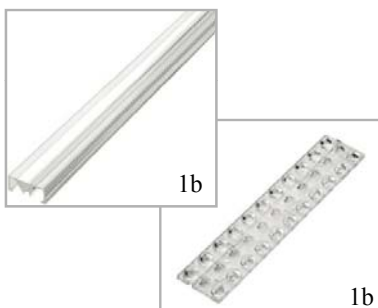
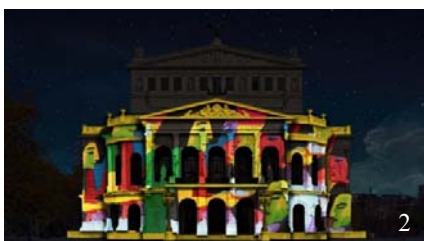


light+building



Tartalom

1 Rövid hírek

- *Fitness és rugalmasság a legmagasabb szinten – Tridonic világítási rendszer segítségével*
- *Jó fényeloszlás mindenféle szituációhoz – Kiegészítő optikák a Tridonictól*

2 Luminale 2018 – Fényművészet és várostervezés

3 Szilárdtest-világítás 2017, 1. rész – A szilárdtest világítás hatásai

Fitness és rugalmasság a legmagasabb szinten - Tridonic világítási rendszer segítségével

(Forrás: www.tridonic.com, Press Release, 2018. jan. 16.)

Az észak-olaszországi Bergamóban nemrégiben megnyílt Zero Nero fitnessklub modern edzőberendezéseket, trendi tanfolyamok széles választékát és relaxációt kínál egy körülbelül 1500 négyzetméteres épületben. A Tridonic rendszermegoldása a megfelelő világítási beállításokról gondoskodik minden terület számára. A stúdió kezelője a connecDIM Gateway átjáróval összekapcsolt felhő segítségével élvezheti a rugalmas vezérlés és a megbízható karbantartás előnyeit.

Mindössze fel kell hívni Verona közelében a FastLED-et, a LED-megoldások specialistáját, majd például az „élményzuhatokból” ki kell választani a felhőn keresztül a kívánt világítási szintet. Könnyen átcsoportosíthatók a lámpatestek vagy a kiegészítő világításkapcsolók is. A fitness-stúdió üzemeltetői jogosultsággal rendelkeznek ahhoz, hogy világításvezérlést végezzenek a FastLED-nél. „Bergamóban a végfelhasználó bízton számíthat arra, hogy nagyon rugalmasan és gyorsan teljesülnek kérései” – magyarázza Giampaolo Sparesotto, a FastLED műszaki menedzsere. Ez igaz a rendszer karbantartására is.

Holisztikus megoldás

A FastLED készítette el a recepció, a sporteszközökkel teli nyitott tér, az oktatóstúdiók, valamint a gyógyfürdő és szépségszalonn különböző igényeinek megfelelő világítási terveket, és ők is valósították

meg a világítási koncepciókat. Valamennyi érintett döntéshozó meggyőzőnek találta a Tridonic holisztikus ajánlatát, amely a moduloktól kezdve, a meghajtók keresztül a decentralizált, intelligens világításvezérlésig mindenre kiterjedt.

A különféle helyiségek világításának megtervezésekor a fókusz az indirekt világításra helyezték, hogy a klubtagok számára mindenütt kellemes légkör alakuljon ki. A fény-árnyék kölcsönhatásokról kiegészítő direkt kiemelő fények gondoskodnak. A mélysugárzóba és a spotlámpákba DLE és SLE LED-modulokat szereltek, amelyek kiemelkedő modul- és rendszer-fényhasznosítást biztosítanak megfelelő színkonzisztencia mellett. A lineáris lámpatestekben rugalmas LLE FLEX modulokból felépített folytonos LED-sorok hoznak létre homogén fényt. A modulokat DALI LED-meghajtók működtetik, amelyeket decentralizált módon egy connecDIM Gateway átjáróval lehet vezérelni.

A fitnessklubban szükséges világítási beállításokat a FastLED programozta. A felhőn keresztül bárhol könnyen lehet egyedi beállításokat is végezni. A FastLED ügyfelei számára bármikor képes igényeiknek megfelelő világításról gondoskodni. Az EM converterLED-del felépített tartálékvilágítási eszközök is rendszeresen ellenőrizhetők ily módon.

Giampaolo Sparesotto számára e termékek, felszerelés és szolgáltatás alkotta holisztikus csomag sikerének titka abban rejlik, hogy csak néhány résztvevőt kell bevonni. Ez leegyszerűsíti és felgyorsítja a LED-rendszerek tervezésének, a termékek kiválasztásának, a felszerelésnek és a karbantartásnak a folyamatait.



Jó fényeloszlás mindenféle szituációhoz – Kiegészítő optikák a Tridonictól

(Forrás: www.tridonic.com, Press Release, 2017. dec. 18.)

A Tridonic különböző sugárzási karakterisztikájú lencsék komplett választékával egészítette ki portfólióját. A könnyen felszerelhető lencsék alkalmasak valamennyi DC LLE 24 mm-es modulhoz. A vállalat szállít megfelelő optikákat a háromsoros LLE 55 mm-es modulokhoz is, amelyek irodák és üzletek világításánál különböző fényeloszlásokat tesznek lehetővé.

Ez a kiegészítő csomag lehetővé teszi a lámpatestgyártók számára, hogy lámpatesteket gyorsabban és költségoptimalizált módon fejleszthessék ki.

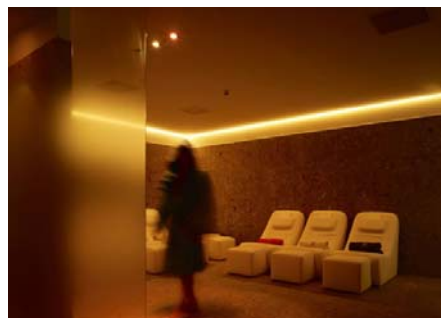
A lencsék gyártásánál felhasznált kitűnő minőségű PMMA anyagoknak köszönhetően a lencsék optikai hatásfoka elérheti akár a 95%-ot is. Az optikákkal a következő fényeloszlásokra van lehetőség:

– „INTENSE” (intenzív) – jól alkalmazható kis belmagasságú gyártócsarnokok és raktárak lámpatesteihez.

– „BATWING” (denevérszárny) – olyan lámpatestekhez alkalmas, amelyekkel kis mennyezeti magasságú helyiségekben homogén megvilágítást kell elérni.

– „DASY” – kifejezetten üzletpolcok világításához készülnek. A szemmagasságban adódó nagy függőleges megvilágítás mellett a lencse kiválóan alkalmas folyosók egyenletes megvilágításához is. Felhasználható max. 2,4m széles és max. 3,5m magas mennyezetű folyosók jó megvilágítására.

TRIDONIC



A 2012-ben alapított FastLED kereskedelmi, ipari és magán létesítmények, energiatakarékos világítási megoldásaira specializálódott.



Az ACL LINEAR LENS 24mm ASY (baloldalon) és az ACL LENS 55x280mm DA25° (jobb oldalon) lencse

– A falak különleges kiemelő világításához az „ASY” lencsékkel falmosó hatást és nagyfokú egyenletességet lehet elérni, ugyanakkor igen kis mértékű lesz a színeltolódás a függőleges sík mentén. A lencse mindössze 13mm vastagságú, és fedél formájában védelemül is szolgálhat a LED-modul véletlenszerű megérintésével szemben. A 24mm-es lencsék standard hossza: 1200, 1500 és 1800mm, de egyéb hosszúságok is kaphatók.

2 *Luminale 2018 – Fényművészet és város- tervezés*

(Forrás: <https://light-building.messefrankfurt.com>, Press Release, 2018. jan.05.)

light+building
Frankfurt am Main,
2018. március 18-23.

A Luminale mintegy 200 000 látogatójával az egyik legnagyobb esemény Frankfurtban és a Rajna-Majna régióban.

A „Fényfesztiválra” két évente kerül sor a Light+Building nemzetközi szakkiállításal párhuzamosan. Először 2002-ben rendezte meg az „alapító” Messe Frankfurt, amely azóta is széleskörű támogatásban részesíti.

Idén, március 18. és 23. között a Luminale új koncepcióval jelentkezik. Frankfurt és Offenbach nem csupán a fényművészet színpada lesz, hanem maguk is a fesztivál tárgyaivá lépnek elő.

A fesztivál 2018-ban a „fényművészet és a várostervezés biennáléja” címet kapta azzal a céllal, hogy a városnak lökést adjon ahhoz, hogy magát a művészet, a technológia és az urbanitás vonatkozásában vonzó jövőbeli helyként, „kreatív csomópontként” pozícionássa.

MŰVÉSZET kategória

RÉGI OPERAHÁZ

A Karmachina tervezőiroda projektje

Az *Alte Oper* „Luminale-premierje: a mészkö homlokzat vetítőernyővé változik a milánói Karmachina tervezőkollektíva számára. Öt fejezetben mesélik el az operaház történetét történelmi képek, grafikai animációk és videofilmek formájában, amelyeket egy erre az alkalomra készített hangfelvétellel egészítettek ki.

A show az *Alte Oper* történetének legfontosabb fázisait mutatja be: az építést és az 1880-as felavatást, a csillogó éveket a II. világháborúig, a bombák és a tűz okozta pusztítást 1944-ben, majd koncert- és kongresszusi központként való újjáéledését a polgári szerepvállalásnak és az új életnek köszönhetően

NINCS JÖVŐ TÖRTÉNELEM NÉLKÜL

Simone Jüschke, Alexa Schraverus, Monika Slomski, Jana Vonofakos (ötlet, megvalósítás és koordinálás – bdia-Hessen), Jutta Zwilling (kép- és idézetkutatás – Institut für Stadtgeschichte) és Marvin Dewald (animáció) projektje

A *bdia Hessen* tervezőiroda által készített bemutató nem csupán Frankfurt jól és kevésbé ismert épületeinek homlokzataira, hanem a belső terek kialakításának fejlődésére is bepillantást enged.

A mai Frankfurtban a római kor óta lakott terület a régi építészeti hagyományokkal rendelkezik. A Vároštörténeti Intézet állo-



Régi Operaház



Nincs jövő történelem nélkül



Idegenek

mányából származó historikus képek mellett szójátékok és idézetek alakítják át izgalmas színpaddá az épületet a karmelitalokostor homlokzata mentén.

IDEGENEK

Holger Mader és Heike Wiermann projektje

Három nagy darab, hordozható, üvegezett, téregységet használtak fel egy nagy kivetítő felület kialakításához, amelyet Frankfurt belvárosában, a Majna partján helyeztek el, így messziről is jól látható a városban.

A videokép megfelelő szélességét a belső térből több szinkronizált projektor biztosítja.

A videoinstalláció úgy néz ki, mintha valamilyen másik világból származna, egy olyan szerkezet, amely ismerős elemeket különös módon működtet – egyfajta állandó, sajátos átalakítási folyamat során. Az elidegenedés fő témája a nyers kő, amely megtestesíti a természetet és az eredetiséget, a nyersséget, amely még nem öltött formát. A kialakult városi szituáció ellensúlyozásával a kő egy szürreális városi színpad főszereplőjévé válik.

ESWERDELICH:T

Ingo Bracke (Lichtkunst) és Peter Reulein (Orgel) projektje

Frankfurt nyüzsgő belvárosában a Liebfrauen templom és kolostor a város szívében a csend és az elmélkedés színtere, a kapucinus-kolostor otthona, amelynek tevékenysége inspirálta a nemzetközi hírnévnek örvendő Ingo Bracke művészt, az ESWERDELICH:T (a „Legyen világosság!” bibliai idézet után – A Szerk.) fény-opera élő előadásának megalkotására, amely a világi és metafizikai létet színekkel, fénnel és hanggal köti össze. Egyedülálló, titokzatos emberi-térbeli tapasztalatok, az érzékek bódulata – az utolsó estén orgonakísérettel.

5M3

Franz Neudeck és Otto Erlwein projektje

A frankfurti Nice-parkban hangulatos fényszobrokból készítették installációt: a városközpont és a pályaudvari negyed közvetlen szomszédságából vett képekből és a tér öt különböző – a kék, a vörös, a sárga, a zöld és a fekete – a pirkadati és az utvilágítás – fényéből. Bárki, aki megnézi ezeket a részben elvont képeket, felfedezheti a motívumok mélységét és a naponta más-más formában elrendezett képekből megismerkedhet a hely változatos képekből összeálló történetével.

