiamegtakarítási lehetőségeit például nélküli szabályozhatóságuk és automatizált konfigurálásuk egyre növekvő foka okán, amelyet a beépített érzékelők és intelligencia, valamint más olyan tulajdonságok és képességek tesznek lehetővé mint az általuk összegyűjtött adatok kihasználása. Azok a világítási rendszerek, amelyek ki tudják használni a jelenlétérzékelést, a napfény felhasználását, a nagy fényáramok mérséklését, a területek igényre szabott vezérlését vagy e megközelítések bármilyen kombinációját, a szilárdtest-világítás segítségével 20-60%-os energiamegtakarítást értek el az alkalmazástól és a felhasználás módjától függően [80].

Noha a fény vezérléséhez soktermék már régóta kapható a kereskedelemben, bevezetésük és az ebből eredő energiamegtakarítás korlátozott bonyolult konfigurálásuk, magas áruk, más gyártóktól származó eszközökkel való korlátozott csere-szabotosságuk és azon szakembereknek a korlátozott száma miatt, akik tudják, hogy hogyan kell hatékonyan tervezni, felszerelni, beüzemelni és üzemeltetni azokat.

A 3.1 táblázat bemutatja a különböző épületekben található rendszerek mennyiségét és azt, hogy milyen fajtájú vezérlőeszközöket szereltek fel bennük. Látható, hogy még mindig óriási mennyiségű energiát lehetne megtakarítani mindössze azazal, ha megfelelő és folytonos világításvezérlésről gondoskodnánk, nem is beszélve arról, hogy mennyit lehetne megtakarítani a szélesebb körű alkalmazással. Ez az adat az adatelemzésekhez kell (pl. a térkihasználás, a helyi szolgáltatások meghatározásához), és fontos értékeket szolgáltat a világítási rendszerek számára is, hogy le tudják küzdeni a fejlett világításvezérlés elfogadása előtt álló múltbéli költség- és bonyolultsági korlátokat.

### 3.2.2 Érzékelők beépítése

Egy sűrű érzékelőhálózat kiépítése kulcsfontosságú ahhoz, hogy a végfelhasználó számára az adatelemzéshez adatokat lehessen szolgáltatni. Éppenséggel a világítás az egyik legjobb hely az érzékelők telepítéséhez, mivel általában az ingatlan minden négyzetméterére kiterjed és hozzáférést biztosít az elektromos energiához. A szilárdtest-világítási közösség élvezzi a mobiltelefon-ipar adta előnyöket, amely az érzékelők miniaturizálásának és költségcsökkentésének meghajtómotorja, lehetővé téve ezzel azt, hogy olcsó, kompakt érzékelőket építsenek be közvetlenül a lámpatestekbe –, amint az 3.5 ábrán látható.



**Beépített szabályozók jelenlét- és napfényérzékelőkkel kombinálva az energiatakarékosság érdekében**

3.5 ábra – Érzékelők beépítése LED-es lámpatestekbe (Forrás: (a) Cree SmartCast Technology [81], (b) Philips, SpaceWise Office Brochure [82])

A világításon alapuló fejlett érzékelőhálózat nagy mennyiségű adatot szolgáltathat az épület környezetéből (például az energiafelhasználásról, a hőmérsékletről, a rendelkezésre álló napfényről) vagy az épületben folyó tevékenységről (pl. bentartózkodásról, az eszközök elhelyezkedéséről és a mozgásokról). Ez az információ felhasználható az energiamegtakarítások növelésére a napfény kihasználásával, a bentartózkodás érzékelésével, az igények lekövetésére szolgáló programokkal, a természetes megvilágítás változását követő fény szabályozással és az energiamegtakarítások valósidejű lejelentésével. Más információk az épület karbantartásának jobb kihasználását eredményezhetik, beleértve a bentartózkodás fejlett érzékelését, a magas szintű stabilitást, a személyre szabott világítási profilokat és a lámpatestek kicserélésének lejelentését.

Azonban ez a lehetőség továbbra is kihasználatlan, mivel a technológiai fejlesztők versengő ötletekkel tülekednek a tekintetben, hogy mennyire kell együttműködniük az iparukon belül és mennyire kell versenyezniük. Amint azonban a vezérlők egyre fontosabbakká váltak, számos lámpa- és lámpatest-gyártó – egyedül vagy vezérlőeszközöket gyártó cégekkel összefogva – elkezdte beépíteni a vezérlőeszközöket világítástechnikai termékeibe. Néhány példa olyan lámpatestekre, amelyek teljesen beépített világításvezérlő eszközökkel rendelkeznek: a Cree SmartCast és a Philips SpaceWise nevű lámpatestei. A Cree SmartCast világításvezérlő technológiájának platformja jelenlétérzékelést és napfény-kihasználási képességet biztosít amellett, hogy a helyszínen beállítható a színhőmérséklet. A lámpatestek el vannak látva jelenlét- és fényérzékelőkkel, dimmerekkal és kölcsönösen összekapcsolhatók vezeték nélküli hálózat segítségével. A rendszer lehetővé teszi a lámpatestek

automatikus beüzemelését helyiségen belül a Cree távirányítója segítségével (<http://www2.cree.com/smartcast-landing-page>). A Philips SpaceWise világításvezérlő technológiája hasonló megoldást nyújt – beépített érzékelőkkel és vezeték nélküli vezérlőkkel, amelyek plug&play hálózati csatlakozási lehetőségeket biztosítanak a lámpatestek automatikus csoportosításával központi zónák kiépítéséhez, automatikus kalibrálással és a napfény kihasználásával (<http://www.usa.lighting.philips.com/products/product-highlights/spacewise-wireless-lighting-controls.html>). Néhány gyártócég az épületfelügyeleti megoldások szélesebb választékát építi be ugyanazokba a rendszerekbe, amelyek világításvezérlést biztosítanak (a LED-es lámpatestekbe épített fejlett érzékelőeszközök felhasználásával). Például az Enlighted cég Energy Manager rendszere elemzi a fejlett érzékelőktől származó adatokat (<http://www.enlightedinc.com/system-and-solutions/iot-system/energy-manager/>). Azon túl, hogy „gyűjtőhelyként” szolgál az érzékelők által szállított energiaadatoknak, valamint a bentartózkodással és a környezettel kapcsolatos adatoknak, az Energy Manager webalapú felhasználói interfészül is szolgál a világítási rendszer vezérléséhez és az épület rendszerteljesítményének optimalizálásához. A valósidejű adatokba való bepillantással a létesítménymenedzserek kelendő információ birtokában tudják beállítani az energiafelhasználást vagy javítani tudnak az egyes területek komfortszintjén.

[81] Cree, Inc.: „Cree SmartCast Technology”, (<http://lighting.cree.com/products/controls/cree-smartcast-technology>)

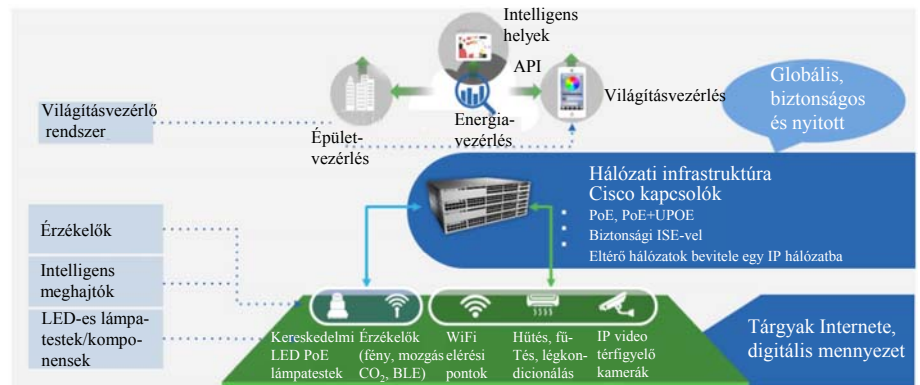
[82] Philips Lighting: „Spacewise Office Brochure”, ([http://images.philips.com/is/content/PhilipsConsumer/PDFDownloads/United%20States/ODL120160224\\_001-UPD-en\\_US-PLt-1481BR-Spacewise-Office-Brochure.pdf](http://images.philips.com/is/content/PhilipsConsumer/PDFDownloads/United%20States/ODL120160224_001-UPD-en_US-PLt-1481BR-Spacewise-Office-Brochure.pdf))

### 3.2.3 Kommunikációk

A csatlakoztatott LED-es világítási rendszereket lehetővé tevő vezeték nélküli technológiák (pl. a Bluetooth vagy a Zigbee) egyre elterjedtebbé váltak az elmúlt években. Az okostelefonok és táblagépek elterjedése is megváltoztatta azt a módot, ahogy az emberek vezérelni szeretnék a világítást. A vezeték nélküli csatlakoztathatóság e megnövekedett integrálásával a világítás könnyebben konfigurálhatóvá és vezérelhetővé válik. A felhasználók például épületeikben egy olyan szoftver applikáció segítségével tudják vezérelni a világítást, amely okostelefonra vagy táblagépre is letölthető.

E vezeték nélküli technológiák mellett a Power over Ethernet (PoE) (Etherneten keresztüli táplálás) az egyik olyan vezeték nélküli megoldás, amely nagyobb figyelmet érdemel a világítás csatlakoztathatósága tekintetében. A PoE technológia kifesztésű DC teljesítményt és Ethernet-kábelen keresztüli kommunikációt is tud biztosítani. A PoE technológia figyelemre méltó kontrasztokat kínál a csatlakoztatott világítási rendszerek vezeték nélküli megközelítései számára. Amíg a mobil eszközök eredendően vezeték nélküli technológiákat igényelnek, az általános világítási eszközöknek tipikusan rögzített helyük van, és nem szükséges hozzájuk vezeték nélküli vezérlés. A PoE technológiának megvan az az előnye, hogy az energiát és az adatokat egyetlen kábelen továbbítja, és csökkenti a vezeték nélküli kommunikáció sávszélessége iránti igényt. Ugyanakkor a világításhoz (és egyéb épületfelügyeleti eszközökhöz) szükséges vezeték nélküli technológia csökkenti az installációs költségeket – különösen a retrofit (csere)eszközök esetén –, mivel nincs szükség új vezetékre a vezérlőjelek és egyéb adatok továbbításához. A PoE-vel kapcsolatos kihívás az a képesség volt, hogy képes-e elegendő teljesítményt szolgáltatni a világítási hálózatok számára. A LED-ek állandóan javuló fényhasznosítása következtében azonban csökkent a világítási alkalmazások energiaigénye, és a PoE technológia legújabb fejlesztései lényeges javulást eredményeztek a hálózatba kötött eszközökhöz egyetlen kábelen szállítható teljesítmény nagysága tekintetében.