JOB VÁROS kategória

A FRIEDBERGI ŐRTORONY MEGVILÁGÍTÁSA

Christian Uitz (Raumlabor) Frankfurt város számára készített projektje – Köztér-területi várostervezési iroda, a Szép Frankfurt program kiterjesztése

A későgotikus stílusban épült Friedberger Warte a négy frankfurti őrtorony egyike – messziről látható, városkép-meghatározó építmény. A környező tér rekonstrukciója után maga az őrtorony is új világítást kapott. A világítási rendszer kiemeli az egyes architektúrási elemeket, és olyan világításvezérléssel szerelték fel, amellyel a lámpatesteket külön-külön is lehet vezérelni. Az eredmény: homogén, statikus megvilágítás, domináns vagy túlvilágított területek nélkül.

TANULMÁNY kategória

„VÁROSI LÉGKÖR ELŐTETŐ”

Moritz Dörstelmann, Ferdinand Ludwig és Daniele Santucci projektje

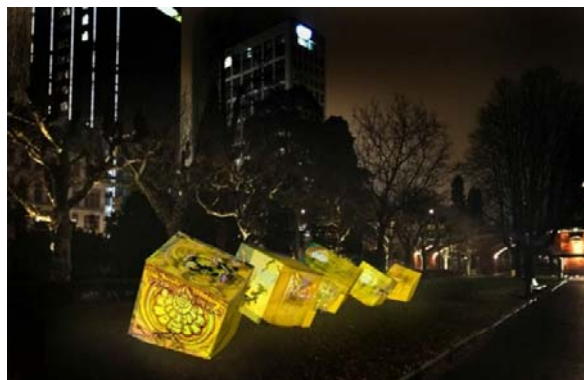
A Münchener Műszaki Egyetem mesterképzésen résztvevő hallgatói közreműködésével az Urban Climate Canopy projektet az oktatás és kutatás „határfelületén”

HOLUX Hírek №174 p.4

ESWERDELICH:T



5M3



A Friedbergi Őrtorony
világítása



Városi légkör előtető

fejlesztették ki, amely egyfajta „fedélként” vagy városi bútordarabként térformáló és „hangulatmódosító” is a köztéren. A cél a városi kultúrában való tartózkodás minőségének emelése térbeli világító formák –

ugyanakkor funkcionális konstruktív effektusok segítségével. A projekt a világítási terv minőségi jegyein túl a fény, a város és a környezet kölcsönhatásával foglalkozik.

3 Szilárdtest-világítás 2017, 1. rész

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

JOGI NYILATKOZAT

Ez a jelentés az Egyesült Államok kormányának egyik ügynöksége által támogatott munka eredménye. Sem az Egyesült Államok kormánya, sem annak bármely ügynöksége, vagy azok munkatársai, vállalkozói, alvállalkozói, vagy azok alkalmazottai sem vállalnak semmiféle – kifejezett vagy beleértett – garanciát vagy jogi felelősséget a közölt információk, készülékek, termékek vagy eljárások pontosságáért, teljességéért vagy hasznosságáért, illetve nem állítják azt, hogy azok használata nem sért esetleg magántulajdonban lévő jogokat. A jelentésben adott kereskedelmi termékre, eljárásra vagy szolgáltatásra kereskedelmi névvel, védjeggyel, gyártóval vagy másképp történő hivatkozás nem jelenti szükségképpen annak az Egyesült Államok kormánya vagy bármely ügynöksége, vállalkozója vagy annak alvállalkozója általi jóváhagyását, ajánlását vagy támogatását. A szerzőknek a jelentésben kifejtett nézetei és véleményei nem feltétlenül fejezik ki vagy tükrözik az Egyesült Államok kormánya vagy bármely ügynöksége nézeteit és véleményét.

A jelen kiadvány a forrásra való hivatkozás esetén részben vagy egészében sokszorosítható oktatási vagy non-profit célokra a szerzői jog tulajdonosának külön engedélye nélkül, amennyiben hivatkozás történik a forrásra a következőképpen: „DOE SSL Program, “2017 Suggested Research Topics Supplement: Technology and Market Context,” edited by James Brodrick, Ph.D.”

VEZETŐI ÖSSZEFOGLALÓ

A szilárdtest-világítás (SSL) technológiája és ára jelentősen javult az elmúlt évtizedben, s olyan pontot ért el, ahol majdhogyanumanyai világítási alkalmazás tekintetében már a legjobb választásnak bizonyul. A szilárdtest-világítási technológia nyilvánvaló energiamegtakarítást kínál, csökkent a teljes tulajdonlási költségeket és még a világítási teljesítőképesség terén is javult a hagyományos világítástechnikai termékekkel összevetve. De még így is a fényemittáló diódás világításra való áttérés piaca és technológiája korai fázisában van. Habár a LED-es világítástechnológia előrehaladásának sebessége igen látványos, a folyamatban lévő kutatás és fejlesztés segítségével még mindig jelentős fejlődést lehet elérni a fényforrások fényhasznosítása terén, és ezt meg is kell tenni. Ha a LED-termékek elérnék az USA SSL programjának közép- és hosszútávú

fényhasznosítási céljait, akkor az Egyesült Államok évente 5,1 kvadrillió Btu (angol hőegység) energiát lenne képes megtakarítani 2035-re (1 Btu = 1055 joule).

A világítási teljesítőképesség más aspektusait – a színminőséget, az optikai szabályozást, a fény hatékony továbbítását és a világításnak az épületekbe való integrálását – is lehetne még javítani – további energiamegtakarítás elérése mellett. A világítástechnikai termékek olyan új funkcióit fejlesztették ki, amelyekre a korábbi világítástechnológiákkal nem volt mód, és amelyek új alkalmazásokat tesznek lehetővé, növelve a világítási rendszerek értékét. Például a fehér fény színárnyalatainak beállítása új előnyöket tesz lehetővé – a világítást hozzáigazítva az ember fiziológiai reakcióihoz. Az érzékelő, vezérlő és kommunikációs eszközök integrálása folytán a világítási rendszerek részekévé válhatnak a Tárgyak Internetének (IoT), amely az adatok kinyerése és elemzése folytán óriási további értéket jelent a világítási rendszerek számára.

A szerves fényemittáló diódák (OLED) technológiája még mindig kihívásokkal néz szembe, ami a költségsökkentést és a laborszinten produkált nagy fényhasznosítások elérését illeti a kereskedelmi termékekénél is. A technológia azonban igen értékes előnyöket kínál a felületi fényesség, a formatényező és a világítás hatékony szolgáltatása terén, amit ki lehetne egészíteni LED-es világítási megoldásokkal. Amíg a LED fényforrások eredendően kicsik és nagy fényűek, az OLED-ek nagyok és diffúz fényt bocsátanak ki, ami azt jelenti, hogy igen közel lehet elhelyezni őket a világítási feladathoz anélkül, hogy kellemetlen káprázást okozna. Az OLED-eket igen olcsó, folyamatos, roll-to-roll (R2R = „hengerről hengerre”) típusú leválasztási eljárással lehet előállítani, ezzel kompenzálva e kisebb fényű fényforrásokkal járó anyagköltséget.

A technológiai fejlesztésekkel párhuzamosan a gyártók azon dolgoznak, hogy olyan termékeket állítsanak elő, amelyekkel fel lehet váltani a világászerte felszerelt „foglatok” óriási számában a hagyományos világítástechnikai termékeket. Becslések szerint a világon 45 milliárd lámpafoglalat található [2], és ez a szám várhatóan tovább fog növekedni a népesség, a fejlődő világ építőiparának és az új világítási alkalmazások – például a beltéri kertészet – növekedésével. E lámpafoglalatokat „megtölteni” igencsak nagy kihívás, ugyanakkor

Jelen dokumentum az Egyesült Államok Energiaügyi Minisztériuma által 2015-ben készített tanulmány (l. a HOLUX Hírek 142-148. számaiban), valamint annak 2016. évi aktualizálásához (l. a HOLUX Hírek 161-167. számaiban) készített „Solid-State Lighting 2017, Suggested Research Topics Supplement: Technology and Market Context” címmel megjelent újabb kiegészítésén alapul. – A Szerk.

persze lehetőséget teremt egyre értékesebb energia- és költségsökkentő világítástechnikai termékek és rendszerek előállítására. Emellett az SSL technológia kedvező alkalmat teremt az amerikai gyártási infrastruktúra fejlesztéséhez az SSL termékek hosszú távú létrehozása érdekében.

A szilárdtest-világítás lehetőségei és kihívásai általánosságban az alábbiak:

- A rendszer-hatékonyság javítása
- A világítási alkalmazások jobb megismerése az előállított fény hatékonyságának optimalizálása érdekében
- Tökéletesített gyártási technológiák a szilárdtest-világítási termékek számára, amelyek csökkentik a költségeket, ugyanakkor javítják a termékek minőségét és konzisztenciáját, és ösztönzik a hazai munkahelyteremtést.
- Az elfogadás akadályainak csökkentése.

A jelen dokumentum ismerteti ezeket a lehetőségeket, és kiemeli azokat a kritikus K+F témákat, amelyek szükségesek a fejlesztések megvalósításához. A tanulmány emellett kiegészíti a „2017. évi javasolt szilárdtest-világítási kutatási témák” című anyagot, amely felsorolja azokat a speciális kutatási témákat, amelyeket az USA Energiaügyi Minisztériuma (DOE) SSL programjának akadémiai, országos laboratóriumai és iparági érdekeltjei támogatásra ajánlottak. A DOE SSL programja továbbra is agresszív teljesítőképességi és költség-célokat határoz meg a LED és OLED világítási technológiák számára, és K+F finanszírozási és kutatási tevékenységeket folytat e célok elérésének támogatására. A DOE finanszírozási támogatása erőforrásokat biztosít a nagy kihívásokkal teli alap- és tudományos kutatások kezelésére. Az egyik ilyen probléma a LED-ekben lejátszódó áramsűrűség-esés vagy a „zöld rés” hatékonyság jobb megismerése és megoldása, amelyre az iparág egyedül képtelen volt. A támogatás lehetővé tette az ipar számára, hogy kockázatos technológiai területekre lépjen, ilyen pl. a kvantumpont-integráció a LED termékekbe vagy az OLED fénykivonási technológiák fejlesztése, amelyek meghaladják egy vállalat belső K+F tevékenységének lehetőségeit.

[1] DOE SSL Program: „Energy Savings Forecast of Solid-State Lighting in General Illumination Applications”, 2016. szept. (https://energy.gov/sites/prod/files/2016/09/f33/energysavingsforecast16_2.pdf)

[2] P. Smallwood: „The Future of a Disrupted Lighting Market”, *Strategies in Light*, Anaheim, Kalifornia, 2017.

A DOE támogatása kulcsfontosságú a szilárdtest-világítási technológia végső lehetőségeinek kibontakoztatásához – ideértve a fényforrás- és rendszer-hatásfok maximalizálását, az alacsony árakat, az optimalizált fényhasznosítást és a kapcsolódási és vezérlő rendszerekbe való beépítést.

A DOE SSL programja kidolgozott egy átfogó K+F stratégiát a LED és OLED technológia fejlesztésének támogatására a maximálisan elérhető energiamegtakarítás érdekében. A jelen kiegészítő tanulmány a 2016 szeptemberében és októberében megrendezett kerekasztal-megbeszélések és a DOE 2017 januárjában tartott SSL K+F workshopján kapott információk szakértői feldolgozásával készült. A terv tükrözi a szilárdtest-világítás érdekeltjeinek azokkal a kiemelt K+F témákkal kapcsolatos véleményeit, amelyek javítani fogják a fényhasznosítást, lebontják az elfogadással szembeni korlátokat és hozzáadott értéket teremtenek a szilárdtest-világítással kapcsolatosan. A tanulmányban szó lesz a változó félben lévő világítástechnikai piacról, valamint azoknak a LED és OLED technológiáknak kritikus fontosságú K+F igényeiről, amelyek az SSL értékláncon keresztül jelentkeznek.