E fejlődések eredményeként a PoE technológia szószólói – például a Cisco – úgy vélik, hogy a világítás ugyanolyan pályát fog befutni, mint egyéb olyan technológiák, amelyek konvergáltak az Internet protokollal (IP) munkahelyi szolgáltatással – például a telefóniával, a biztonsági és épületfelügyeleti rendszerekkel, amelyek



3.6 ábra – A Tárgyak Internete „digitális mennyezet” felépítésének vázlatos rajza épületek számára (Forrás: Wen-Lin Tsao, Cisco, DOE SSL R&D Roundtable, Washington, DC, 2016. szept. [83])

az épületautomatizálási és vezérlőhálózatokon alapulnak. A 3.6 ábra egyetlen IP-hálózaton elérhető szolgáltatásokat mutatja – amint a Cisco elnevezte: egy „digitális mennyezetet”. Tavaly a nagy LED-gyártók jelentős száma bevezetett PoE alapú csatlakoztatott világítási rendszereket, többen pedig jelezték a bevezetésüket a közeljövőben – potenciálisan „technológiai forradalmat” készítve elő ezzel.

### 3.2.4 Interoperabilitás (kompatibilitás)

Amint a szilárdtest-világítási technológia számos új szereplőt (pl. félvezetőgyártókat és mikroelektronikai rendszerfejlesztőket) vonzott a világítástechnikai iparba, a világítás, a kommunikációs hálózatok, a „big data” és a fejlett analitika – valamennyit a Tárgyak Internete tette lehetővé – is jelentősen meg fogja változtatni a világítástechnikai ipar arculatát. A kihívás az, hogy közös platformokról és protokollokról állapodjanak meg, amelyek kibontják a Tárgyak Internete lehetőségeit, lehetővé téve a használható adatok cseréjét a világítási rendszerek, más épületfelügyeleti és vezérlőrendszerek és a Felhő között. Az interoperabilitás megfelelő szintjének biztosítása elengedhetetlen fontosságú az eszközök, az alkalmazások, a hálózatok és a rendszerek számára ahhoz, hogy megbízhatóan tudjanak együtt dolgozni és biztonságosan lehessen végezni az adatcserét, A versengő világításvezérlő eszközök és rendszerek között hagyományosan kevés vagy semmilyen interoperabilitás nem létezett, mivel a gyártók saját szabadalmaztatott technológiáik vagy az ipari szabványok saját verziójának kidolgozására és támogatására koncentráltak. A saját tulajdonú hardver és szoftver használata lényegében arra kényszeríti a felhasználókat, hogy a kompatibilitás biztosítására valamennyi terméket egyetlen beszállítótól szerezzenek be. Mivel a felhasználói igények idővel valószínűleg változni fognak,

egyetlen beszállítóra hagyatkozni növeli a felhasználó kockázatát, amikor új világítási rendszer felszerelését fontolgatja, függőséget hozva létre egy olyan beszállítóval kapcsolatban, aki esetleg nem képes ezeket a változó igényeket kielégíteni. Ilyen helyzetben a felhasználó azzal a döntéssel szembesül, hogy kezdjen egy teljesen újjal, vagy éljen együtt egy meglévő, egyre alkalmasabb rendszerrel.

A csatlakoztatott világítási rendszer számos kommunikációs réteget tartalmaz, ideértve a fizikai és adatcsatoló rétegeket (ahol az adatok keletkeznek), a továbbító és a hálózati rétegeket (ahol az adatok irányítása történik) és az alkalmazási réteget (ahol megtörténik az adatok értelmezése). A rendszerekben az interoperabilitást átjárókkal (gateway) lehet megosztani, amelyek elvégzik a különböző protokollok közötti „fordítást”. Amint azt a 3.7 ábra mutatja, az interoperabilitás egyik megoldása lehetővé teszi a lámpatestek és az érzékelők közötti adatcserét, míg egy másik a lámpatestek és a vezérlők közötti adatcserét teszi lehetővé, egy következő pedig egyszerű kommunikációs csatornát biztosít a központi vezérlőrendszer és az átjáró között egy helyszíni eszközhálózat felé. Konkrétabban alkalmazás-szintű kompatibilitásra van szükség annak biztosításához, hogy az eszközök és rendszerek ne csak „hallják” egymást, hanem meg is értsek, hogy mit mond a másik. Számos jelenlegi világítástechnikai protokoll alacsony szintű interoperabilitásra fókuszál, ami olyan, mintha több résztvevő be tudna csatlakozni egy telekonferenciába anélkül, hogy először meggyőződne arról, beszélnek-e közös nyelvet. Ha nem, akkor az információcsere tolmács nélkül nem megy.

A szabványosított kommunikációs protokollok segíthetnek növelni az interoperabi-

[83] W.-L. Tsao: „POE Lighting Systems”, DOE SSL R&D Roundtable, Washington, D.C., 2016

litást, és egyszerűbb rendszerintegrációt kínálnak. Az ilyen szabványok következtében a vevők könnyebben tudnak választani a versengő beszállítók között, ezzel csökkentve annak beruházási kockázatát, hogy a jövőben egyetlen beszállítótól függenének.

A szabványos kommunikációs protokollok előnyök lehetnek a beszállítók számára is, mivel támogatják a piaci növekedést, ami valamennyi piaci szereplő számára hasznos. Több csoport is dolgozik közös specifikációk és szabványok összeállításán, amelyek támogatják a javított interoperabilitást – ideértve az Open Connectivity alapítványt, a TALQ konzorciumot, a oneM2M-et, a Bluetooth speciális érdekcsoportot, az Industrial Internet konzorciumot és a Zigbee szövetséget. A számítástechnológiák fejlődésével ezek a csoportok különböző megközelítéseket alkalmaznak vagy a „kirakós játék” különböző részleteire koncentrálnak. Jelenleg a kereskedelembe kapható csatlakoztatott világítási rendszerek között alacsony az interoperabilitás szintje. A DOE segíti az ipari konzorciumokat abban, hogy teljes mértékben fel tudják tárni a csatlakoztatott világítás teljes lehetőségeit az interoperabilitás növekvő szintjei kidolgozásának támogatásával. Amíg a kompatibilitás kevésbé fontosnak tűnhet a viszonylag kicsi, önálló világítási rendszereknél (pl. amelyek egyetlen konferenciatermet vagy épületszintet szolgálnak ki), a kihívások idővel növekedni fognak, amint egyre több rendszert kapcsolnak össze olyan kezdeményezések támogatásának hatására mint a „net-zero building” (nulla energiafelhasználású épület), a „smart-city” (intelligens város), a „smart-grid” (intelligens hálózat) és az „intelligent transportation” (intelligens szállítás).

A kompatibilitás az otthoni energiagazdálkodási rendszereknél továbbra is nagy akadályt jelent – a rendszerek költségével együtt. Ezeknek a Wink, a Belkin WeMo és az Apple HomeKit rendszerekhez hasonló megoldások segítségével történő beépítése lehetővé teszi a fogyasztók számára, hogy egyszerű interfésszel vezérelni tudják otthoni eszközeiket. Például a Wink Hub lehetővé teszi, hogy intelligens termékek sokféle csoportja „beszéljen ugyanazon a vezeték nélküli nyelven”, ezért könnyen vezérelhetők egyetlen Wink szoftver applikáció segítségével. A Wink szoftver applikációval a felhasználók könnyen tudják monitorozni és szabályozni az otthonukban lévő eszközök energiafelhasználását. Sok más otthoni integrációs rendszer viselkedik hasonló módon. A legtöbb csatlakoztatott világítási termékhez (pl. Philips Hue, GE



3.7 ábra – Lámpatestek, érzékelők, műszerek, átjárók és vezérlőrendszerek – együttműködésben (Forrás: Michael Poplawski, PNNL, DOE SSL Market Development Workshop, Detroit, Michigan, 2014. nov. [84])

Link, Cree Connected). áthidalóra vagy hub-ra (ismétlő elosztóra) van szükség ahhoz, hogy egy helyi Wi-Fi hálózathoz lehessen csatlakoztatni. Az otthoni automatikus rendszerek közötti kompatibilitás leegyszerűsíthetné a használatukat és támogatná a fejlett világításvezérlések és otthoni energiavezérlő rendszerek elfogadását.

(Az említett termékekkel kapcsolatos bővebb információk: Wink: <http://www.wink.com/>; Belkin WeMo: <http://www.belkin.com/us/Products/home-automation/c/wemo-home-automation/>; Philips Hue: <http://www2.meethue.com/en-us/>; GE Link: <http://gelinkbulbs.com/>; Cree Connected: <http://creebulb.com/products/standard-a-type/connected-60-watt-replacement-soft-white-led-bulb>).

### 3.2.5 Csatlakoztatott világítási próba-program

A LED-technológia beérésével a csatlakoztatott LED-es világítási rendszerekből származó energiamegtakarítások maximalizálása egyre jobban fog függeni az épületi környezetben történő sikeres integrálástól. A DOE szilárdtest-világítási programja szorosan együttműködik az iparral a csatlakoztatott világítási rendszerek technológiai fejlesztési szükségleteinek megállapításában és együttműködő kezelésében. A DOE e területen kifejtett erőfeszítéseinek középpontjában a csatlakoztatott világítási próba-program (CLTB) áll, amelyet a PNNL tervezett és működtet a piacért csatlakoztatott világítási rendszerek képességeinek jellemzésére. E tanulmányok eredményei növelni fogják az új eszközök és rendszerek képességeinek és teljesítményének láthatóságát és átláthatóságát, valamint szigorú információ-visszacsatolási

hurkot hoznak létre annak érdekében, hogy a technológiai fejlesztők tájékoztatást kapjanak a szükséges fejlesztésekről, hiszen a DOE kiemelt jelentőségű területei az energiarportok, az interoperabilitás, a konfiguráció összetettsége, a kiberbiztonság és a legfontosabb új funkciók.

A CLTB csatlakoztatott világítási próba-program olyan infrastruktúrával rendelkezik, amely lehetővé teszi beltéri és kültéri világítóberendezések hatékony telepítését. A beltéri lámpatestek felszerelésére két mennyezeti rácsozat áll rendelkezésre. Magasságuk állítható, hogy megkönnyítse a felszerelést, és különböző lámpatest-magasságokhoz lehessen beállítani. A rácsoznak dugaszolható csatlakozói vannak az elektromos csatlakoztatás és az áramkör-szintű teljesítmény és energia mérésének megkönnyítésére az őket kiszolgáló elektromos paneleknél. A CLTB útvilágító lámpatestekhez alkalmas külön infrastruktúrával is rendelkezik; ennél ismét dugasz- és aljzat-párok segítik az egyszerű elektromos csatlakozást.

Több eszköz és rendszer teszteléséhez a CLTB-nek van egy szoftver-interoperabilitási platformja, amely lehetővé teszi, hogy az olyan felszerelt világítási eszközök és rendszerek, amelyek természetüknél fogva nem képesek az adatcserére, kommunikálni tudjanak egymással. A CLTB-vel már több kereskedelembe kapható beltéri és kültéri csatlakoztatott világítási rendszert szereltek fel a szoftver-interoperabilitási platform segítségével és tették hozzáférhetővé a csatlakoztatott világítási rendszerek és más tanulmányok számára.

[84] M. Poplawski: „Control System Interoperability: Can We Talk?”, DOE SSL Market Development Workshop, Detroit, Michigan, 2014.



### 3.2.6 Csatlakoztatott világítási alkalmazások

Érzékelő-hálózataikkal a csatlakoztatott világítási rendszerek oly módon segíthetik az adatok gyűjtését és cseréjét, amelyenre korábban nem volt lehetőség, és képessé teszik az épület tulajdonosait/működtetőit arra, hogy irányítsák és megértsék fizikai környezetüket, ami nagyobb termelékenységet, hatékonyságot, energiamegtakarítást és biztonságot tesz lehetővé. Ennek eredményeképpen több olyan világítási eszköz és rendszer vált hozzáférhetővé, amelyek le tudják jelenteni saját energiafogyasztásukat és a beltéri pozíció alakulását nagyforgalmú épületekben, például áruházakban vagy repülőtereken. A csatlakoztatott világítási rendszereknek megvan a lehetőségük arra, hogy a Li-Fi-nek nevezett szélessávú kommunikáció új forrását fejlesszék ki, amely adatátvitellel modulálja a fényt. Amerika szerte városok építettek ki csatlakoztatott világítási platformokat a közvilágítást használva fel a hozzáférési csomópontok és az érzékelők telepítésének vázáként. A csatlakoztatott világítást kombinálják a spektrumok szabályozásával is különböző beállításokra azzal a céllal, hogy javítsák a hangulatot, a termelékenységet és az egészséget.

#### Energiamonitorozás

Az energiafogyasztási riportok kiemelt fontosságúak a világítási rendszerek számára azon egyszerű oknál fogva, hogy nem lehet hatékonyan menedzselni azt, amit nem tudunk mérni. A csatlakoztatott világítási rendszerek segíthetnek az épület-tulajdonosoknak megtudniuk azt, hogy a benntartózkodók hogyan használják a teret és kidolgozni olyan adaptív világítási stratégiákat, amelyek növelik a világítási energia hatékonyságát. Az adatokkal alátámasztott energiamedzsment jelentősen képes lecsökkenteni az energiafogyasztást és új piaci lehetőségekre képes, ilyenek például a „fizess a teljesítményért” energiahatékonysági kezdeményezések, a jelenleg átalánydíjas tarifákon működő készülékek tényleges fogyasztásának leszámolása, a közüzemi igénybevétel (pl. csúcsidőjű és egyéb igények szerinti) energiaügyletek ellenőrzött szolgáltatása, a szolgáltatás-alapú üzleti modellek olcsóbb és energiamegtakarításainak pontosabb validálása, valamint az elérhető (azaz piacképes) „épületenergetikai szolgáltatások” önértékelése.

Ez a valós idejű információ segítheti a projekt éves megtérülését, amelyet a hagyományos világítási rendszer csatlakoztatott LED-világítással való lecserélésével re-

3.9 ábra – Szolgáltatók, amelyeket egy város kaphat, ha érzékelőkkel ellátott LED-es útvilágítási rendszert alkalmaz (Forrás: Himamshu Prasad, GE Lighting, DOE SSL R&D Workshop, Raleigh, Észak-Karolina, 2016. febr. [86])



3.8 ábra – Példa az Enlighted cég Energy Manager szoftverének alkalmazására, amely egy épület energiafelhasználását mutatja (Forrás: Enlighted, Energy Manager Specification Sheet [85])

alizálódnak. A 3.8 ábra példaként bemutatja az Enlighted cég Energy Manager rendszerét, amely az energiafelhasználást tünteti fel az adatfelvétel idejének függvényében, valamint az érzékelés és az ütemezés hatását az energiafogyasztásra. A DOE érdekelt abban, hogy megkönnyítse és fejlessze a tranzakciós energiapiacokat ilyen adatok szolgáltatásával; a különböző piaci szereplők – köztük az épülettulajdonosok – szeretnék ui. realizálni az elérhető – és talán piacképes – épületenergetikai szolgáltatásokat. A DOE együttműködik az ipari partnerekkel, hogy segítsen meghatározni és kiértékelni az energiafelhasználási adatok széles körű rendelkezésre bocsátásának módjait, és kidolgozni a megvalósított világítási rendszerek energiafogyasztásának mérésére szolgáló költséghatékony módszereket.

#### Intelligens városok

A LED-es útvilágítások jelentős megtakarításokat nyújtanak a városok számára a megnövekedett energiahatékonyság, a lecsökkent karbantartási költségek és a hosszabb élettartamok okán. Platformul is szolgálnak az érzékelős hálózatok integrálására, amelyek hozzáadott értéket előállító tulajdonsággal ruházzák fel a várost (l. a 3.9 ábrán). A sűrű érzékelőkkel rendelkező hálózat adatokat szolgáltat a város számára a levegő minőségéről, az

időjárás eseményekről, a biztonságról, a szabad parkolóhelyekről és a közlekedési helyzetről. Az útvilágítási oszlopok ideális helyek a környezeti érzékelők és a biztonsági infrastruktúrák számára – térfigyelő kamerák vagy akusztikus detektorok beépítéséhez, amelyek valós időben érzékelik pl. a pisztolylövéseket és értesítik erről a rendőrséget. Ezeknek az adatoknak egy intelligens platformon keresztül felhasználásával a LED-es útvilágítás vezeték nélküli kommunikációs hálózatként működhet, ami sokkal költségesebb lenne, ha külön-külön alakítanák ki. Az adatokat központi adatvezérlőhöz lehet továbbítani, amelyeket azután személyre szabott irányítópultokkal tudják elérni az önkormányzati alkalmazottak, hogy informálódhassanak és felelősségi körüknek megfelelően intézkedhessenek.

A LED-es világítás már bebizonyította, hogy pénzt takarít meg a városok számára az elterjedt nagynyomású nátriumlámpás útvilágításhoz képest nyújtott nagyobb energiahatékonyság következtében. A csatlakoztatott világítás lehetőséget teremt a városi tisztviselők számára adaptív világítási stratégiák bevezetésére (pl. 100% fényerősséget állítva be az útvilágításnál sötétedéskor és fokozatosan lecsökkentve azt 50%-ra az éjszaka közepére, majd ismét teljes fényerősségre kapcsolva korán reggel az ingázók számára), ami további energiamegtakarítást tesz lehetővé. A csatlakoztatott közvilágítási lámpatestek megadják az önkormányzatok számára az egyes lámpaoszlopok helyét is, hogy jobban lehessen kezelni a vagyontárgyakat – különösen meghibásodások esetén.

[85] Enlighted: „Energy Manager Specification Sheet”, ([http://info.enlightedinc.com/rs/enlighted/images/Energy-Manager-Spec-Sheet\\_0215.pdf](http://info.enlightedinc.com/rs/enlighted/images/Energy-Manager-Spec-Sheet_0215.pdf))

[86] H. Prasad: „Intelligent Cities”, DOE SSL R&D Workshop, Raleigh, Észak-Karolina, 2016

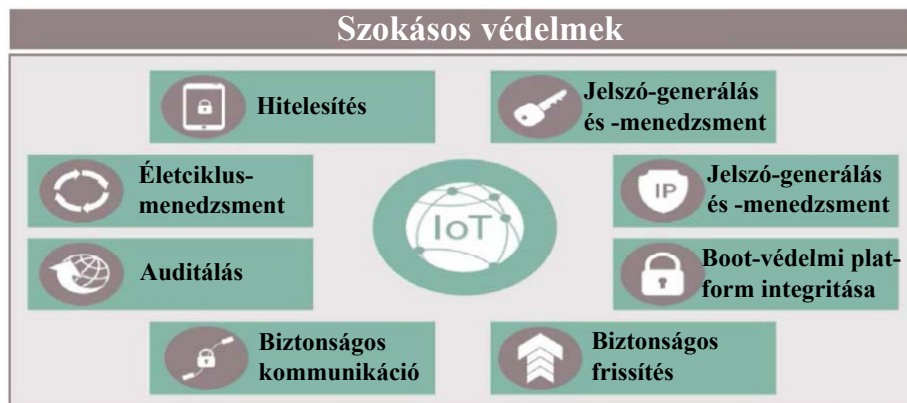
### Beltéri helymeghatározás

A csatlakoztatott szilárdtest-világítási rendszereket már használják beltéri helymeghatározáshoz áruházakban és más nagy forgalmú épületekben Bluetooth-os és/vagy látható fényvel való kommunikáció (VLC) segítségével – személyre szabott, helyfüggő szolgáltatásokat nyújtva ezzel a benntartózkodók számára egy mobiltelefonos applikáció felhasználásával. A LED-es lámpatestekbe épített jeladók lehetővé teszik az épület kihasználásának és forgalmának monitorozását és elemzését, ami nagyobb működési hatékonysághoz, fokozott biztonsághoz és nagyobb bevételekhez vezethet például repülőterek, bevásárlóközpontok, logisztikai központok, egyetemek és egészségügyi intézmények esetén.