A kerekasztal- és workshop-megbeszélések során talált legfontosabb K+F kihívások a következők:

LED-alapú világítás K+F javaslatai

- Emitter-anyagok – a spektrum egészében emittáló anyagok, amelyek fejlődést igazolnak a csúcs fényhasznosítás és a nagy meghajtóáramoknál és magas hőmérsékleteknél adódó stabil fényhasznosítás tekintetében. Ideértve az új eszközstruktúrákat, pl. az alagúteffektusú LED-eket is.
- Lefelé konvertáló anyagok – keskeny vörös, zöld és állítható fehér lefelé konvertáló anyagok. Javított mátrix-integrálás és optikai vezérlés a lefelé konvertáló mátrix szinten.
- Tokozás – LED-csomagok tokozóanyagai és fénypor-mátrixai, amelyek magasabb működési hőmérsékleteket, nagyobb fényáramot és fénykivonást tesznek lehetővé a LED-ek számára a LED-csomag stabilitásának veszélyeztetése nélkül.
- Nagy fényhasznosítású prototípusok –, amelyek maximális fényhasznosítást érnek el és további lámpatest-funkciókat integrálnak a LED-csomagba, pl. érzékelőket, csatlakoztathatóságot, tápegységet, optikai funkciókat stb. tartalmazó összetett LED-modulok formájában.
- Fejlett LED-es világítás – teljesen új, optimalizált koncepciójú lámpatestek vagy világítási rendszer-architektúrák, amelyek élvezik a LED-ek egyedülálló tulajdonsá-

gainak előnyeit a jobb fényhasznosítás, jobb teljesítőképesség, a csatlakoztathatóság és a jobb világítástechnikai értékek – pl. az emberre kifejlesztett fiziológiai előnyök – demonstrálására.

- Teljesítményelektronika – fejlesztések a LED-ek tápforrásai terén, amelyek lehetővé teszik a meghajtók nagy hatékonyságát többcsatornás rendszerek és a teljes működési tartomány esetén. Idetartoznak a rendszer-megbízhatósággal, a formatényezővel és a kritikus komponensekkel kapcsolatos fejlesztések is.
- Tökéletesített gyártás – új technológiák és eljárások, amelyek lehetővé teszik az igényes világítási termékek gyártását kis számú összetevővel és megfelelő rugalmassággal a világítási termékek széles választékának létrehozásához.

OLED-alapú világítás K+F javaslatai

- Stabil, nagy fényhasznosítású, fehér fényű eszközök – olyan emitterrendszerekre (azaz emitterekre, gazda- és transzport-anyagokra) vonatkozó kutatás, amelyekkel egyszerre lehet hosszú élettartamot és nagy fényhasznosítást elérni, különösen a kék emitterek terén, vagy olyan OLED réteg-anyagokkal (azaz átlátszó vezető anyagokkal, töltésgeneráló és más rétegekkel) kapcsolatos kutatás, amelyekkel növelni lehet az OLED rétegek optikai és elektromos teljesítőképességét.
- Gyártástechnológiák – új eljárásokra és fejlesztésekre van szükség az anyagleválasztás, az eszközgyártás vagy a tokozás terén a nagy teljesítőképességű OLED paneleknél.
- Fénykivonás és fényhasznosítás – olyan új megoldások feltárása, amelyek lehetővé teszik a panel fényhasznosításának jelentős javulását a szerves rétegben/anódban a hullámvezetős üzemmódokban becsapódott fény kivonásával és/vagy a felületi plazmonikus veszteségek csökkentésével.
- OLED-es prototípus világítási programok – be kell mutatni olyan OLED-es világítási programokat, amelyek kiemelik az OLED-es világítástechnológia képességeit. Az OLED-es programokat kombinálni kell egy vagy több, egyedi meghajtó elektronikával ellátott, nagy teljesítőképességű OLED panellel, hogy nagy fényhasznosítású, hosszú élettartamú rendszereket lehessen készíteni.

Világítással kapcsolatos (LED-es és OLED-es) K+F javaslatok

- A fény élettani hatásai – meg kell ismerni az emberek fénnel kapcsolatos fiziológiai reakcióit, ami lehetővé teszi, hogy olyan világítástechnikai termékek készül-

jenek, amelyek javítják a közérzetet, növelik a teljesítőképességet és minimalizálják az elektromos világítás negatív hatásait, ugyanakkor energiát takarítanak meg.

- Világítási alkalmazások hatásfoka – a fény hatékony előállítására, vezérlésére és felhasználására vonatkozó kutatás speciális világítási alkalmazások esetén.

1 Bevezetés

Az Egyesült Államok Energiaügyi Minisztériuma (DOE) Szilárdtest-világítási (SSL) programja az USA 2005. évi energiapolitikai törvénye 912. szakaszában megfogalmazott kongresszusi irányelv alapján készült, amely utasította a minisztériumot arra, hogy „*támogassa a fehér fényt emittáló diódákon alapuló modern szilárdtest-világítási technológiákkal kapcsolatos kutatási, fejlesztési, bemutatási és kereskedelmi alkalmazási tevékenységeket.*”

A DOE Szilárdtest-világítási programja egy átfogó K+F stratégia a szilárdtest-világítási technológia eredményeinek támogatására és az energiamegtakarítások maximalizálására. A K+F program speciális célja a következő:

2025-re kifejleszteni olyan modern szilárdtest-világítási technológiákat, amelyek a hagyományos világítási technológiákkal összehasonlítva jóval nagyobb energiahatékonyságúak, hosszabb élettartamúak és versenyképes árúak – 50%-os termérendszer-fényhasznosítást célozva meg – megfelelő alkalmazási spektrum mellett.

Az energiamegtakarítások maximalizálása érdekében a DOE SSL K+F programja azokat az alapvető K+F témákat támogatja, amelyek az egész értékláncre alkalmazható előnnyel járnak, és ez olyan K+F tevékenység, amely tipikusan nem végezhető el a világítástechnikai iparon belül. A DOE által támogatott K+F elősegíti a mögöttes fizikai jelenségek megértését, teljesen új technikai és gyártási megközelítéseket vizsgál, új technológiákkal csökkenti a fejlesztési kockázatot és/vagy segít tisztázni olyan alkalmazási előnyöket, amelyek kiegészítik és növelik a szilárdtest-világítás energiamegtakarítási potenciálját.

A jelen – *SSL 2017 Suggested Research Topics Supplement: Technology and Market Context* című (korábban: *DOE SSL R&D Plan elnevezésű*) dokumentum évente aktualizálásra kerül, és a DOE többéves MYPP programjának (*DOE SSL Multi-Year Program Plan*) és 2015 előtt publikált ütemtervének egységesítése. (A korábbi dokumentumok a következő címen érhetők el: <http://energy.gov/eere/ssl/technology-roadmaps>.) A DOE szilárdtest-

világítási K+F terve elemzést, kontextust és irányt nyújt a szilárdtest-világítási technológia továbbfejlesztése és az energiamegtakarítás növelése érdekében folyó K+F tevékenységekhez. A jelen tanulmány tükrözi a DOE szilárdtest-világítási céljai irányába történt előrehaladást és azokat a változó K+F prioritásokat, amelyek a legnagyobb hatást gyakorolják a program céljainak elérésére. A programot meghatározó jogszabályokra és irányelvekre vonatkozó részletek itt nem szerepelnek, de megtalálhatók az SSL honlapján (<https://energy.gov/eere/ssl/about-solid-state-lighting-program> és <https://energy.gov/eere/ssl/partnerships>).

2 A szilárdtest-világítás hatásai

A szilárdtest-világítás óriási lehetőséget kínál a világítás hatásfokának, teljesítőképességének és értékének javításához az új alkalmazások és előnyök megteremtése folytán. A LED- és OLED-eszközökkel kapcsolatos kezdeti motiváció a nagy fényhasznosítás ígérete és a félvezetők gyártási folyamatainak felhasználási lehetősége volt. Az iparági szakértők úgy vélték, hogy a LED-ekre a félvezetőipar tömeggyártási technológiáit, az OLED-ekre pedig a roll-to-roll (R2R) feldolgozási technológiákat lehet majd alkalmazni. Bár még mindig sok a fejleszteni való, a szilárdtest-világítás már elkezdte beváltani ezeket az ígéreteket, hiszen folyamatosan demonstrálja ezt a hagyományos fényforrásokot meghaladó fényhasznosításával, csökkenő teljes tulajdonlási költségével, amelyek észszerű idő alatti megtérülést és új tulajdonságokat tesznek lehetővé – ideértve a fény spektrumának állíthatóságát, a tökéletesített vezérléseket és a csatlakoztathatóságot. Ezek a tulajdonságok hozzájárultak a szilárdtest-világítás gyors elfogadásához, ami máris jelentős energiamegtakarításokat eredményez. A fényforrások nagyobb fényhasznosítása mellett a szilárdtest-világítás hatékonyabb abban a tekintetben is, hogy akkor és ott szolgáltat fényt, amikor és ahol arra szükség van – további energiamegtakarítási szintet érve el ezzel, amit még csak most kezdenek igazán értékelni. A szilárdtest-világítási technológia fejlődésével világossá vált, hogy hatása sokkal több, mint csupán az energiamegtakarítás. Megvan a lehetőség arra is, hogy jótékony hatást gyakoroljon a környezetre, a kerteszetekre, a közlekedés biztonságára, az emberi egészségre és a termelékenységre, amelyek mindegyike megvalósítható, miközben jelentős mennyiségű energiát lehet megtakarítani a hagyományos világítási technológiákhoz képest.

A szilárdtest-világítás beváltja ugyan az energiamegtakarításra és az új világítási értékekre vonatkozó ígéreteit, de további K+F tevékenységre van szükség ahhoz, hogy ezek az ígérek teljes mértékben realizálódjanak. A következő fejezetekben a szilárdtest-világítás kulcsfontosságú hatásait fogjuk megvitatni.

2.1 Miben különbözik a szilárdtest-világítás a hagyományos fényforrásoktól?

A LED vagy az OLED fényforrások által előállított fény ugyanolyan, mint bármely más, általunk észlelhető fény. A szilárdtest-fényforrásoknak azonban van néhány kulcsfontosságú tulajdonsága, amely egy sereg olyan új érték előtt nyitja meg az utat, amelyekre korábban nem volt lehetőség. A LED-alapú világítás legfontosabb tulajdonságai a következők:

- **A fény spektrumának szabályozása:** A LED-ek és a fényporok a látható fény teljes spektrumában képesek fényt emittálni – beleértve az UV és IR tartományokat is. A különböző LED-ek és/vagy fényporok kombinációja megteremti a lehetőséget arra, hogy a spektrumokat a kívánságoknak és az alkalmazásnak megfelelően alakítsuk ki, s így az adott alkalmazáshoz éppen megfelelő fény spektrumot hozzuk létre.

- **Fényerősség szabályozása:** A LED-ek természetüknél fogva dimmelhetők, és a többcsatornás LED-es fényforrások lehetővé teszik az egyes – esetleg különböző színű vagy különböző irányokba állított – LED-ek fényének szabályozását is. Így lehetővé válik bizonyos LED-es világítási termékeknél a fény spektrumának vagy irányának beállítása.

- **Optikai fényeloszlás:** A LED-ek fényárama, kis mérete és irányított fénye azt jelenti, hogy a LED-es világítástechnikai termékek optikai fényeloszlása jól kontrollálható viszonylag olcsó optikákkal, ami lehetővé teszi, hogy a fény csak oda jusson el, ahol az adott alkalmazáshoz arra szükség van.

Az OLED-ek fényének spektrumát és erősségét is lehet szabályozni. További tulajdonságaik a következők:

- **Kis fénysűrűség:** Az OLED fényforrások kis fénysűrűsége folytán közel helyezhetők el a megvilágítandó tárgyakhoz, ami javítja a világítás teljesítőképességét, és a fényt nagyobb hatékonysággal lehet eljuttatni a világítási feladathoz – kápráztatás kialakulása nélkül.

- **Karcú formatényező:** Az OLED fényforrások nagyon vékonyak lehetnek, és potenciálisan illeszthetők vagy hajlíthatók, így új világítási rétegek és elhelyezések kialakítására alkalmasak.

A szilárdtest-világítási termékek mindezeket a fontos tulajdonságokat képesek igazolni, miközben nagy fényhasznosítási szintekkel rendelkeznek – jóval meghaladva a hagyományos fényforrásokkal elérhető szinteket. E tulajdonságok a hatásfok új aspektusait teszik lehetővé a megfelelő (spektrumú) fény megfelelő helyre (optikai vezérlés), a megfelelő időben (fényerősség szabályozása) való eljuttatása tekintetében. A tulajdonságok új világítási képességeket is lehetővé tesznek, amelyek az emberi egészséggel és termelékenységgel kapcsolatos élettani hatásokkal függenek össze, megfelelő spektrumú fényt juttatva el megfelelő időben maximalizálják a kerteszetek növénytermesztését, biztonságosabban teszik az utakat és még számos más, igen értékes világítási alkalmazást tesznek lehetővé.