Néhány világítástechnikai gyártónak vannak olyan lámpatestei, amelyek rendelkeznek VLC és kisenégiájú Bluetooth-os (BLE) jeladó technológiával a kereskedők számára. A kereskedők azután ezeknek a lámpatesteknek a segítségével helyspecifikus adatokat tudnak továbbítani a vásárlókhöz, pl. kedvezményre jogosító kuponokat, vagy azt, hogy egyes termékek hol találhatóak az áruházban. A vevőnek előnyös lehet a megcélzott információ vagy terméktámogatás vétele, a kereskedőnek pedig az, hogy tudja, merre jár a vevő és milyen termék érdekli. Az ebből származó ismétlődő bevételi forrás kialakításának képessége a beruházás visszatérülésének felgyorsításával megváltoztatja a LED-ek elfogadásának gazdaságosságát a kereskedő számára. A vevő számára kifejlesztett applikáció-alapú szolgáltatásokon kívül a LED-es lámpatestekbe beépített jeladók lehetővé teszik, hogy a beltéri elemzések során mérjék az áruház vagy épület előtt elhaladók vagy oda belépők számát. Ezekkel a helyfüggő elemzésekkel meg lehet határozni, hogy hányan lépnek be először az épületbe, hány a visszatérő látogató és hogy mennyi időt töltenek el ott. A jeladók felhasználása az okostelefonok BLE vagy Wi-Fi jelekkel történő meghatározásához értékes információval szolgál a forgalomról és az adott helyen eltöltött időtartamról. Az épület forgalmának ez a fajta részletezése segíthet abban, hogy a vállalkozások megismerjék a csúcsgazdálkodás idejét, hozzáigazítsák a munkaerő-igényt, maximalizálják a visszatérő vásárlók számát és becsalogassák a vevőket.

### Szélessávú kommunikációk VLC felhasználásával

A VLC felhasználásával történő szélessávú kommunikáció új forrásai megterem-



3.10 ábra – A Tárgyak Internetje általános védelmi stratégiái

(Forrás): Michael Armentrout, *Strategies in Light*, Anaheim, Kalifornia, 2017. márc. [88]

tésének lehetősége fontos lehet a jövőben ahhoz, hogy meg lehessen birkózni a mobiltelefonok globális adatforgalmának folyamatos növekedésével. A világszerte kiépített mobilhálózatokat elérő vezeték nélküli eszközök növekvő száma az elsődleges oka a mobilforgalom világméretű növekedésének. A VLC fejlesztéseket igényel az adatátviteli sebességek növeléséhez, ami a világítással történő adatátvitellel kapcsolatos kihívások egyike. Kiterjedtebb kutatásra van szükség a LED-ek modulációs sebességeinek növeléséhez is, ami meg tudná növelni az átviteli sebességet és értékessé tehetné ezt a plusz kommunikációs funkcióképességet. A növekvő átviteli sebesség szükségessé teheti a lézerdiodák vagy a szuper nagy lumineszcenciával rendelkező diódák kifejlesztését, amelyek mindketten nagyobb modulációs sebességgel rendelkeznek a világítás számára. Egyéb rendszer-szintű kihívásnak tekinthető a Li-Fi jelátadási képességének kifejlesztése; amint ui. a felhasználók mozognak a lámpatestek között, úgy változik a VLC-hez szükséges rálátási szög. Ehhez a lámpatesteknek nagy sebességű adathálózathoz alkalmas vezetékcsatlakozókkal kell rendelkezniük.

### 3.2.7 Biztonság

Amint egyre több eszköz válik a csatlakoztatott világ részévé, az előnyökhöz biztonsági kockázatok is társulnak, amint azt néhány publikált eset is bizonyítja, ahol a tűzfalakat világítási termékek meghekkelésével törték fel [87]. Az internethez csatlakoztatott világítási rendszer a hekkerek számára belépési pontokul szolgál minden olyan dologhoz, amely a hálózat tűzfala mögött van, például személyi számítógépekhez, kiskereskedelmi fizetési terminálokhoz vagy egy kormányhivatal érzékeny adatbázisához. A vizsgálatok azt mutatták, hogy gyakran még a legalapvetőbb biztonsági óvintézkedéseket sem követték,

amelyek megakadályozhatták volna ezeket a jogsértéseket, ideértve köztük a titkosítás és a hitelesítés hiányát, az érzékeny információk (pl. jelszavak) átadására szolgáló egyértelmű szöveges protokollok használatát és az alapértelmezett jelszavak alkalmazását a vevői környezetben [87]. E potenciális sebezhetőség miatt elengedhetetlen, hogy a gyártók a biztonságot már a kezdetektől építsék be a termékekbe és a szoftverfejlesztés életciklusába.

A csatlakoztatott világítási rendszerek és a Tárgyak Internetével kapcsolatos egyéb rendszerek további munkát igényelnek még a teljes biztonság eléréséhez. A 3.10 ábra bemutat néhány szokásos védekezési stratégiát a Tárgyak Internetéhez kapcsolt rendszerek és eszközök számára, hogy meg lehessen védeni és fenn lehessen tartani az adatvédelem biztonságát, és el lehessen kerülni a fontos vezérlőrendszerek tönkretételét a szolgáltatást érő támadások visszaverésével. A lámpatesteknek hitelesítési és biztonsági tanúsítványokkal kell rendelkezniük minden egyes csomópont számára, és az érzékelők adatait „alá kell írni” – igazolva ezzel azt, hogy a megfelelő érzékelőtől származnak. A Tárgyak Internetéhez kapcsolódó rendszereket sok esetben nem egyedül használják, nem egyedüli a tulajdonosuk. Az eszközök és a vezérlő platform, ahol az adatokat gyűjteni és továbbítani lehet, különböző tulajdonosi, eljárési, menedzselési és csatlakozási domain-ekkel rendelkezhetnek. Emiatt az eszközöknek esetleg számos adathoz, fogyasztóhoz és vezérlőhöz kell hozzáférniük, miközben meg kell őrizniük az adatok titkosságát, ahol erre szükség van a felhasználók között. Fontos, hogy az adatokhoz hozzá lehessen férni, ugyanakkor a szokásos felhasználók között el is legyenek azok „szigetelve”.

[87] P. Jauregui: „Exploring and Addressing Security Risk in Smart Lighting Systems”, *Strategies in Light*, Las Vegas, Nevada, 2015. febr.

A felhasználói és személyes adatok védelme, a rendelkezésre állás biztosítása és a hálózathoz csatlakoztatott eszközök védelme a jogosulatlan hozzáféréssel szemben döntő fontosságú lesz azoknak a vállalatoknak, akik szeretnék megszerezni és fenntartani a bizalmat a csatlakoztatott világítást vásárlókkal.

### 3.2.8 Végkövetkeztetés

A DOE elsősorban azért szándékozik segíteni a csatlakoztatott világítási technológiát, mert az még nagyobb energiamegtakarítást tesz lehetővé, mint amekkora a hagyományos fényforrásokról a szilárdtest-világítási fényforrásokra való áttéréssel elérhető. Ez a nagyobb energiamegtakarítás nem csupán a csatlakoztatott rendszerek fejlettebb világításvezérlési lehetőségeiből következik, hanem egyéb végfelhasználók, például az épületenergetikai rendszerek tökéletesített működéséből, a kisebb energiateranszportból (a kültéri csatlakoztatott világítási rendszerektől) és más olyan értékes javaslatokból, amelyek valószínűleg többletköltséget generálnak, ha az energiavezérlési képesség kiesik. A csatlakoztatott világítási rendszerek messze nagyobb értékeket ígérnek, mint csupán energiamegtakarítást, ilyenek például a kereskedők számára biztosított helyi szolgáltatások. Ezek a plusz szolgáltatások hozzáadott értéket, bevételi forrásokat generálnak és olyan funkciókat, amelyek részben vagy egészében kiegyenlíthetik a javított energiavezérlési szolgáltatásokból adódó többletköltségeket, olcsóbbá vagy lényegében ingyenessé téve az energiavezérlési szolgáltatásokat – attól függően, hogy mekkora költséget jelent a járulékos funkcióképesség a potenciális szolgáltatások körében.

A DOE az ipari partnerekkel azon dolgozik, hogy segítsen felgyorsítani a csatlakoztatott világítási rendszerek fejlesztését, hogy 1) a lámpatestek saját maguk legyenek képesek mérni és jelenteni az energiafelhasználást, 2) rendelkezzenek magas alkalmazás-szintű interoperabilitással és 3) könnyebb legyen konfigurálni, beüzemelni és karbantartani őket a jelenlegi világítási rendszereknél. E fókuszált erőfeszítés részeként a DOE egy sor workshopot rendez a csatlakoztatott világítással kapcsolatban, amelyek a közös ipari erőfeszítések lehetővé tételére és ösztönzésére fókuszálnak ezeken a területeken. (A 2015. novemberében, 2016. júniusában és 2017. júniusában megrendezett Csatlakozott világítási workshopokról részletesebb információk a következő webcímen találhatóak: <https://energy.gov/eere/ssl/workshops>).

Ezek a workshopok segíteni fognak kijelölni azokat a magas prioritású K+F beruházásokat, amelyeket a közösségi és a magán szektorok is igényelnek.

### 3.3 Egészség és termelékenység – Fiziológiai válaszok

Amint az a 3.1.1 fejezetben olvasható, a LED-es világítástechnikai termékeket úgy lehet tervezni, hogy azok a látható fény bármelyik spektrumát képesek legyenek előállítani. Az újabb kereskedelmi termékek – például a Philips Hue – és a specialitások – például a Tealumen Light Replicator – az emittált spektrumot aktív módon képesek szabályozni különböző mértékű spektrális felbontással és fényerősség-szabályozással. Ezenkívül az új termékekkel a lámpatest által kibocsátott fehér fény színhőmérsékletét aktív módon szabályozni is lehet az ember pszichológiai reakcióinak kiváltása érdekében. Amíg azonban a LED-termékeknek igényre lehet szabni a spektrumát, a legtöbb LED-es világítási termék még nem képes aktív módon szabályozni a kibocsátott spektrumot. A LED vagy OLED fényforrás által emittált spektrum dinamikus „hangolásának” képessége és a fényerősség folyamatos vezérlésének széles tartománya a technológia megkülönböztető sajátossága, és az energiamegtakarításon túl hozzáadott értéket jelent a szilárdtest-világítás számára. A LED-ek színárnyalatának beállításával és a spektrum megismételhetőségével lehetővé vált új alkalmazások közé tartozik az emberi közérzetet javító világítás és a kereteszetek termőképesség-javítást célzó világítása.

A spektrum igényre szabásának képessége segít jobban megérteni azt, hogy milyen a legmegfelelőbb fény egy adott feladathoz, a kertészet termőképességének optimalizálásához, az emberi fiziológia pozitív befolyásolásához és új alkalmazások kidolgozásához. Az emissziós spektrum dinamikus szabályozása további értékeket teremthet azáltal, hogy lehetővé válik a spektrum időbeli változtatása a változó világítási követelményekre adott válaszként.