2.2 Energiamegtakarítások

A LED-es világítás a hagyományos világítástechnológiákhoz képesti jobb fényhasznosításával máris jelentős energiát takarít meg a világítás felhasználói számára. A jelenlegi LED-es világítástechnikai termékek olyan formatényezővel, fényeloszlásokkal és fényáram-szintekkel rendelkeznek, amelyek lehetővé teszik a meglévő, alacsonyabb hatékonyságú, hagyományos világítási termékek közvetlen cseréjét, ezáltal gyors bevezetést eredményezve a jelentős energiamegtakarítás érdekében. Noha a szilárdtest-világítás teljesítőképessége máris jelentős energiamegtakarításokhoz vezetett, még mindig van mit javítani a fényhasznosításon mind a LED, mind az OLED technológia esetén, amint azt a 4. és 5. fejezetben ki fogjuk fejteni.

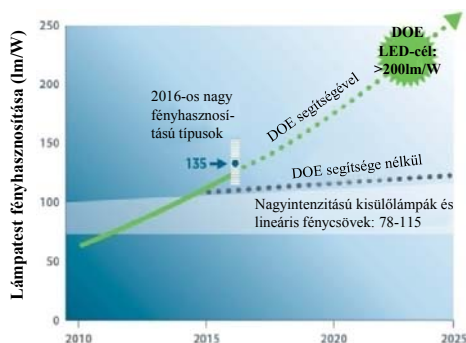
A szilárdtest-világításból származó energiamegtakarítások új generációja olyan alkalmazási hatékonyságból fog származni, amit úgy lehet a legegyszerűbben jellemezni, hogy a fényt a fényforrásból hatékony módon juttatjuk el a világítási feladathoz. Az alkalmazás hatékonyságánál azonban azt is figyelembe kell venni, hogy a fény spektruma mennyire felel meg az adott világítási alkalmazáshoz, és azt a képességet is, hogy mennyire lehet a fényforrást aktívan szabályozni az energiaszint minimalizálása érdekében, amikor nincs szükség a fényre. Az energiamegtakarítások végső tényezője az elfogadás. A fogyasztóknak vásárolniuk és használniuk kell a szilárdtest-világítási fényforrásokat, hogy energiát takarítsanak meg. Mint bármely új technológia bevezetésénél – különösen a világítástechnikai piac méreti okán – az elfogadás előtt aka-

dályok jelennek meg. Az energiamegtakarítás e három aspektusát – a fényforrás fényhasznosítását, az alkalmazás hatékonyságát és az elfogadás akadályait – a következő fejezetekben fogjuk tárgyalni.

2.2.1 Fényforrások fényhasznosítása

Bizonyos típusaik 150 lm/W-ot meghaladó fényhasznosításával a LED-termékek nagyobb fényhasznosításúak lehetnek, mint az izzólámpák, a halogénlámpák, a kompakt fénycsövek, a lineáris fénycsövek és a nagyintenzitású kisülőlámpák. A vevők azonban gyakran választják az olcsóbb, kisebb fényhasznosítású termékeket a csúcsminőségű, de drágábbak helyett. A 2.1 táblázat a 2016-ban rendelkezésre álló csúcsminőségű és a tipikusan megvásárolt szilárdtest-világítási termékek árát és teljesítőképességét hasonlítja össze, a 2.2 táblázat pedig a kategóriájukban legjobb hagyományos világítástechnológiák árát és teljesítőképességét mutatja. A két táblázatból az látszik, hogy a legjobb paraméterű LED-termékek már nagyobb fényhasznosításúak ugyan a bevált technológiáknál, de magasabbak a beszerzési áraik. Másrészt pedig a 2016-ban tipikusan megvásárolt, olcsóbb árfekvésű LED-termékeknek alacsonyabb volt a fényhasznosítása, mint a kategóriájukban legjobb hagyományos világítástechnológiájú versenytársaiké. Ez azt mutatja, hogy van még mit tenni annak érdekében, hogy párhuzamosan növelni lehessen a LED-termékek fényhasznosítását és csökkenteni az árakat, hogy vonzóbbá tehesük azokat a nagyközönség számára. A fényhasznosítás/költségsökkentés kompromisszumok mellett a LED-es világítástechnikai gyártók választgatják azt is, hogy a fényhasznosítás helyett az élettartamot, a színminőséget, a fénycsöveket és egyéb teljesítőképességi jellemzőket részesítik előnyben.

A LED-alapú szilárdtest-világítási termékek teljesítőképessége és ára tekintetében



2.1 ábra – A LED-es és az elterjedt nagyintenzitású fényforrásokkal és lineáris fénycsövekkel üzemelő mennyezeti rácsos lámpatestek fényhasznosítási adatainak összehasonlítása (Forrás: LED Lighting Facts® Product Database, 2016)

	Legjobb paraméterű termékek*			Tipikus termékek**		
2016-os szilárdtest-világítási termék	Fényhasznosítás (lm/W)	Ár (USD/klm)	Üzemi élettartam (L70) † (óra)	Fényhasznosítás (lm/W)	Ár (USD/klm)	Üzemi élettartam (L70) † (óra)
Ø60mm-es LED-lámpa (szabályozható, 2700K)	100	14	25 000	79	9	22 000
PAR38-as LED-lámpa (3000K)	88	20	25 000	68	18	25 000
T8-as LED-cső (4000K)	149	13	50 000	109	8	50 000
Ø15cm-es LED-es mélysugárzó (3000K)	86	80	50 000	58	26	50 000
60cm x 120cm-es LED-es rácsos mennyezeti lámpatest (3500K)	129	51	50 000	100	27	50 000
LED-es csarnokvilágító lámpatest (4000K)	136	21	60 000	113	14	60 000
LED-es útvilágító lámpatest (5000K)	118	37	60 000	103	27	50 000
OLED-es lámpatest (3000K) † †	–	–	–	43	756	40 000

2.1 táblázat – A legjobb paraméterű és a tipikus szilárdtest-világítási termékek összehasonlítása

Megjegyzések:

*A „legjobb paraméterű” termékek fényhasznosításának jellemzésére vagy az Energy Star® minősítésű termékek (Ø60mm-es LED-lámpa, a PAR 38-as és a Ø15cm-es LED-es mélysugárzó esetén), vagy a DesignLights Consortium által minősített (a LED-cső, a rácsos mennyezeti és az útvilágító lámpatest esetén) 90. százalékosztályát használtuk fel, majd vettük az ehhez a fényhasznosításhoz tartozó termékek átlagárát.

**A Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL) által végzett fogyasztói felmérés azt mutatta, hogy a válaszadók több mint 80%-a az 1. kvartilis vagy az alatti áron és 90%-nál többben a mediánnak megfelelő vagy az alatti áron vásároltak lámpát. A felmérésből az is kitűnik, hogy a középérték és a medián bizonytalan mérőszám, amely a vásárlási eloszlás „farkát” reprezentálja, és hogy a LED-lámpák esetén a karakterisztikus ár a webről származó adataik 1. kvartilise [3]. Ezen értékelés alapján a LED-ek esetén az 1. kvartilist használtuk a tipikus beszerzési ár jellemzésére és az ehhez az árhoz illeszkedő termékek átlagos fényhasznosítását tüntettük fel.

† A nem szilárdtest-világítási technológiák esetén az élettartam-értékek a termék meghibásodás miatti élettartam-végét jelentik. Mivel a LED-eknél fokozatos fényáram-csökkenés megy végbe a katasztrofális meghibásodás mellett, a LED és az OLED termékek üzemi élettartamára az L70-es értékeket adtuk meg, azaz azt az időtartamot, amikor a termékek fényárama kezdeti értékük 70%-ára esik le [3].

†† Az Acuity Brands Luminaires 5 Chalina OLED-paneles, szálcsiszolt nikkelből készült függesztékére vonatkozik, amely 2017. májusában a Home Depot-ból volt beszerezhető (a termék 2015-ben jelent meg a piacon [4]).

Terméktípus	Fényhasznosítás (lm/W)	CCT korrelált színhőmérséklet (K)	Üzemi élettartam (óra)	Ár (USD/klm)
Ø60mm-es izzólámpa	15	2760	1 000	0,63
Ø60mm-es halogénlámpa	20	2750	8 400	2,50
Ø60mm-es izzólámpát helyettesítő kompakt fénycső	70	2700	12 000	2
Ø60mm-es izzólámpát helyettesítő kompakt fénycső (szabályozható)	70	2700	12 000	10
Lineáris fénycsőrendszer*	108	4100	25 000	4
Nagyintenzitású nagyteljesítményű lámparendszer*	115	3100	15 000	3
Nagyintenzitású kisteljesítményű lámparendszer*	104	3000	15 000	4

2.2 táblázat – A kategóriájukban legjobb hagyományos világítástechnológiák ára és teljesítőképessége

*Tartalmazza az előtétek veszteségeit

még jelentős fejlődési lehetőségek vannak. A 4.1 fejezetben ismertetett elemzés azt mutatja, hogy a 255 lm/W elérhető fényhasznosítási cél a LED-csomagok esetében, ami 225 lm/W körüli lámpatest-fényhasznosítást tenne lehetővé. A laboratóriumi és a kereskedelmi LED-csomagok esetén már kitűnő haladás volt tapasztalható e cél elérésének útján.

A 2.1 ábrából az látható, hogy a LED-es lámpatestek akár 100 lm/W javulást is mutathatnak az elterjedt technológiákkal elérhető legjobb fényhasznosításokhoz képest. Az OLED-technológia még mindig gye-
rekipőben jár, de „ígéri” a nagy fényhasznosítást és az alacsony költségeket, valamint az új lehetőségeket a formatervező és a fénycsövek tekintetében.

Az 5.1.1 fejezet azt elemzi, hogyan lehetne az OLED-technológiával 190 lm/W-ot elérni – alacsony fényerősségű és kis kápráztatású fényforrás kínálata mellett.

2.2.2 Felhasználási hatások

A lámpa és a lámpatest fényhasznosítása fontos mutatója a világítási rendszer energiahatékonyságának, de „nem mondják el a teljes történetet”.

[3] DOE SSL Program: „Lifetime of White LEDs”, 2009. szept. (https://betterbuildingssolutioncenter.energy.gov/sites/default/files/attachments/lifetime_wh_ite_leds.pdf)

[4] Home Depot: „Chalina 5-Panel Brushed Nickel OLED Pendant”, 2017. máj. <http://www.homedepot.com/p/Acuity-Brands-Chalina-5-Panel-Champagne-OLED-Pendant-CHALINA-PM-OLED1-5P-345LM-30K-120-CHP/205919528>

A lámpatestek teljes hatásfokának definíciójához az is hozzátartozik, hogy a lámpatest a fényt milyen hatásfokkal juttatja el a célterületre, milyen hatékonyan illeszkedik a kibocsátott fény színe a világítási feladat igényeihez és milyen hatékonyan lehet a fény erősségét szabályozni. Minden világítási alkalmazásnak megvannak a saját követelményei, és az alkalmazás hatékonyságát a határozza meg, hogy a világítási rendszer milyen hatékonyan képes ezeket a követelményeket teljesíteni.

A tipikus beltéri világításnál a világítás célja, hogy lehetővé tegye a látást, a látás-élességet és esetleg a nem vizuális élettani stimulációkat. A beltéri világítás feladata az alkalmazástól függően ennél sokkal összetettebb is lehet – olyan követelményekkel kiegészülve mint a nagyfokú szín-hűség, a bizonyos fényszínekre beállítható spektrum stb. Más alkalmazások egyéb más célokat jelölnek ki a világítás számára. A kültéri világításnál gyakran az úttest és a gyalogosok biztonsága a döntő. A kertészetek világításánál a cél, hogy az tápanyagot és jelzést biztosítson a növényeknek a hatékony növekedés érdekében. Az alkalmazás hatékonyságának maximalizálásához három további fejlesztésre van szükség, mivel a hatékony fényforrás egyedül nem elég. Ezeket összegezzük itt és részletezzük majd a tanulmány további részeiben. Először is az alkalmazás követelményeinek alaposabb megértése – beleértve azoknak az élettani válaszait is, akiket a fényhatás éri (részletesebben l. a 3.3 fejezetben), amely döntő fontosságú ahhoz, hogy teljes mértékben kihasználhassuk a szilárdtest-világítási technológiák képességeit az optimalizált világítás hatékonysága és az energiamegtakarítás érdekében. Másodszor: a fény optikai eloszlásának (spektrális eloszlás, fényerősség, térbeli eloszlás) (alkalmasint valósidejű) hozzáigazítása az adott világítási feladathoz, hogy elő lehessen állítani az alkalmazás által megkívánt fénytípust, és oda lehessen azt irányítani, ahol arra szükség van. Harmadszor: olyan új mérési eljárások kidolgozása, amelyek fontosak az alkalmazás hatékonyságának maximalizálásához, hogy a fényt valóban hozzá lehessen szabni – ugyancsak lehetőleg valósidejűben – az alkalmazáshoz. Ez a harmadik fejlesztés különösen fontos, mert segíthet a másik kettő kidolgozásában. Az előzetes mérések segíthetnek az építésznek és a mérnöknek még intelligensebb tervezési rendszerek/komponensek kialakításában, amelyekkel hozzá lehet „szabni” a fényt az alkalmazáshoz.

A fényforrás fényhasznosításának az alkal-

mazás hatékonyságához való hozzáillesztésével jelentősen növelni lehetne az alkalmazás hatásfokát, ami olyan előny, amely jóval túlmutat az energiamegtakarításon. Például a fény spektrális eloszlásának jobb hozzáigazítása az emberek nappali/éjszakai cirkadián ritmusához javíthatná az alvási folyamatokat, amit nem lehet egyszerűen az „alkalmazás hatékonyságának” növekedésével mérni.

2.2.3 Az energiamegtakarítás korlátai

A szilárdtest-világítási termékek csak akkor képesek energiamegtakarításra és csak akkor tudják növelni a termelékenységet, ha fel is szerelik őket. Noha a szilárdtest-világítási technológia energiamegtakarítási és alkalmazási előnyei már jól ismertek, a fogyasztóknak meg is kell bizonyosodniuk arról, hogy a technológia valóban beváltja-e az energiamegtakarítással és a megbízhatósággal kapcsolatos ígéreteket, és valóban kompatibilis-e a meglévő lámpatestekkel és kapcsolókkal. Ezenkívül az energiatakarékos világítási termékek ára nem feltétlenül megfizethető a felhasználók számára. Dolgoznak a beszerzési ár, a megbízhatóság és a kompatibilitás alkotta jelenlegi akadályok leküzdésén, és a fogyasztók egyre nagyobb bizalommal tekintenek erre a technológiára. Az alábbiakban röviden áttekintjük ezeket a szempontokat.

• **Beszerzési ár** – A szilárdtest-világítási termékek elfogadásának legnagyobb akadálya a LED-ek és OLED-ek magas ára volt, noha az árak az elmúlt néhány év során gyorsan csökkentek. A szilárdtest-világítási termékek még most is drágábbak a izzólámpáknál, de a lecserelésükre alkalmas standard termékek ára már 2-3 USD-re csökkent. Ezek az olcsóbb termékek azonban – noha jobbak a hagyományosaknál – az alacsonyabb árért kisebb fényhasznosítással, rövidebb élettartammal, gyengébb fényeloszlással és/vagy rosszabb színminőséggel fizetnek. A LED-termékek azonban még a valamivel magasabb árak dacára is nyilvánvaló módon csökkentik a teljes tulajdonlási költségeket, ha figyelembe vesszük a termékekkel kapcsolatos energia- és karbantartási költségeket.

• **Megebízhatóság** – A LED-es világítás-technikai termékek egyértelműen jóval nagyobb megbízhatóságúak a hagyományos világítástechnológiáknál, noha az egyes LED-termékek a felhasznált olcsóbb anyagok, konstrukciók vagy gyártási eljárások okán esetleg nem elégítik ki a felhasználó megbízhatósággal kapcsolatos elvárásait. A LED-technológia hosszú élettartamához új technikákra van szükség az

élettartam megbecsléséhez és kommunikálásához. A LED-ek élettartamának megadásához a 70%-os fényáram-csökkenési pontot használják. Ez a pont azonban csak a LED-fényforrás paramétercsökkenését veszi számításba és nem vesz figyelembe más, akár valószínűbb meghibásodási okot – például a tápegység meghibásodását. (l. részletesebben a 3.1.3 fejezetben.)

• **Kompatibilitás** – A szilárdtest-világítási termékek első generációjának kompatibilisnek kell lennie a meglévő épületi infrastruktúrával és vezérlőkkel, hogy lehetővé tegyék a technológia gyors elfogadását, hogy gyorsabban megkedveljék a fogyasztók és növelni lehessen komfortjukat. A LED-termékeknek azonban különböző a fényszintjük, az optikai eloszlásuk és színminőségük, ami bonyolíthatja a lecserelési folyamatot. Ezenkívül esetleg nem is kompatibilisek az összes meglévő dimmerrel vagy tápegységgel (előtéttel). Végül is olyan új formátványzókat és világítási elrendezéseket fognak bevezetni, amelyek jobban illeszkednek a technológiához az alkalmazások előnyeinek maximalizálása és az energiamegtakarítás növelése érdekében. A DOE Szilárdtest-világítási K+F programja segítségével a Pacific Northwest National Laboratory (PNNL) kutatói a GATEWAY program felhasználásával a LED-világítás kompatibilitásának számos aspektusát megvizsgálták, beleértve a dimmereket, a vezérlőket és az általános kompatibilitást is. (<https://energy.gov/eere/ssl/gateway-demonstration-special-reports>). A GATEWAY program javítja a fogyasztói bizalmat és ösztönzi az elfogadást azáltal, hogy dokumentálja az szilárdtest-világítási technológia egyes aspektusait, amelyek a technológia potenciális felhasználói számára információforrással szolgálnak.

• **A technológia megértetése és a bizonytalanság** – Számos olyan szituáció adódott, ahol a LED-világításnak a környezetre, az esztétikai megjelenésre vagy az élettani funkciókra kifejtett hatásával kapcsolatos aggodalmak késleltették vagy el is lehetetlenítették a szilárdtest-világítási rendszerek felszerelését. Spektrális és optikai vezérlésével azonban egyedül a LED-es az egyetlen olyan világítástechnológia, amelyet optimalizálni lehet a környezeti hatások minimalizálása és a negatív fiziológiai hatások mérséklése érdekében. Az aggodalmak enyhítéséhez és a megfelelő termék kiválasztásához e szempontok jobb megértésére van szükség az alkalmazások szintjén. A LED-világítás rugalmasságát kínálja a világítási teljesítőképesség megőrzéséhez vagy javításához, miközben energiamegtakarításról is gondoskodik.

Noha ezek az akadályok hátráltathatják az elfogadást, a LED-es világítástechnológia gyorsan növeli a piaci részesedését, hiszen nem reprezentálnak alapvető korlátozásokat a szilárdtest-világítási technológia számára, inkább egyfajta normális ellenállást jelentenek egy nagy, jól körülbástyázott piac megzavarásával szemben. Mivel a LED- és az OLED-technológia tovább javul és „érik”, ezeknek a korlátoknak a jelentősége egyre inkább csökkenni fog.

2.3 Gyártás és munkahelyek az Egyesült Államokban

Az Egyesült Államok fontos szerepet játszik a világ világítástechnikai gyártásában, amióta csak Thomas Edison 1890-ben megalapította az Edison General Electric vállalatot, amely azután két évvel később összeolvadt a Thomson-Houston Company-val, létrehozva a mai General Electric-et [5]. Az Egyesült Államok világítástechnikai ipara születésétől kezdve valamennyi világítástechnológiával foglalkozik – az izzólámpától a kompakt fénycsővekig, a lineáris fénycsővektől a nagyintenzitású kisülőlámpákig –, és most az ipar ismét változik, tolódik a szilárdtest-világítás felé.

2.3.1 Belföldi világítástechnikai gyártás

A DOE 2017-ben a kaliforniai Long Beach-en megrendezett szilárdtest-világítási workshopjának volt egy „Gondolkodjunk előre a hazai szilárdtest-világítási gyártásról” című szekciója is, amely összehozta a vezető amerikai gyártókat, hogy megvitassák, miként pozícionálják magukat a jövőben. A gyártók közötti közös kapocs az volt, hogy a LED-világítás oly sok választást tett lehetővé – pl. a CRI színvisszaadási index, a CCT korrelált színhőmérséklet, a fényszabályozás, a színárnyalatok beállítása, a csatlakoztatás stb. tekintetében –, és hogy kielégíthessék a vevői elvárásokat, képeseknek kell lenniük arra, hogy gyorsan előállítsák pontosan azt, amire a vevőknek szükségük van. A szekcióban résztvevő gyártók különböző módon közelítették meg ezt a problémát, de az általános trend az, hogy egyedi, adott vevői megrendelésekre szabott világítási rendszereket kell készíteni. Ez a megközelítés előnyös az amerikai piacot ellátó hazai gyártók számára, mivel ehhez az kell, hogy a lámpatest-gyártás a végfelhasználó közelében történjen.

2.3.2 Az amerikai világítástechnikai gyártás állapota

A DOE szilárdtest-világítási K+F programja hamar felismerte, hogy koncentrált

fellépés nélkül az Egyesült Államoknak a szilárdtest-világítási technológiában betöltött vezető szerepe nem fog szükségképpen megjelenni a hazai gyártási tevékenységekben és munkahelyekben. 2009-ben a DOE kezdeményezte a haladó szilárdtest-világítási gyártás kutatás-fejlesztésének támogatását, amely idővel belekerült az évente megrendezett szilárdtest-világítási K+F megbeszélések napirendjébe, és egy évente frissített szilárdtest-világítási K+F ütemtervet adott ki. (2015 óta a szilárdtest-világítási workshop beleolvadt az éves szilárdtest-világítási K+F workshopba, és a szilárdtest-világítási gyártási ütemterv frissítéseit a jelen dokumentum tartalmazza. A 2014. augusztusi végleges szilárdtest-világítási gyártási K+F ütemterv a következő címen található: https://www1.eere.energy.gov/buildings/publications/pdfs/ssl/ssl_mf_g_roadmap_aug2014.pdf.) A DOE szilárdtest-világítási K+F programja 2009 óta számos olyan fejlett gyártási K+F projektet támogatott, amely új gyártóeszközök, új gyártási eljárások és új szilárdtest-világítási termékek kifejlesztését tette lehetővé. A DOE szilárdtest-világítási programja szilárdtest-világítási K+F-re vonatkozó részének célja a szilárdtest-világítási termékek költségének csökkentése, termékkonzisztenciájuk javítása és a hazai szilárdtest-világítási gyártási infrastruktúra és olyan gyártási képességek ösztönzése, amelyek támogatják a hazai gyártást és munkahelyteremtést. Napjainkban a DOE szilárdtest-világítási K+F programjának segítségével az Egyesült Államok igen versenyképes a szilárdtest-világítási termékek tervezése és gyártása terén [6]. A folyamatban lévő támogatás segíteni fog abban, hogy az USA megőrizze vezető szerepét a szilárdtest-világítási technológia terén, ami növelni fogja a nagy értékű szilárdtest-világítási termékek gyártását az Egyesült Államokban.

A LED-chipek és LED-csomagok szintjén a két legjelentősebb gyártó világviszonylatban is az Egyesült Államokban van: a Cree és a Lumileds. Amíg ezek a gyártócégek a tokozási tevékenységük túlnyomó részét az Egyesült Államokon kívül végzik, a nagy értékű termékeik teljesítőképességét meghatározó gyártási folyamatokat – a LED-lapok szerves fémgőzleválasztással (MOCVD) végzett kristálynövesztése – az Egyesült Államokban történik. Ez a folyamat érzékeny, szabadalmi oltalom alatt álló lépéseket tartalmaz, így a szabadalmi oltalom elvesztése erodálhatná a hazai LED-gyártók által élvezett versenyelőnyt a LED-ek fényhasznosítása és a gyártási kihatás terén. A félvezetők

tokozásának ellátólánca és infrastruktúrája már évtizedek óta szilárd módon Ázsiában van. A LED-tokozáshoz szükséges speciális eljárások technológiai fejlesztései – különösen az automatizált lapkaszintű csomagolás terén – elősegíthetnék azt, hogy a LED-csomagolás is az Egyesült Államokba kerüljön, de e technológiák fejlesztéséhez áttörésekre lenne szükség a K+F terén.