Noha egyre jobban megismerjük a világításnak a kertészetre, a fiziológiai válaszokra és a termelékenységre kifejett hatását, fontos tudni azt, hogy az ezeket a hatásokat támogató kutatások többsége még kezdeti szakaszban van, és hogy további kutatómunkára van szükség a biológiai válaszok teljes megértéséhez. A LED-technológia ezeket az erőfeszítéseket a világítás valamennyi biológiai hatásának jobb kutatásához és megértéséhez alkal-

mas új, nagy felbontású eszköz felkínálásával tudja támogatni. Különösen a világításnak az emberi fiziológiára kifejett – mind pozitív, mind negatív – hatásait kell jól megismerni és kontrollálni ahhoz, hogy maximalizálhassuk a világítás előnyeit, és a világítástechnikai gyártóknak csak jól alátámasztott és igazolható fiziológiai előnyöket szabad termékeikkel kapcsolatosan hirdetniük.

#### 3.3.1 Az ember fényre adott fiziológiai válasza

Az emberek folyamatosan ki vannak téve természetes és mesterséges fénynek, amelyeknek minden része valamilyen módon hatással van fiziológiánkra – a fényforrás típusától függetlenül.

A legfrissebb kutatások jelentősen elősegítették annak megértését, hogy a fény nem csupán a látást teszi lehetővé, hanem igen fontos jelzés biológiai rendszereink számára, befolyásolja a cirkadián ritmust, a pupillareflexiót, az éberséget és még sok minden mást, amint azt a 3.11 ábra mutatja [59]. Azt is kimutatták, hogy a fény hatásos kezelést jelent sokféle állapotnál, pl. a szezonális affektív zavar (SAD) és a demencia esetén [89].

Fontos, hogy szemünkben a nem képkepző fotoreceptor rendszer különbözik a látási rendszertől. Noha osztozik ugyanazon fotoreceptorok némelyikével, van saját egyedi spektrális és időbeli válasza a fényre. A nem képkepző fotoreceptor a kék fényre reagál a legérzékenyebben és a melatonin-termelést szabályozza. Amikor nagy kék komponensű fény – például déli napfény – hatásának vagyunk kitéve, a melatonin-termelés lecsökken. A kék fény szabályozása ezért fontos a fény és az egészség szempontjából, de a hatások teljes megértéséhez még további kutatásokra van szükség.

Esettanulmányok kimutatták, hogy a világítás spektrumának bizonyos „beigazítása” a nap folyamán javítja az éberséget és a termelékenységet, valamint segít szinkronizálni a belső cirkadián órát. A fényszintek reggel világosan jelezhetik belső óráknak, hogy a nap elkezdődött és hogy a testnek fel kell ébrednie. Ez az aktiválási fázis nagy kék tartalmú fényt igényel, amint azt a 3.12 ábra mutatja. Este csökkenteni kell a spektrum kék tartalmát, mivel az elnyomja a melatonin-termelést, és így nehezebb lenne elaludni.

[88] M. Armentrout. „Anatomy of Network Attacks and How to Protect Against Them”, Strategies in Light, Anaheim, Kalifornia, 2017

[89] A. Wojtysia: „The Physiological Impact of Lighting”, DOE SSL R&D Workshop, San Francisco, Kalifornia, 2015

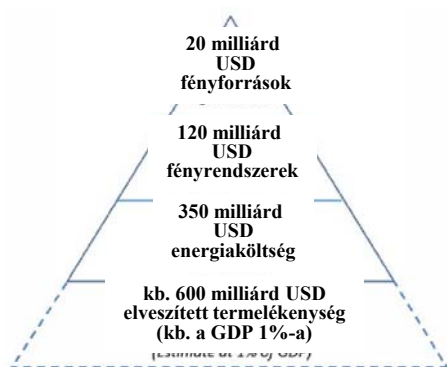


A spektrális „hangolással” kapcsolatosan a kutatók a következőket mutatták ki [89]:

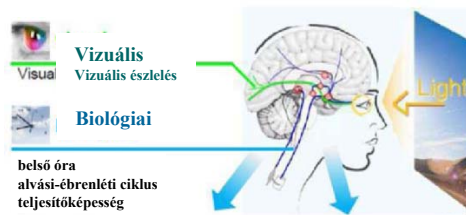
- Javul a tanteremben a diákok ébersége
- Javul a napközbeni aktivitás, éberség és jobb alvás éjszaka az idősebbeknél (ápolási otthonok)
- Javulás érhető el a krónikus fájdalom gyógyításában a nap strukturálásával és az alvási/ébredési ciklusok stabilizálásával
- Jobb esti és éjszakai pihenés és a reggeli aktivitás az utasok számára a repülőgépek utasterében
- Az unipoláris depresszió enyhítésére szolgáló terápia időtartamának csökkenése

A fent leírt élettani hatásokat fel lehetne használni a fény hatása alatt állók közérzetének és a világítási rendszerek hatékonyságának javítására. Túl korai lenne megmondani, hogy e tulajdonságoknak mekkora lehet a hatása, de a munkaerő termelékenységének már igen kis javulása is igazolhatja a fény erősségének vagy a fehér fény spektrumának napközbeni változtatására alkalmas személyi szabályozók beépítésének plusz költségét. A LED-technológia alkalmas lehet arra, hogy a fényáram, a spektrum és a fényeloszlás megkívánt szabályozását megvalósítsuk ilyen rendszerekben.

A DOE szilárdtest-világítási K+F workshopján és kerekasztal megbeszélésein a résztvevőknek az volt javaslata, hogy a DOE támogassa a fényre adott emberi fiziológiai válaszokkal kapcsolatos K+F tevékenységét. A szilárdtest-világítási technológia által kínált építőelemekkel (pl. LED-ekkel, fényporokkal és vezérlőeszközökkel) most már lehetővé válik közvetlenül összekapcsolni az ember fiziológiai válaszait a közérzet és a termelékenység javítása érdekében. A laboratóriumokban elért eredményeket azonban meg kell ismételni és igazolni valószerűbb világítási környezetekben, és az előnyöket egyértel-

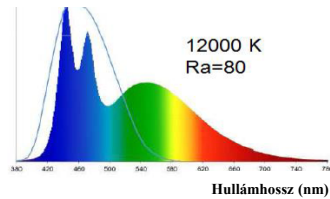


3.13 ábra – A világítás hatása a világgazdaságra 2014-ben (Forrás: International Solid-State Lighting Alliance, Global Solid State Lighting Industry Status Report and Market Trends, 2014 [90])

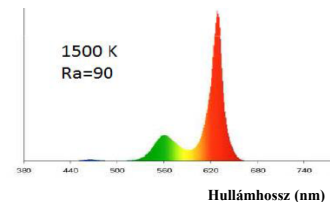


3.11 ábra – Hogyan befolyásolja a fény a biológiai rendszereket? (Forrás: Andreas Wojtyasiak, OSRAM, DOE SSL R&D Workshop, San Francisco, Kalifornia, 2015. jan. [89])

#### Nagyfokú melanopos stimulálás



#### Kis mértékű melanopos stimulálás

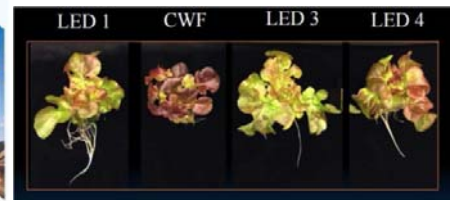


3.12 ábra – (a) A fény napközbeni aktiválása és (b) kisebb circadián-hatása az esti és éjszakai órákban (Forrás: Andreas Wojtyasiak, OSRAM, DOE SSL R&D Workshop, San Francisco, Kalifornia, 2015. jan. [89])

műen igazolni kell a kinyilatkoztatott válaszokhoz. E vizsgálatok eredményeit azután át lehetne ültetni a világítástervezés legjobb gyakorlataiba és olyan hatékony termékmegoldásokat lehetne kidolgozni, amelyek mind a megkívánt fiziológiai választ, mind a jó hatékonyságot biztosítják. Noha az energiára fordított kiadások messze meghaladják a világítási rendszerek beszerzésének és felszerelésének költségeit, a világítástechnikai ipar számára valószínűleg a legnagyobb lehetőség a termelékenység-növelés potenciáljának realizálása. Ez származhat közvetlenül a munkahelyek jobb megvilágításából vagy – indirekt módon – például az oktatás és az orvosi ellátás lehetővé tételével a fejlődő országokban [90]. A világítás világgazdaságra gyakorolt hatását az International Solid State Lighting Alliance (ISA) becslése alapján a 3.13 ábra mutatja.

#### 3.3.2 Kertészetek

A kertészetek világítása egyre növekvő fontosságú alkalmazási terület, amely a szilárdtest-világítási fényforrások spektrumának igényre szabhatóságán és állíthatóságán, valamint a fényerősség és a fényeloszlás szabályozhatóságán alapul. Mivel a virágzás, a lombosodás, a növény magassága, a biomassza felhalmozódása, a nö-



3.15 ábra – A hideg fehér fénycső és a LED-fények hatása az antocián-termelésre a vörös salátánál (Forrás: Tessa Pocock, Rensselaer Polytechnic Institute, SSL Technology Development Workshop, Portland, Oegon, 2015. nov. [91])

vény immunitása és védelme, stressztűrő képessége és a phytoceutikus anyagok termelése mind fény által befolyásolt tulajdonságok, a fény spektrumában bekövetkező változások hatással vannak a növénytermesztés különböző aspektusaira, például a növény méretére, a csírázási folyamatra, a virágzásra, a vegetációra és még a tápértékre is [91].

Noha a spektrum kék és vörös tartománya a legfontosabb a fotoszintézishez – amint ezt a 3.14 ábra klorofill-görbéi mutatják – kertészeti körökben vita van a zöld fény szerepéről is. Számos szabályozott környezetben a növények csak a nagynyomású nátriumlámpák szinte teljesen zöld spektruma alatt növekednek megfelelően. Az egyes fajok specifikus növekedési periódusaival kapcsolatos optimális spektrumok, fényszintek és időtartamok jelenleg is folyó kutatási témák.

A növényi pigmentek elnyelik a látható spektrumot – beleértve a zöld tartományt is, amint az a 3.14 ábrán látható. A Rensselaer Polytechnic Institute által végzett kutatások kimutatták a spektrum igényre szabásának lehetőségét a növények tápértékének javítására. A vörös saláta vörös színéért például egy növényi pigment, az antocián a felelős, és úgy vélik, hogy ennek különböző egészségügyi előnye is van, például javítja a szem és a szív működését és a kognitív képességet [91]. A különböző spektrális fényeloszlású lámpák alatt növesztett vörös saláta különböző mennyiségű antociánt állított elő, amint azt a 3.15 ábra mutatja.

A kertészeti növények egyedi világítási igényeinek megértése lehetővé teszi a végtérmetek hatékonyabb növekedését és ellenőrzését.