A legnagyobb hazai világítástechnikai gyártók közül sokan gyártósoraik termelését teljesen átváltják szilárdtest-világítási technológiára. Ehhez a váltáshoz az szükséges, hogy alkalmazottaik a fémmegmunkáláshoz és az eddigi gyártási készségeikről az elektronikára, az optikára, a hőelvezetésre és a rendszerintegrációra váltsanak át. A csatlakoztatott világítás további bevezetésével szoftverekkel, áramkörtervezéssel és kommunikációs protollokkal kapcsolatos ismeretekre is szükségük van a tervezéssel és gyártással foglalkozó alkalmazottaknak. Az Egyesült Államokban mindig is volt egy jelentős csoport a kisebb lámpatestgyártókból, akik jelen voltak a világítástechnikai piacon a legnagyobb gyártók mellett. Amint a LED-ek stabilizálódnak és beérnek, ezek a vállalatok készen beszerezhető LED-csomagokkal és modulokkal folytathatják a lámpatest-termékek fejlesztését. A LED-es világítástechnológia lehetőséget teremt a kisebb lámpatest-gyártóknak arra, hogy specializált és differenciált világítástechnikai termékeket fejlesszenek ki a világítási piac szinte korlátlan számú kis szegmensé számára.

A szilárdtest-világítási technológia és az alkalmazások új lehetőségeinek (pl. csatlakoztatott világítás, kertészeti világítás és fiziológiai válaszokkal összefüggő világítás) megjelenésével nagyobb gyártási kapacitásra és e területekkel kapcsolatos szaktudással rendelkező világítástechnikai szakemberekre lesz szükség. A szilárdtest-világítás néhány éven belül várhatóan meghatározó világítástechnológiává válik, és a gazdaság világítási szektorában valamennyi munkahely szilárdtest-világítási lesz. 2015-ben úgy becsülték, hogy 327 288 embert fognak foglalkoztatni „hatékony világítással” kapcsolatos munkakörben az Egyesült Államokban [7].

[5] GE: „Thomas Edison & the History of Electricity”, (<https://www.ge.com/about-us/history/thomas-edison>)

[6] DOE SSL Program: „DOE Solid-State Lighting Program: Modest Investments, Extraordinary Impacts”, 2017. jan. (https://energy.gov/sites/prod/files/2017/01/f34/ssl-overview_jan2017.pdf)

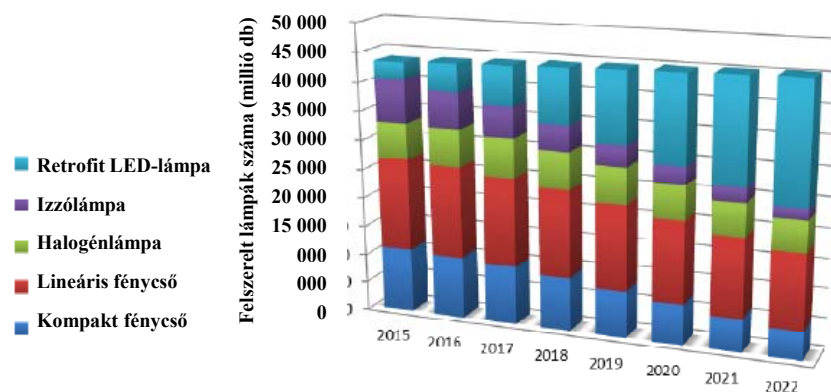
[7] BW Research: „U.S. Energy and Employment Report”, Department of Energy, 2016

A szilárdtest-világítási technológiára való piaci áttéréssel azonban a „hagyományos” és az „energiatakarékos” világítási feladatok közötti különbség többé már nem fog fennállni. E munkakörökbe már nem csupán a terméktervezési és gyártási, hanem a világítástervezési, a specifikációs, a beszerzési és az értékesítési szakma is beletartozik.

2.4 A környezet fenntarthatósága

A szilárdtest-világítási rendszerek nagyobb hatékonysága az előrejelzések szerint jelentős mennyiségű energiát fog megtakarítani, amint az a 2.9 ábrán látható. E megtakarításoknak közvetlen jótékony hatása lesz az Egyesült Államok energia-költség-megtakarítására és az energiabiztonság javulására [8]. Ezenkívül a spektrum, az optikai eloszlás és a kibocsátott fényerősség szabályzásának új lehetőségei minimalizálhatják a mesterséges világításnak az ökoszisztémára kifejtett hatását.

A DOE támogatásával 2013-ban elvégzett életciklus-elemzés (LCA) azt mutatta, hogy a LED-termékek a hagyományos világítással összehasonlítva csökkentik az életciklus alatti teljes energiafelhasználást, ideértve a termék gyártása, szállítása és használata alatti energiafogyasztást [8]. A LED-ek fényhasznosításában és élettartamában tapasztalható folyamatos javulás durván meg fogja felezni az életciklus alatti energiafogyasztást az öt évvel ezelőtti LED-termékekéhez képest. Az LCA tanulmány azt is kimutatta, hogy a szilárdtest-világítás anélkül képes csökkenteni a világításra fordított energiát és fenntartani a teljesítményképeségi szinteket, hogy nagymennyiségű mérgező vagy korlátozott mennyiségben előforduló anyagot használjon fel. (A LED-ek drámai módon képesek csökkenteni a világításhoz használt ritkaföldfémeket a DOE „Kritikus anyagok stratégiájával” összhangban (http://energy.gov/sites/prod/files/DOE_CMS2011_FIN_AL_Full.pdf)). A LED-ekhez és OLED-ekhez a fénycsöves világítástechnikával szemben nincs szükség higanyra vagy ólomra, és sokkal hatékonyabban tudják hasznosítani a ritkaföldfémeket. A DOE LCA tanulmánya azt is kimutatta, hogy a levegőre, az erőforrásokra, a vízre és a talajra kifejtett hatások tekintetében a LED-alapú szilárdtest-világításnak messze kisebb a negatív hatása, mint a hagyományos világításnak, és a LED-technológia javulásával ez a hatás kisebb lesz a kompakt fénycsövekénél is. Az LCA tanulmány arra a következtetésre jutott, hogy a LED-alapú szilárdtest-világítás már a világítás fenntarthatóságában is előrelépést



2.2 ábra – A világszerte felszerelt lámpafoglatok alakulása világítástechnológiák szerint – (Forrás: Philip Smallwood, Strategies Unlimited, Strategies in Light, Anaheim, Kalifornia, 2017. március [2])

Alkalmazási terület	LED-ek részaránya 2016-ban (%)	Felszerelt LED eszközök* (millió db)	Energiamegtakarítás 2016-ban (Tbtu)
Izzólámpabúrák	13,5	436	99,1
Dekorációs	6,7	58,9	10,3
Írányított fényű	15,3	82,4	37,9
Írányított fényű, kis típusok	47,6	21,0	35,6
Mélyszugárzók	19,8	137	92,5
Lineáris lámpatestek	6,0	68,0	62,0
Csarnokvilágítók	9,4	8,6	46,4
Teljes beltéri világítás	12,3	812	384
Útvilágítás	28,3	12,5	14,9
Parkoló garázsok	32,5	8,5	14,4
Parkolók	26,2	7,1	18,6
Épületek külső világítása	31,2	18,1	14,0
Teljes kültéri világítás	29,7	46,1	61,9
Egység	7,7	15,6	12,4
Csatlakoztatott vezérlések	<0,1	4,0	11,4
Mindösszesen**	12,6	874	469

2.3 táblázat – Felszerelt LED-lámpák és energiamegtakarítások alkalmazások szerint

(Forrás: DOE SSL Program Adoption of Light Emitting Diodes in Common Lighting Applications, 2017. aug. [16])

*A felszerelt darabszámok a 2016-ban felszerelt LED-lámpák és LED-es lámpatestek teljes számát mutatják.

**Kerekített értékek

jelent, és az előnyök tovább fognak növekedni, amint a hatékonyság tovább javul. Bár a LED-alapú szilárdtest-világítási termékek már bizonyítják a jobb fenntarthatóságot, újabb erőfeszítéseket lehet tenni a környezeti hatások további korlátozása érdekében. Az alábbiakban bemutatunk a LED-es világítástechnikai iparban folyó néhány kezdeményezést:

- **Az éjszakai fények ökológiai hatásainak csökkentése.** Például a LED-termékek spektrumának beállítása lehetővé tette a kültéri világítás olyan beállítását, amely minimalizálja a tengeri teknősök keltetésének megzavarását (<http://www.myfwc.com/wildlifehabitats/managed/sea-turtles/lighting/>). A fény optikai eloszlásának vezérlése szabályozóeszközök használatával együtt minimalizálhatná az éjszakai fények vándorlómadarakra kifejtett hatását is, amelyeket megzavar az éjszakai világítás. A fény állatokra gyakorolt hatásainak további tisztázása és a LED-termékek egyéb lehetőségeinek feltérképezése érdekében a DOE 2016. áprilisában állatokkal

foglalkozó kutatók, LED technológusok és a fény hatásait kutató szakemberek részvételével megbeszélést szervezett, hogy megvitassák az állatok reakcióját a fényre. A megbeszélésről összefoglaló jelentés készült (<https://energy.gov/eere/ssl/downloads/2016-animal-responses-light-meeting-report>).

- **A kültéri világításból származó fényszennyezés minimalizálása.** A DOE szilárdtest-világítási K+F programja nemrégiben közzétett egy tanulmányt „A LED-es útvilágításnak az égbolt parázslására kifejtett hatásának vizsgálata” címmel (https://energy.gov/sites/prod/files/2017/05/f34/2017_led-impact-sky-glow.pdf). A jelentés elemezte a tipikus LED-es útvilágítás spektrális energiasűrűsége, a teljes fény és a tipikus útvilágításból felfelé kibocsátott fény mennyiség csökkenté-

[8] DOE SSL Program: „Life-Cycle Assessment of Energy and Environmental Impacts of LED Lighting Products”, 2013. ápr. (http://apps1.eere.energy.gov/buildings/publications/pdfs/ssl/lca_factsheet_apr2013.pdf)

sének hatását az égbolt parázslására. A jelentős azt találta, hogy noha a széles (fehér) spektrumú világítás jobban szétterül az atmoszférában, a LED-technológia által lehetővé váló kisebb fényerősségek és a felfelé irányuló fénykibocsátás kiküszöbölése látható módon csökkenti az égbolt parázslását.

• **„Anyagtalanítás”, avagy a szilárdtest-világítási termékekhez felhasznált anyagok mennyiségének csökkentése.** Átgondolt, új tervezéssel megvan a lehetőség a LED-ekhez szükséges anyagok csökkentésére – különösen az energiaigényesek, például az alumínium esetén.

• **A termék életciklusának megértése,** hogy lehetővé váljon a lámpatestek vagy az alkatrészek újbóli felhasználása, újrahasznosítása vagy visszanyerése a termék élettartamának végén [9].

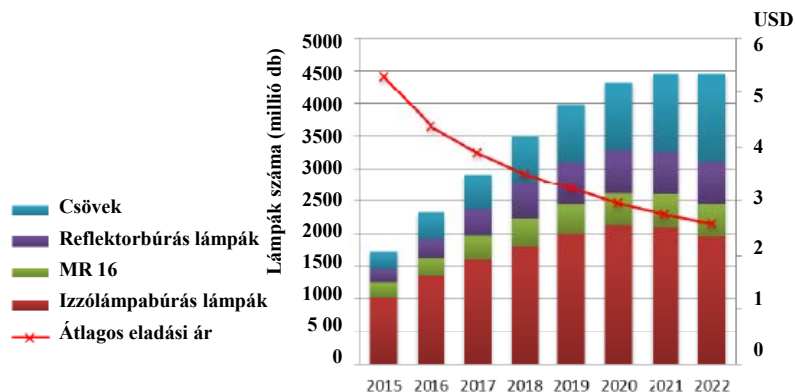
• **A gyártás hatékonyságának javítása** a kihozatalok javításával, az anyagok hasznosításával és a berendezések energia-kihasználásával.