[91] T. Pocock: Tuning the Spectrum for Plant Growth”, DOE SSL Technology Development Workshop, Portland, Oregon, 2015

[92] L. Taiz, E. Zeiger, I. Møller és A. Murphy: „Plant Physiology and Development”, Sixth Edition, Oxford University Press, 2014

Ez, valamint a LED-ek fényhasznosításának folyamatos javulása és a LED-es világítási termékek költségeinek csökkentése javíthatja valamennyi szabályozott környezetű kertészet – üvegházak, beltéri szokásos és függőleges elrendezésű növénytermesztők – gazdaságosságát. A LED-technológia által lehetővé vált szabályozott környezetű kertészetek potenciális előnyei a következők:

- kisebb energiafogyasztás
- kisebb vízfogyasztás
- helybeni élelmiszerellátás
- kevesebb vegyszer-igény
- a növények fokozott tápértéke
- a növekedési folyamat jobb ellenőrzése

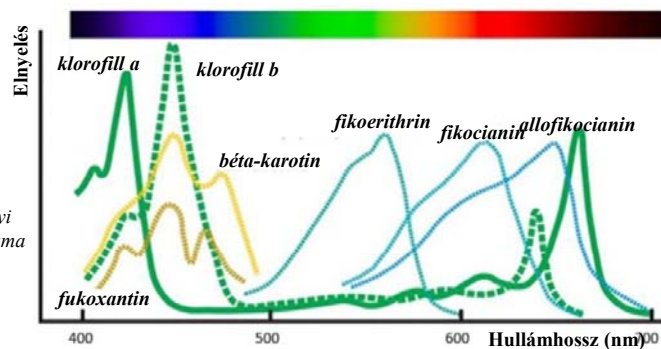
A kertészeti világítási termékek teljesítőképességét más mértékegységekkel jellemzik, mint az általános világítási termékekét. Az általános világítási termékek teljesítőképességének központi mértékegysége a lumen (amelyet az emberi szem reakciója határoz meg), valamint a színminőséget jellemző mértékegységek, például a CRI színvisszaadási index és a CCT korrelált színhőmérséklet, amelyek biztosítják azt, hogy a fény minősége megfelelő az adott alkalmazáshoz. A kertészetek világításának jellemzésére általában azt használják, hogy a fénysugárban hány foton található a fotoszintézis szempontjából aktív tartományban (400-700 nm) (a fotonok energiájától vagy színétől függetlenül), valamint a színminőség általános jellemzésére a színsávokat vagy a színarányokat.

Noha a paraméterek az általános világítás és a kertészetek világítása esetén eltérőek, a világítástechnikai termék ugyanazon radiometrikus méréseiből számíthatók ki. A világítástechnikai szakemberek is ugyanazokat a világítási tervezési eljárásokat használhatják az üvegházakhoz és beltéri gazdaságokhoz, mint az általános világításhoz, miután meghatározták a termény világítási követelményeit.

Ez a dokumentum minden évben ismerteti a LED-ek és LED-es lámpatestek lm/W-ban kifejezett fényhasznosítási előrejelzéseit – specifikált színminőségek mellett. Ezeket az előrejelzéseket a 4.4 ábra tovább részletezi. A LED-ekre ugyanezeket a fényhasznosítás-növekedési előrejelzéseket felhasználva a 3.16 ábra bemutatja a kertészeti világítás fényhasznosítás-növekedési előrejelzéseit is.

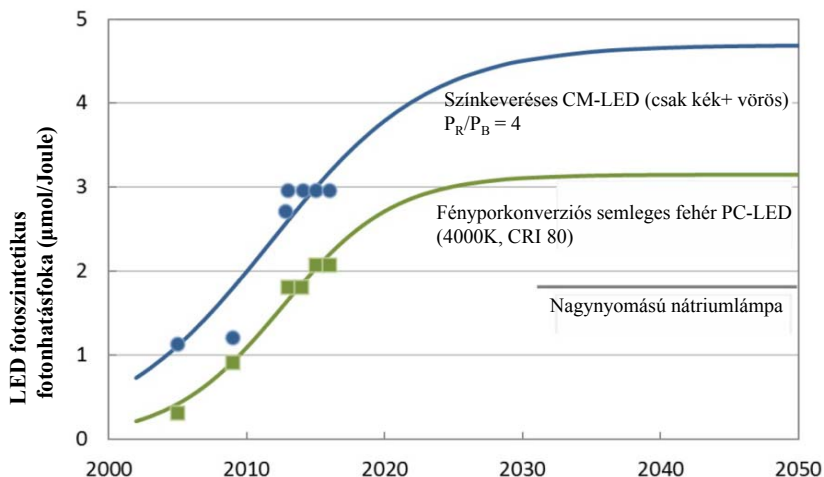
Néhány beépített kertészeti LED-es világítási termékről 2,5  $\mu\text{mol}/\text{J}$  körüli hatásfok-szinteket közölnek, amely jól illeszkedik az egyedi LED-csomagok teljesítőképességein alapuló teljesítőképesség-bebecslésekhez – tipikus lámpatest-vesztések figyelembe vétele mellett.

3.14 ábra – Különböző növényi pigmentek abszorpciós spektruma (Forrás: Lincoln Taiz et al.: „Plant Physiology and Development”, 2014 [92])



	Általános világítás	Kertészetek világítása
Kimenet	Lumen (lm)	Fotoszintetikus fotonáram
Hatásfok	Lumen/Watt (lm/W)	Fotoszintetikus fotonhatásfok ( $\mu\text{mol}/\text{Joule}$ )
Megvilágítás	Láb-gyertyafény ( $\text{lm}/\text{ft}^2$ ) Lux ( $\text{lm}/\text{m}^2$ )	Fotoszintetikus fotonáramsűrűség ( $\mu\text{mol}/\text{s}\cdot\text{m}^2$ )
Sugárzási hatásfok	Sugárzás fényhasznosítása (LER) ( $\text{lm}/\text{optikai Watt}$ )	Sugárzás fotoszintetikus fotonhatásfoka ( $\mu\text{mol}/\text{s}\cdot\text{optikai W}$ )

3.2 táblázat – Az általános és a kertészeti világítás egymásnak megfelelő paramétereit és mértékegységeit



3.16 ábra – LED fotoszintetikus fotonhatásfoka (vagy LED fotoszintetikus fényforráshatásfoka) tipikus, semleges fehér színhőmérsékletű fényporkonverziós LED-architektúra esetén és csak 4,55 nm-es kék és 665 nm-es mélyvörös színt tartalmazó, hipotetikus színkeveréses LED-felépítés és 1:4-es optikai teljesítményarány esetén

Megjegyezzük, hogy ezek az előrejelzések 25 °C-os és 35 A/cm<sup>2</sup>-es meghajtóáramú, fix működési feltételeken alapulnak. A gyakorlatban a LED-ek gyakran magasabb hőmérsékleten üzemelnek, ami lecsökkenti a fényhasznosítást, és/vagy alacsonyabb áramsűrűségek mellett, ami viszont növeli azt.

A 3.16 ábra azt mutatja, hogy fényporkonverziós fehér LED-eknél a színkeveréses cm-LED-ekhez képest fényhasznosítás-ésés következik be. Azonban az általános világítás fényhasznosításához hasonlóan, a fényporkonverziót és a közvetlenül vörös fényt kibocsátó LED-et használó hibrid megoldások e két görbe közé eshetnek, és mindkét megoldás előnyeivel rendelkeznek.

A két görbe 3.16 ábrán látható telítési értékei a LED-ek maximális fotoszintézis foton-hatásfokainak becslései, és egybevágnak a LED-ek megcélzott fényhasznosításaival a színkeveréses cm-LED-ek 4.2.4 fejezetben ismertetett architektúrája esetén. Megjegyezzük, hogy ezek kisebbek, mint a tökéletes fényhasznosítású fényforrások adott spektrumára kiszámított maximális értékek, amelyek megegyeznének az általános világításnál adódó sugárzási fényhasznosítással (LER). Mint a LER esetén, a fotoszintézis sugárzási fotonhatásfokot (PFER) meg lehetne szorozni a LED fényforrások fényhasznosításával (beleértve az optikai és a tápegység veszteségeit is) a rendszer tényleges hatásfokának meghatározásához.

# 3 A 2017. évi „Világítás a holnap számára” tervezési verseny díjazottjai, 2. (befejező) rész

(Forrás: [www.lightingfortomorrow.com](http://www.lightingfortomorrow.com), 2017. szept.)

## Retrofit(csere)lámpák, folytatás

### Dicséretben (Honorable Mention) részesült termékek

**A19 (Ø60mm) búrájú LED-lámpa, Bulbrite Industries Inc.**



A Bulbrite cégnek a kaliforniai Title 24 épületenergetikai szabványnak megfelelő (JA8 minősítésű), A19 búrájú LED-lámpáját kifejezetten a kaliforniai piacra tervezték. Azon túl, hogy kielégítik a szabvány legújabb, 2016-tól érvényes előírásait, kitűnő minőségű világításról gondoskodnak a hagyományos, Ø60mm-es búrájú lámpák lecseréléséhez. 2700 és 3000K színhőmérsékletben készülnek, és kellemes világításról gondoskodnak, amely versenyre kel a hagyományos izzólámpák és halogénlámpák fényével. A lámpák eleget tettek a szigorú JA10 teszteknek is, ami biztosítja, hogy ne lépjen fel villogás, mint a gyengébb minőségű LED-lámpák esetén. Áruk 10 USD alatt van, ami megfizethető, energiatátekony alternatívát kínál a fogyasztók számára.

**A zsűri véleménye:** Nem mindegyik LED-lámpa egyforma, némelyiknek jobb a színvisszaadása a többiénél; ez az A-búrás lámpa az egyik legjobb színminőséget állítja elő a piacon.

#### A lámpa mérési adatai

- Teljesítmény: 9,54 W
- Fényáram: 852,77 lm
- Fényhasznosítás: 89,39 lm/W
- Színhőmérséklet (CCT): 3012K
- Színvisszaadási index (CRI): 94,7
- Energy Star® minősítés: van
- Garancia: 5 év korlátozott garancia
- JA8 minősítés: igen

**A21 (Ø67mm) búrájú LED-lámpa, MaxLite**



A MaxLite A21-es búrájú dimmelhető LED-lámpája a kaliforniai 2016-os Title

24 épületenergetikai szabványnak megfelelően (JA8 minősítéssel) készült, fényerőssége megegyezik a 100W-os hagyományos izzólámpáéival, ugyanakkor 87%-nyi energiát takarít meg. A 360°-ban sugárzó lámpa 1600 lm fényáramú meleg, lágy fénye kitűnő, CRI 90+ színvisszaadási indexszel rendelkezik, így a környezet díszítései és tárgyai színhű módon jelennek meg. Az új lámpa ideális választásnak bizonyul bármilyen enteriőr tetszetős megvilágítására, Energy Star minősítéssel rendelkezik, 2700 és 3000K színhőmérsékletben készül, élettartama 25 000 óra. A lámpa dimmelhető és alkalmas nedves helyekhez is, a legújabb típusok pedig zárt lámpatestekbe is beszerelhetők.

**A zsűri véleménye:** Ez az A-búrájú, robusztus lámpa valószínűleg a piacon kapható legjobb LED-lámpa a hagyományos 100W-os izzólámpák lecserélésére.

#### A lámpatest mérési adatai

- Teljesítmény: 17,04 W
- Fényáram: 1624 lm
- Fényhasznosítás: 95 lm/W
- Színhőmérséklet (CCT): 2723K
- Színvisszaadási index (CRI): 90,7
- Energy Star® minősítés: van
- Garancia: 5 év
- JA8 minősítés: igen

## Csatlakoztatott világítás

### Győztesek

**6SL Bluetooth-os „hangszórós lámpa”, Lithonia Lighting, Acuity Brands Lighting**



A Lithonia Lighting besüllyesztve szerelhető 6SL „hangszórós lámpája” könnyű és hatékony lehetőséget kínál a helyiségek megvilágításához, s közben zenét is élvezhet az egész család. Alkalmas a meglévő mélysugárzó lámpatestek lecserélésére vagy új és felújított konstrukciókhoz is. Bluetooth-os, vezeték nélküli összeköttetést biztosít mobil eszközeinkkel az audioátvitelhez. Valamennyi Bluetooth-os, vezeték nélküli zeneátvitelt biztosító applikációval rendelkező eszközzel kompatibilis.

LIGHTING  
for  
tomorrow

Egyszerre akár 8 egységet is össze lehet hangolni a tökéletes hangélmény érdekében.

Az alumínium öntvényből készült peremmel, polikarbonát házzal, a hangszóró köré benyomott diffúz lencsékkel készülő lámpa egyenletes fényeloszlást biztosít az általános megvilágításhoz, fényerőssége megfelel egy 65W-os BR30-as búrájú lámpa fényének. Sugárzási szöge >45°, fényerőssége a legtöbb standard izzólámpához alkalmas, kifesztültségű induktív vagy elektronikus dimmerrel 10%-ra szabályozható.

Standard álmennyezetekbe szerelhető. Két torziós rugó biztosítja a 15cm-es ház könnyű beszerelését. A házban lévő LED a mellékelt E26 fejű adapterrel egyszerűen csatlakoztatható a tápfeszültséghez.

**A zsűri véleménye:** Ez a különleges, innovatív termék kiváló csereopciót kínál – jól szabályozható a fényerőssége, jó a fényhasznosítása, a beépített Bluetooth-os hangszóró pedig „szórakoztató tényezővel” is szolgál.

#### A lámpatest mérési adatai

- Teljesítmény: 11,76 W
- Fényáram: 634,7 lm
- Fényhasznosítás: 54 lm/W
- Színhőmérséklet (CCT): 3115K
- Színvisszaadási index (CRI): 92,2
- Energy Star® minősítés: nem alkalmazható
- Garancia: 3 év a LED-ekre és a meghajtóra, 1 év a hangszóróra

**Wi-Fi technológiájú, 1000W-os Decora Smart™ univerzális dimmer LED-hez/izzólámpához, Leviton Manufacturing Co., Inc.**



A Leviton bemutatta legújabb, úttörő, „csomópont nélküli” otthoni automatikus világítási megoldását, a Wi-Fi technológiájú Decora Smart™-ot, amely távoli hozzáférést, applikáció-alapú időzítést és hangvezérlést kínál a lakástulajdonosok számára. Az új termékcsalád leegyszerűsíti a – beltéri és kültéri – lakásvilágítás vezérlését – bárholonnan – az ingyenes My Leviton applikáció segítségével.



A felhasználók világítási jeleneteket és egyénre szabott világítási élményeket tudnak létrehozni a fény szabályozás sebességének és a maximális/minimális megvilágítási szintek beállításával – és még sok minden más segítségével. Az eszköz csatlakoztatható a Google Assistant és Amazon Alexa applikációkba beépített termékekhez beszéd útján kiadott parancsok – például: „Alexa, csökkentsd le a nappali lámpájának fényét 33%-ra!” – elvégzésére. A Wi-Fi technológiájú Decora Smart termékcsalád falba süllyeszthető 600 és 1000W-os dimmereket és 15A-es kapcsolókat tartalmaz, amelyek mind többutas megoldásúak, és bedugaszolható kivezetésekkel és dimmerekkal rendelkeznek.

Az eszközök támogatják a LED-eket, kompakt fénycsöveket és izzólámpákat és kompatibilisek az érzékeny, kisteljesítményű LED-lámpákkal is. Ezek a standard dimmerekkal ellátott lámpák még akkor is adnak fényt, ha kikapcsolják őket, de az új változat megszünteti ezt a legtöbb lámpánál, így azok valóban kikapcsolódnak.

**A zsűri véleménye:** Ez az egyszerű, de intelligens eszköz kitűnő alternatívája a bonyolult rendszereknek, intuitív és könnyen kezelhető, nagyszerű bevezető lehetőség a vevők számára, akik energiatakarékos megoldásokat, világítási jeleneteket, távirányítást és időzítést szeretnének.

## Feltörekvő technológiák

### Győztesek

**Aerelight A1, OTI Lumionics Inc.**  
Tervező: Ray Kwa



A modern, *Aerelight A1*-nek elnevezett OLED-es asztali lámpa a kutatólaboratóriumokból egyenesen a kezünkbe adja az élenjáró, energiahatékony OLED-technológiát. A történelem során először van egy olyan fényforrásunk, amely se nem búra alakú, se nem pontszerű, hanem vékony, egyforma, meleg, természetes fényt adó

panel. A szerves anyagokból készülő OLED fénye megegyezik a hagyományos 60W-os izzólámpáéval, miközben 80%-kal kevesebb energiát fogyaszt.

A hihetetlenül karcsú, elegáns Aerelight A1 lámpa csak OLED felhasználásával jöhetett létre, amely meleg tónusú, káprázásmentes fényével igen keskeny ökológiai lábnyomot hagy. A Kanadában, kiváló anyagok felhasználásával, kézműves munkával készülő lámpafej keretének pontos szögei helyi megvilágításul szolgálnak, ugyanakkor vizuális és fizikai egyensúlyról is gondoskodnak. Az OLED széles, egyenletes spektrumokban bocsát ki fényt, amely csodaszép, természetes megjelenést kölcsönöz az UV- és IR-komponensektől mentes.

A lámpa az egyszerűség és az intuitív felhasználói interfész szem előtt tartásával készült. A fém keret egyszerű megérintésével háromféle fényerősség állítható be. Ezt az intím felhasználói interakciót az OLED inspirálta, amelyet a fényforrások közül egyedülálló módon kis hőkibocsátás jellemez, így megérintése nem veszélyes. Ennek az egyszerű felhasználói interfésznek köszönhetően a lámpát bárki könnyen és biztonságosan használhatja. A talp mobil eszközökhöz alkalmas kényelmes, vezeték nélküli töltőt rejt – szükségtelenné téve ezzel a töltéshez az eszköz bedugaszolását.

**A zsűri véleménye:** Az innovatív és egyedülálló Aerelight érintésvezérelt, hatékony, OLED technológiát használ – funkcionális, dekoratív és futurisztikus módon.

#### A lámpatest mérési adatai

- Teljesítmény: 9,0921 W
- Fényáram: 347 lm
- Fényhasznosítás: 38,2 lm/W
- Színhőmérséklet (CCT): 3064K
- Színvisszaadási index (CRI): 94,49
- Energy Star® minősítés: nem alkalmazható
- Garancia: 1 év

### Dicséretben (Honorable Mention) részesült

#### Lithonia Lighting növénytermesztő LED-lámpa, Acuity Brands Lighting

A *Lithonia Lighting*® növénytermesztő LED-lámpája ideális lakások vagy étteremkonyhák termesztői számára, akik egész évben beltéri kertre vágnak. Ez az átkapcsolható színválasztékú – „multi-spektrumú” – növénytermesztő lámpa sokféle növénytermesztési igény kielégítésére alkalmas a növényfajtától, a növekedés időszakától és a felhasználó preferenciáitól függően. A terméket a felhasználó közel-



ségének szem előtt tartásával fejlesztették ki, hogy megvédjék a közvetlen és kellemetlen káprázást okozó LED-fénytől. A lámpa kielégíti az USA és Kanada biztonsági szabványait, és nedves helyiségekben is alkalmazható. Szabadalmi bejelentése folyamatban van.

**A zsűri véleménye:** Ez a feltörekvőnek számító otthonvilágítási területhez alkalmas, többszínű, színekódolású kapcsolókkal ellátott növénytermesztő lámpatest könnyen tisztítható és jól árnyékol. Magassága is könnyen állítható, és több lámpatestet össze is lehet kapcsolni, ha a kert megnövelése ezt megkívánja.

#### A lámpatest mérési adatai

- Teljesítmény: 4,88 W
- Fényáram: 341,1 lm
- Fényhasznosítás: 69,9 lm/W
- Színhőmérséklet (CCT): 4095K
- Színvisszaadási index (CRI): 84,92
- Energy Star® minősítés: nem alkalmazható
- Garancia: 3 év

**SCENE MASTER™, Dolan Designs Inc.**  
Tervező: Pat Dolan



A *Scene Master*™ elnevezésű csillárnak három fényrétege van: felfelé irányuló indirekt LED-fény, LED-es mélysugárzó és környezetvilágító. Mindegyik világítási réteg külön-külön vezérelhető vagy össze

is keverhető végtelen sokféle világítási jelenet beállítása céljából. A lámpatesthez nincs szükség plusz vezetékezésre, csak egyetlen áramkört igényel. A csillárba három Lutron Caseta dimmer segítségével vezeték nélküli technológiát építettek be. A vezérlés max. tíz Caseta Pico távirányítóval végezhető és számtalan intelligens eszköz integrálható – pl. Amazon's Alexa, Google Assistant és Apple HomeKit.