2.5 A világpiac

A szilárdtest-világítási termékek óriási globális lehetőségekkel rendelkeznek. Az energiaárak növekedése és az energiafüggetlenség iránti óhaj okán a globális világítástechnikai piac az energiahatékony fényforrások felé toldódik el. A világítástechnikai ipar még a feltörekvő gazdaságokban is – például Indiában – már szinte teljes mértékben a szilárdtest-világítással kapcsolatos K+F tevékenységre és új gyártólétesítményekre koncentrál. A LED-ek fogyasztói elfogadása a fényminőségben bekövetkezett javulásoknak és az árcsökkenéseknek köszönhetően növekedett. Számos vezető világítástechnikai vállalat arról számolt be, hogy bevételeiknek több mint 50%-át a LED-lámpák és a LED-es lámpatestek reprezentálják – köztük pl az Acuity Brands (67%), az OSRAM (65%), a Philips (61%), a Hubbell (55%) és a Zumtobel (73%) [10] [11] [12] [13] [14]. A Strategies Unlimited úgy becsülte, hogy 2016 végére a világsszerte felszerelt lámpafoglalatok 11%-ába LED-lámpák kerültek. Amint az a 2.2 ábrából látható, becsléseik szerint 2022-re ez a szám el fogja érni az 50%-ot [2].

A 2.3 ábra a LED-lámpák lámpatípusonkénti értékesítésének várható növekedését és átlagos eladási árak várható csökkenését mutatja.

Az átlagos eladási árak csökkenése miatt a LED-lámpák értékesítéséből származó bevételek várhatóan 2019-ben 12 milliárd USD körüli csúcsot fognak elérni. Az eladott darabszámokban várható csúcs



2.3 ábra – Globális LED-lámpaszállítások lámpatípusok szerint

(Forrás: Philip Smallwood, Strategies Unlimited, Strategies in Light, Anaheim, Kalifornia, 2017. márc. [2])

Alkalmazási területek

Kiskereskedelem

Vendéglátás

Lakossági fogyasztás

Architekturalis világítás

Egészségügyi intézmények

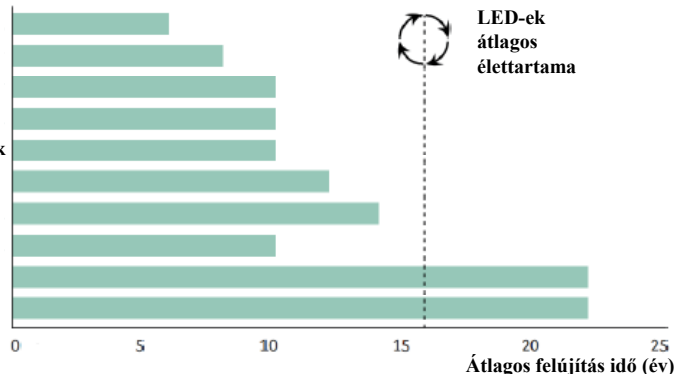
Irodák

Ipari létesítmények

Lakások

Út- és utcavilágítás

Sportlétesítmények



2.4 ábra – A világítási alkalmazások felújítási ciklusai – A LED-ek hosszú élettartama a piacot a LED-es lámpatestek – irányába tolja el – A felújítási ciklusok fontosabbá válnak, mint a technológia élettartama (Forrás: Boston Consulting Group, „How to Win in a transforming Lighting Industry”, 2015. nov. [15])

tükrözi a hosszabb élettartamot. A 2.4 ábra azt mutatja, hogy a LED-ek üzemi élettartama a legtöbb alkalmazási területen most hosszabb a világítási rendszerek átlagos felújítási időtartamánál.

A fényforrások és lámpatestek piacain zajló intenzív áverseny sok vállalatot arra kényszerített, hogy komplett világítási rendszereket és szolgáltatásokat kezdjen el kínálni. A Boston Consulting Group elemzése a 2.5 ábra szerinti előrejelzésben azonban azt mutatja, hogy a lámpatestek értékesítése 2020-ig a legnagyobb bevételi forrás marad, és a szilárdtest-alapú lámpatestek fogják dominálni [15].

A Strategies Unlimited szerint az általános világítási alkalmazásokra szánt LED-csomagokból származó bevételek 2016-ra 7%-kal, 5,7 milliárd USD-re nőttek, míg a LED-es világító feliratok értékesítése 8%-kal, 2,2 milliárd USD-re, a gépjárműveknél felhasznált LED-lámpáké pedig 9%-kal, 2,1 milliárd USD-re emelkedett. E három alkalmazási terület piacai 2021-ig növekedni fognak, amint az a 2.6 ábrából látható [2].

[9] C. Chipkatti: „SSL Systems: Opportunity for Sustainability Beyond Energy Savings”, DOE SSL Technology Development Workshop, Portland, OR, 2015

[10] Acuity Brands: „Acuity Brands Reports Fiscal 2017 Second Quarter Results”, 2017. ápr. 4. (<http://phx.corporate-ir.net/phoenix.zhtml?c=130194&p=irol-newsArticle&ID=2259665>)

[11] OSRAM: „Growth Momentum Continues in the Second Quarter”, 2017. máj. 3. (http://www.osram-group.com/~media/Files/Osram/Investor%20Relations/Quarterly%20Results/2017_Q2/osram-2017-q2-earnings-release.pdf)

[12] Philips Lighting: „Philips Lighting reports improvement in comparable sales growth, continued increase in operation profitability and free cash flow”, 2017. ápr. 21. (http://www.lighting.philips.com/static/quarterlyresults/2017/q1_2017/philips-lighting-first-quarter-results-2017-report.pdf)

[13] U.S. Department of Energy: „SSL Postings”, 2017. márc. 22. (https://energy.gov/sites/prod/files/2017/03/f34/postings_03-22-17.pdf)

[14] Zumtobel Group AG: „Q1-Q3 2015/16 Results”, 2017. márc. (https://www.zumtobelgroup.com/download/Zumtobel_Group_AG_Q3_Report_16_17_EN.pdf)

[15] Boston Consulting Group: „How to Win in a Transforming Lighting Industry”, 2015. nov. (<https://www.bcgperspectives.com/Images/BCG-How-to-Win-in-a-Transforming-Lighting-Industry-Nov-2015.pdf>)

[16] DOE SSL Program: „Adoption of Light-Emitting Diodes in Common Lighting Applications”, 2017. aug. (https://energy.gov/sites/prod/files/2017/08/f35/led-adoption-jul2017_0.pdf)

2.5.1 Egyesült Államok

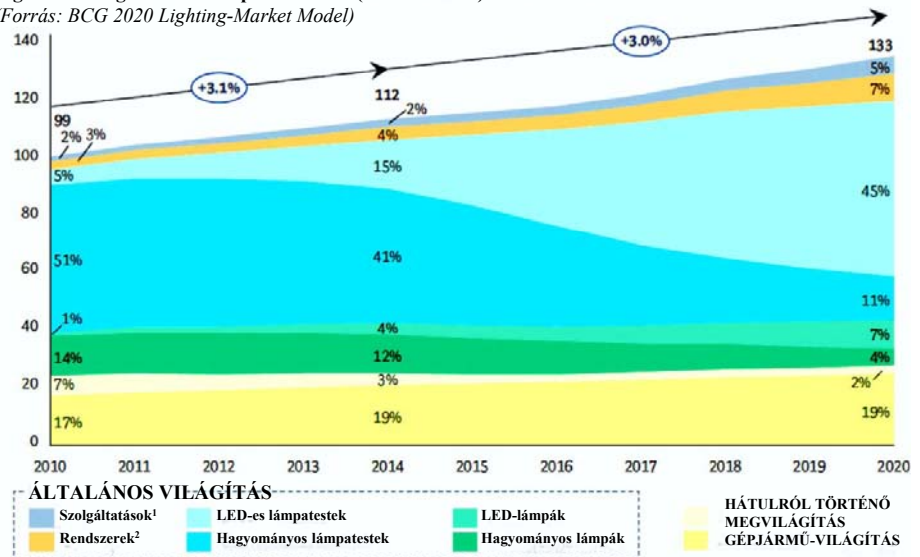
A DOE szilárdtest-világítási programja számos olyan elemzést támogat, amelyek az a célja, hogy megvizsgálja a szilárdtest-világításnak az USA világítástechnikai piacára gyakorolt hatását. A DOE minden évben váltakozva jelentet meg „pillanatfelvételt” a felszerelt LED-ek jelenlegi helyzetéről (legutóbb 2017. augusztusában „A fényemittáló diódák elfogadása a szokásos világítási alkalmazások területén” címmel) és az USA jövőbeli világítástechnikai piacára vonatkozó előrejelzést (legutóbb, a 2016. szeptemberében kiadott „A szilárdtest-világítás energiamegtakarítási előrejelzései az általános világítás területén” címmel). Mindkettő szolgál inputokkal a másik számára. Noha az USA világítástechnikai piacról magas szintű áttekintést nyújtunk a következőkben, érdemes elolvasni a teljes jelentést is a következő címen: <http://energy.gov/eere/ssl/market-studies>.

Helyzet

2016 végére összesen 874 millió LED-es rendszert szereltek fel az Egyesült Államokban, több mint kétszer annyit, mint 2014-ben. Ez 469 trillió Btu energiamegtakarítást eredményezett, ami kb. évi 4,7 milliárd USD költségmegtakarításnak felel meg [16]. A 2.3 táblázat részletesen ismerteti a felszerelt rendszereket és az alkalmazások szerinti energiamegtakarításokat. A legutóbbi fejlődés dacára, hosszú utat kell még megtenni, amint azt a 2.7 ábra mutatja. Majdnem valamennyi beltéri alkalmazás 20%-nál alacsonyabb LED-részarányt mutat, a lineáris és csarnokvilágító lámpatesteknél pedig ez az arány kisebb mint 10%.

Több mint 3 milliárd A-típusú búraba szerelt típusával az általános világítási lámpák az Egyesült Államokban felszerelt összes fényforrásnak közel a felét teszik ki, a felszerelt fényforrások nagy száma azonban nem jelenti szükségképpen közvetlenül a legjobb lehetőséget az energiamegtakarításokra. Amint az a 2.8 ábrából látható, az energiamegtakarítási lehetőség függ a felszerelt világítási rendszerek számától, üzemeltetési idejétől és a LED-ek által a velük összehasonlítható meglévő világítástechnológiákhoz képest kínált nagyobb fényhasznosítástól. Emiatt az olyan alkalmazások mint például a lineáris lámpatestek és a kereskedelmi és ipari létesítményekben elterjedten használt és hosszú élettartamú csarnokvilágítók alacsonyabb számuk ellenére hasonló vagy nagyobb energiamegtakarítást jelentettek, mint az A-típusú búrájú lámpák 2015-ben (1,1

A globális világítástechnikai piac bevétele (milliárd USD)
(Forrás: BCG 2020 Lighting-Market Model)



Megjegyzés: A LED-es lámpatestekben használt LED-es elektronika szerepel a LED-es lámpatestek teljes piaci értékesítésében, a fizikai jellegű szolgáltatások azonban nem.

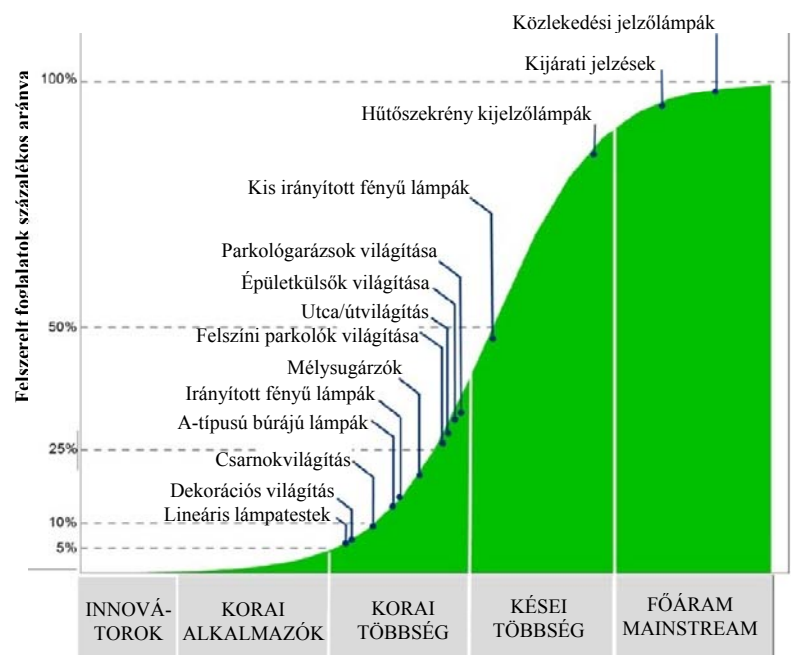
¹A szellemi jellegű (pl. adattechnológiai és rendszerintegrációs) szolgáltatásokat beleértve

²Csak a rendszer hozzáadott értékét tartalmazza, a rendszerben lévő lámpákat és lámpatesteket nem.

2.5 ábra – A világítás globális bevétele 2010 és 2020 között

(Forrás: Boston Consulting Group: „How to Win in a Transforming Lighting Industry”, 2015. nov. [15])

2.6 ábra – A LED-csomagok 2016 és 2021 közötti értékesítési bevételei és összesített éves növekedési rátája (CAGR) alkalmazási területek szerint (Forrás: Philip Smallwood, Strategies Unlimited Strategies in Light, Anaheim, Kalifornia, 2017. márc. [2])



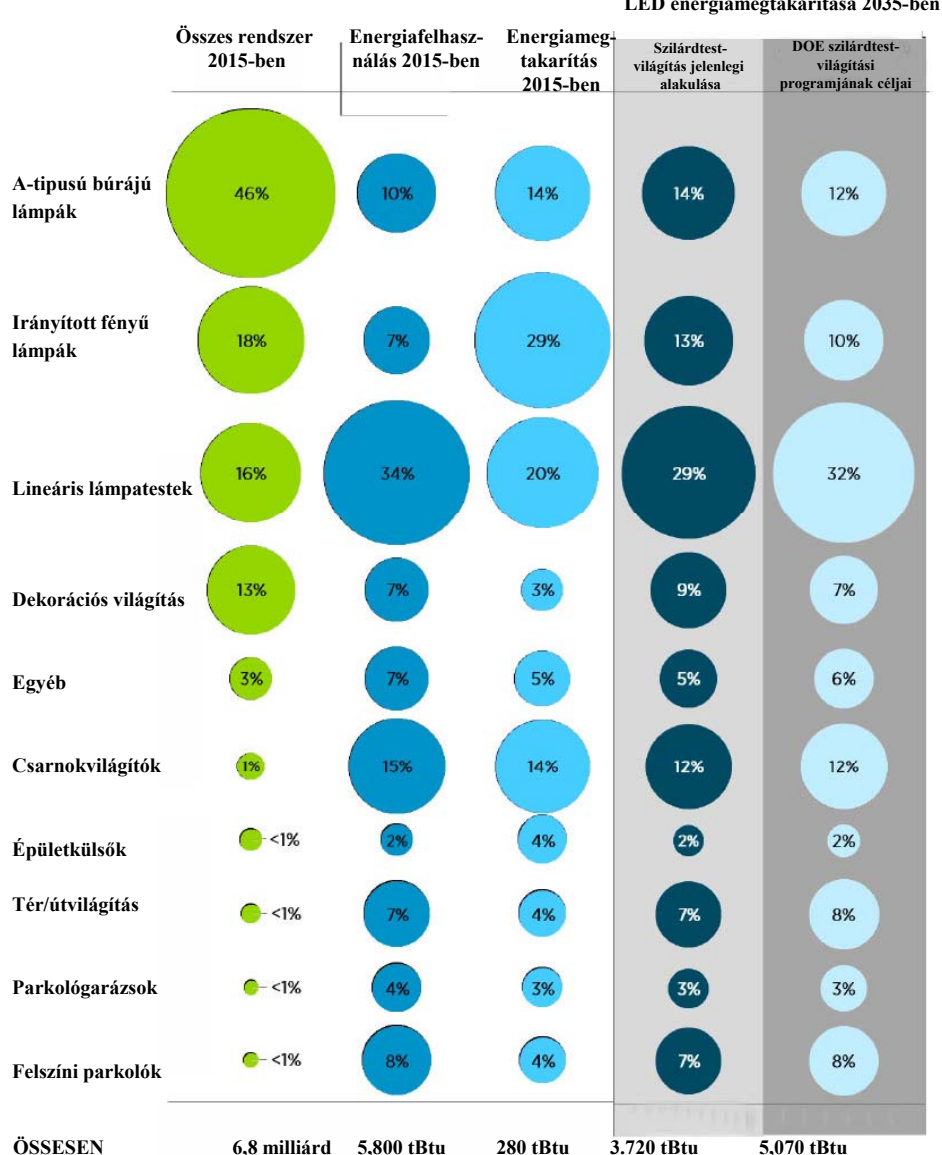
2.7 ábra – A LED-es világítás százalékos részesedése a különböző alkalmazási területeken (Forrás: DOE SSL Program, Adoption of Light Emitting Diodes in Common Lighting Applications, 2017. aug. [16])

milliárd, illetve 90 millió darab a 3 milliárd darabbal összevetve), és kisebb volt esetükben a LED-ek részaránya is (3,2%, ill. 3,7% a 6,0%-hoz képest). A lineáris és csarnokvilágító lámpatestekkel felépített rendszerek várhatóan jelentősen hozzájárulnak a jövőbeli LED-es energiamegtakarításhoz (részletesen l. a következő fejezetben), ezért a program kulcsfontosságú alkalmazásaként azonosította őket.

Előrejelzés

A LED-ek alkalmazására vonatkozó előrejelzések az Egyesült Államokra nézve hasonlóak a globális előrejelzésekhez, amelyek szerint a LED-ek kis, de növekvő részesítést tesznek ki a világítási piacnak. A DOE 2016-os szilárdtest-világítási előrejelzése szerint a szilárdtest-világítás 2035-re az Egyesült Államokban felszerelt világításoknak akár 86%-át is elérheti [1]. A DOE szilárdtest-világítási forgatókönyve a DOE szilárdtest-világítási célkitűzéseinek eléréséből származó agresszív ár- és paraméter-előrejelzéseken alapulnak. 2035-re a DOE szilárdtest-világítási programja célkitűzéseinek elérése évi összesen 5,1 kvadrillió Btu energiamegtakarítást eredményezne [1]. Amint az a 2.9 ábrából látható, ez 75%-kal nagyobb energiamegtakarítást reprezentál a szilárdtest-világítás nélküli forgatókönyvhöz képest.

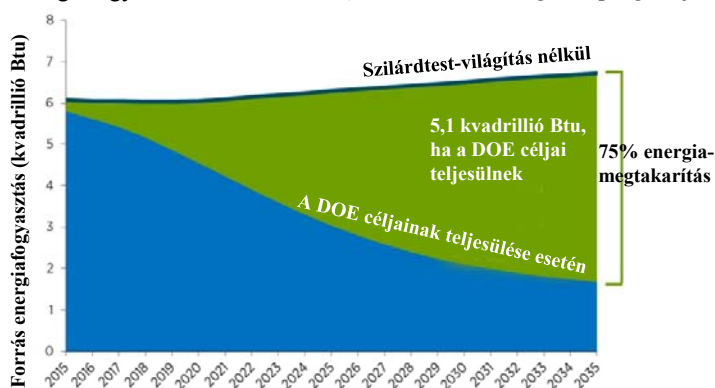
A 2.10 ábra a 2015 és 2035 közötti halmozott energiamegtakarításokat mutatja a jelenlegi helyzet és a DOE szilárdtest-világítási programjának célkitűzéseire alapuló forgatókönyv esetén. Ha a DOE szilárdtest-világítási programjának célkitűzése teljesülnek, a LED-ek 2035-re 20 kvadrillió Btu energiamegtakarítást elérését tennék lehetővé, amely az Egyesült Államok otthonai egy éves energiaigényének 90%-át tudnák fedezni. Ez is mutatja, hogy a szilárdtest-világítás páratlan lehetőséget kínál az elektromos energiafogyasztás csökkentésére, s ezáltal



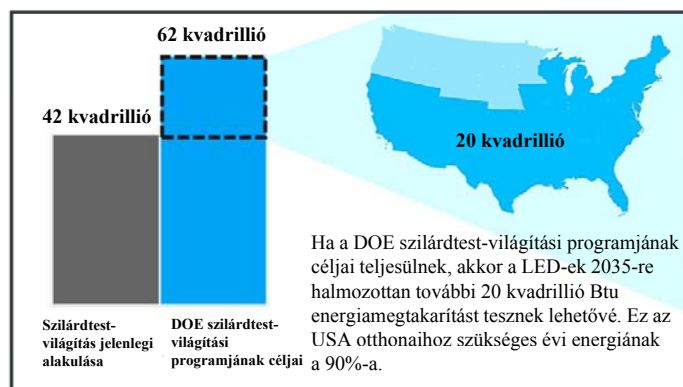
2.8 ábra – A felszerelt világítási rendszerek, az energiafogyasztás és a LED-ek energiamegtakarítása az Egyesült Államokban 2015-ben (Forrás: DOE SSL Program: „Energy Savings Forecast of Solid-State Lighting in General Illumination Applications”, 2016. szept. [1])

pénz megtakarítására és a lakások energia-biztonságának javítására. Azt is mutatja, hogy milyen fontosak a DOE szilárdtest-világítási programjának K+F prioritásai és

mérőföldkövei ahhoz, hogy segíteni lehessen az agresszív ár- és teljesítő-képesség-javulást.



2.9 ábra – A DOE szilárdtest-világítási programjának energiamegtakarítási előrejelzése az Egyesült Államokra 2015 és 2035 között (Forrás: DOE SSL Program: „Energy Savings Forecast of Solid-State Lighting in General Illumination Applications”, 2016. szept. [1])



2.10 ábra – Az Egyesült Államok halmozott becslált energiamegtakarítása 2015 és 2035 között (Forrás: DOE SSL Program: „Energy Savings Forecast of Solid-State Lighting in General Illumination Applications”, 2016. szept. [1])

MELLÉKLET

6.1 táblázat – A LED-ek alkalmazás szerint felosztott al-piacainak összefoglalója illusztrációkkal [16]

Alkalmazás	Típus	Leírás	Példák
A-típusú búrájú lámpák	Lámpa	E27 fejű, A-típusú búrájú lámpa	
Dekorációs világítás	Lámpa és lámpatest	Gömb, gyertya, láng formájú, globe és bármilyen más dekorációs búraforma, ill. beépített csillárak, egyágú függesztékek falikarok, lámpások és rejtett világítás	
Irányított fényű világítás	Lámpa és lámpatest	Reflektor- (R), domború reflektor- (BR), parabolikus reflektor (PAR) lámpák, ill. sínlámpák és beépített sínes lámpatestek	
Kis méretű irányított fényű lámpák	Lámpa	Multifezettás reflektor- (MR) lámpák	
Mélyugárzók	Retrofitkészlet és lámpatest	Mélyugárzó retrofitkészletek és beépített mélyugárzók	
Lineáris lámpatestek	Lámpa, retrofit-készlet és lámpatest	T12, T8 és T5 fénycsövek helyettesítői, ill. a hagyományos fénycsöves lámpatestek (tükrös-rácsos lámpatestek, függesztékek, Fényszalagok és szekrény alatti lámpatestek)	
Csarnokvilágítók alacsony és magas helyiségekhez	Lámpa és lámpatest	Nagyteljesítményű retrofitlámpák és beépített csarnokvilágítók	
Egyéb beltéri világítás	Nincs megkülönböztetés	Különleges fejű (pl. fűzér lámpákhoz, mini kétfejű lámpákhoz stb. alkalmas) típusok, hordozható, speciális és tartalékvilágítási (fehér fényű) lámpatestek, fényfüzérek és fényszalagok	
Felszíni parkolók	Lámpa és lámpatest	Nagyteljesítményű retrofitlámpák és felszíni parkolóban és parkológarázsok felső szintjén használt lámpatestek	
Parkológarázsok	Lámpa és lámpatest	Retrofitlámpák és -lámpatestek fedett parkológarázsokhoz	
Utak, utcák világítása	Lámpa és lámpatest	Retrofitlámpák és -lámpatestek utca- és útvilágítási alkalmazásokhoz	
Épületkülsők világítása	Lámpa és lámpatest	Homlokzatokba felszerelt, spot-, architektúrális, fényár- és falilámpák, poller (bollard) és lépcső/járda-világítók – a napelemes termékek kivételével	
Egyéb kültéri világítás	Nincs megkülönböztetés	Lámpák és lámpatestek feliratok, stadionok, fehér hirdetőtáblák és repülőterek világítására	

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

HOLUX Központ és Mérnökiroda Tel.: (06 1) 450 2700 Fax: (06 1) 450 2710

HOLUX Vevőszolgálat Tel.: (06 1) 450 2727 Fax: (06 1) 450 2710

HOLUX Üzletház Tel.: (06 1) 450 2718 Fax: (06 1) 320 3258

HOLUX Fényszaküzlet Kőrmend 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

Minőségirányítási
rendszerA MEE Világítástechnikai Társaság
tagja

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.