A csillár a világ bármely részéről vezérelhető, ahol van internet. Csak le kell tölteni a Lutron applikációját, csatlakoztatni kell a Caseta Smart Bridge intelligens hidat, és okostelefon vagy táblagép segítségével lehet végezni a vezérlést. Ha távol vagyunk otthonunktól, a csillárt be- és ki lehet kapcsolni, hogy azt lehessen hinni, hogy tartózkodik valaki a lakásban. Apple Homekit, Amazon's Alexa vagy Google Assistant felhasználásával hangvezérlés is aktíválható a világítási jeleket megváltoztatásához vagy a csillár kibekapcsolásához.

**A zsűri véleménye:** Ez az igazán innovatív termék vonzó „rugalmas világítási jeleket” hoz létre, amelyek a felhasználóknak funkcionális és környezeti világításról is gondoskodnak. Vezeték nélküli vezérlői szükségtelessé teszik a plusz vezetékek vagy kapcsolók használatát – csak fel kell szerelni egy standard csatlakozót, és elektronikusan csatlakoztatni kell a vezérlőket.

#### A lámpatest mérési adatai

- **Teljesítmény:** 70,68 W
- **Fényáram:** 3603 lm
- **Fényhasznosítás:** 50,98 lm/W
- **Színhőmérséklet (CCT):** 2610K
- **Színvisszaadási index (CRI):** 95,8
- **Energy Star® minősítés:** nem alkalmazható
- **Garancia:** 1 év

## Különleges elismerésben részesült termékek

### A zsűri „kiváló ötletért” odaitélt elismerése

Az ilyen elismerésben részesülő termékek egy vagy több olyan nagyszerű tulajdonsággal rendelkeznek, amelyek kiemelkedővé teszik őket a hasonló benevezett termékek közül. A zsűri ezzel a díjjal fel akarja hívni az ipar figyelmét arra, hogy mivel egyre több vállalat alkalmazza a LED-technológiát, gondosan figyelembe kell venniük a LED-világítás különleges tulajdonságait, és fókuszálniuk kell az energiahatékonyságra és a megjelenésre a kiváló vásárlói élmény gazdagítása érdekében.

### Volta, Emerson

Tervező: Mike Sweeney, David Goggans



A beltéren, kültéren és nedves helyiségekben is használható, 137cm átmérőjű mennyezeti Volta ventilátor modern, „határok nélküli” hangulatok megteremtésére alkalmas. Elegáns, modern kontúrokkal büszkélkedhet, akárhová is szerelik fel. Egy szabályozható, beépített LED-es lámpatestből, egy elegáns, nem világító panelből és egy 4-sebességes fali vezérlőből áll. Platina, szatírozott fehér és grafit színű házzal és lapátokkal, illetve barbecue fekete házzal és természetes cseresznye színű lapátokkal készül, amint az a fotón látható.

**A zsűri véleménye:** Ez a legjobb kivitelű LED-es világítás, amit csak ventilátorban láthatunk – külön előnye a lejtős mennyezetre szerelhetőség.

#### A lámpatest mérési adatai

- **Fényáram:** 2418,8 lm
- **Fényhasznosítás:** 94,86 lm/W
- **Színhőmérséklet (CCT):** 3144K
- **Színvisszaadási index (CRI):** 94,9
- **Energy Star® minősítés:** 2018-ban várható

### Izzószál-utánzatú kivitel

A dekoratív, izzószál-utánzatú lámpák piaci részesedése folyamatosan növekszik, és jelentős lehetőséget képvisel a LED-technológiájú termékek energiahatékonyságának növelésében. A Lighting for Tomorrow zsűrije az elmúlt néhány évben figyelemmel kísérte e kategória növekedését és támogatta a minőségi izzószál-utánzatú LED-lámpák sikeres piaci bevezetését.

**A19 (Ø60mm) búrájú, 5W-os, izzószál-utánzatú LED-lámpa, Globe Electric Company (USA) Inc.**



A 20. század eleji világítás látványának megőrzése céljából konstruált, izzószál-

utánzatú, patinás LED-lámpa fénye teljesen szabályozható, élettartama megközelítőleg 15 000 óra. Ez a steampunk-szerű megjelenés nosztalgiát ébreszt mindazokban, akik megtapasztalják környezetük ragyogását. Leglátványosabb világos búrában vagy csupasz foglalatban. Az elegáns forma okán tökéletes választás bármilyen beltéri vagy kültéri alkalmazáshoz, csillárokhoz, függesztékekhez vagy falikarokhoz. Amellett, hogy nagy kedvenc a dekoratőrök és a belsőépítészek körében, a lámpa LED-technológiával készül, ami verhetetlenül hosszú élettartamot, energiahatékonyságot és költségmegtakarítást is jelent.

**A zsűri véleménye:** Egyedülálló, elegáns lámpa, amely tovább finomítja a LED-ek izzószál-utánzatú konstrukciójának korábbi szabályait

#### A lámpa mérési adatai

- **Fényáram:** 410,331 lm
- **Fényhasznosítás:** 81,91 lm/W
- **Színhőmérséklet (CCT):** 2913K
- **Színvisszaadási index (CRI):** 83,9
- **Energy Star® minősítés:** 2018-ban várható

### Piaci igények kielégítése

Amint a LED-ek piaci behatolása tovább növekszik, egyre újabb termékek jelennek meg valamennyi típus kevésbé energiahatékony világításának lecserélésére. Ez a díj azokat a termékeket helyezi reflektorfénybe, amelyek újabban alkalmaznak LED-technológiát vagy olyan terméktípusokat reprezentálnak, amelyek számára a LED-ek teljesítőképességének minősége észrevehetően megnövekedett.

**G40-fejű, 6W-os, izzószál-utánzatú LED-lámpa, Globe Electric Company (USA) Inc.**



Az „elektromosság hajnalából” kölcsönzött innováció újjáéledéseként a patinás stílusú búrák trendjének népszerűsége még csak fokozódott. A kedvelt forma innovatív technológiával való ötvözése folytán

ez a túlméretezett patinás lámpa LED-technológiát tartalmaz, amelynek élettartama akár 15 000 óra is lehet, és nem csupán erősíti a világítás esztétikai megjelenését, hanem exponenciálisan növeli az energiahatékonyságot is. A lámpák szépségét a legjobban olyan lámpatestekben lehet élvezni, amelyekben a lámpák „csupaszon” látszanak, mivel egyedülálló dekorációs elemet alkotnak, amely emlékezetes ragyogást teremt minden modern, rusztikus vagy ipari stílusú környezetben.

**A zsúri véleménye:** A kitűnő, nagy fényű G40 új formát képvisel a piacon. Nagyobb mérete segíti abban, hogy további tervezési igényeket elégítsen ki.

**A lámpa mérési adatai**

- *Fényáram:* 500 lm
- *Fényhasznosítás:* 83,33 lm/W
- *Színhőmérséklet (CCT):* 2700K
- *Színvisszaadási index (CRI):* 80
- *Energy Star® minősítés:* 2018-ban várható

**A21 (Ø67mm) búrájú, 3-utas Sylvania LED-lámpa, Ledvance**



Az Energy Star v2.0 minősítésű „Sylvania Ultra LED 3-way A21” háromféle fény-szintet és dimmelési hatást kínál dimmer használata nélkül. Ez az 50, 100 és 150W-os izzólámpák helyettesítésére alkalmas, energiatakarékos lámpa 650, 1600 és 2550 lm fényáramot szolgáltat mindössze 10, 15, illetve 25W felhasználása és 2700, 3000 és 5000K színhőmérséklet mellett. 70%-os fényáram-tartással névleges élettartama max. 15 000 óra, így több évnyi

működést kínál csökkentett energia- és karbantartási költségek mellett. A lámpa környezetbarát termék, és lehetővé teszi, hogy kontrolláljuk az energiafelhasználást és a fényáramot. CRI 80-as színvisszaadási indexe jó színmegjelenítést nyújt. Akár 85%-kal is képesek csökkenteni az energiafelhasználást, 15-ször olyan hosszú az élettartamuk, mint az izzólámpáknak, és bekapcsoláskor azonnal teljes fényáramot szolgáltatnak.

**A zsúri véleménye:** Ez a háromfényű LED-lámpa nagyobb fényáramú helyettesítőnek számít, mint a korábbiakban látott LED-változatok – piaci igényeket elégítve ki ezzel.

**A lámpa mérési adatai**

- *Fényáram:* 2626 lm
- *Fényhasznosítás:* 110,6 lm/W
- *Színhőmérséklet (CCT):* 2603K
- *Színvisszaadási index (CRI):* 81
- *Energy Star® minősítés:* 2018. február-jában várható

**Világítás idősek számára**

Ez a díj olyan termékeknek szól, amelyek figyelemmel vannak az idősebb korosztály igényeire – kisebb kápráztatású és jól elosztott fényt biztosítanak, hordozhatók és könnyen kezelhetők.

**epikós, PlanLED**



A PlanLED egy LED-világítással foglalkozó, kisebbségi tulajdonban lévő cég a washingtoni Federal Way-ben, amely tör-

ténelmet írt az emberközpontú világítás-technológiával – olyan fenntartható LED-es világítással, amely az emberek szempontjainak szem előtt tartásával készül. Legújabb termékük a munkahelyek forradalmának tekinthető asztali lámpája.

A „zászlóshajó”, a beállítható szintónusú epikós. Rugalmas gumi nyaka függőlegesen 100cm-re nyújtható ki, „szárnyai” szélessége pedig 80cm, ami ideális, ha képernyők mögé helyezük, miközben jóval nagyobb asztalfelületet világítanak meg, mint a többi szokásos helyi világítást adó lámpa. Gondoljunk csak a jelenleg a munkahelyeken található 5 generáció mérhetetlenül változatos vizuális igényeire!. CRI 85-90-es – a valódi színeket jól megjelenítő – színvisszaadási indexével, 20W-on elérhető max. 2000lm fényáramával és igényre szabható módon beállítható meleg (3000K), semleges (4500K) és hideg (6500K) színhőmérsékletével az epikós kritikus igények kielégítésére készült. Könnyen megérthető, hogy miért ez az új kedvenc: 5-féle szín, 3-féle fényerősség és 3-féle időtartam programozhatósága.

**A zsúri véleménye:** Ez az idős korosztályra szabott asztali lámpa állítható, kicsi a kápráztatása és elegendő fényt szolgáltat. Ezek a jellemzők különösen azoknak fontosak, akiknek öregszik a szemük.

**A lámpatest mérési adatai**

- *Fényáram:* 2000 lm
- *Fényhasznosítás:* 92,8 lm/W
- *Színhőmérséklet (CCT):* 3000, 4500, 6500K
- *Színvisszaadási index (CRI):* 90
- *Energy Star® minősítés:* nem alkalmazható

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

HOLUX Központ és Műnökiroda 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 rendszer



A MEE Világítástechnikai Társaság tagja

