Világítástechnikai évkönyv 2020-2021

MEE Világítástechnikai Társaság
Magyar Világítástechnikáért Alapítvány

Szerkesztette:
Némethné Vidovszky Ágnes
Poppe András

Lektorálták:
Schwarcz Péter, Szilas Péter

A borítót tervezte:
Korossy Kata SINGKHAM fotója felhasználásával

Kiadja:
Világítástechnikai Társaság
a Magyar Elektrotechnikai Egyesület Szervezete
és a Magyar Világítástechnikáért Alapítvány
1042 Budapest, Árpád u 67. I. em 6.

Felelős kiadó:
Nagy János elnök

Nyomdai előkészítés:
Media-Press '91 Kft.
Hu ISSN 1416-1079

KEDVES OLVASÓ!

Évkönyv sorozatunk újabb példánya, - immár a tizenharmadik-, a Világítástechnikai Társaság szakmai és tagjai iránti elkötelezettségét igazolja. Fontosnak tartjuk újabb évkönyvünk megjelentetését, mert ez alkalommal is igyekszünk beszámolni a szakterületen megjelent legújabb fejlesztésekről, megvalósult projektekről, és segítséget nyújtani a környezettudatos szemléletformálásban.

A környezettudatosság és energiahatékonyság mindig is a fényforrás-, és lámpatestfejlesztések motorja volt. A világítási iparban a jobb fényhasznosítás és a jobb hatásfok elérése volt a cél a mesterséges világítás hatékonyságának növelése érdekében. Így nem csoda, hogy az immár kiváló fényhasznosítású LED-ek széleskörű elterjedésének és szakszerű használatának jelentős szerepe van napjaink energiahatékonysági projektjeiben. Többször írtunk már arról, hogy a világítás méretezése, tervezése komplex feladat, nem elég egy program ismerete, annál sokkal körültekintőbben kell eljárni. A LED-ek adta lehetőségek korlátlanok, ezért is rendkívül alkalmasak a korábbi világítási berendezések korszerűsítésére, csak szakszerűen célszerű használni és nem úgy, mint a harmadik fejezetben bemutatott világítás korszerűsítésnél.

Évkönyvünkben még foglalkozunk a látás és színek összefüggéseivel, a világításmérés-, és tervezés szempontjaival. Megkértük az utóbbi LED Konferenciák előadóit, hogy írásban is osszák meg előadásukat ezáltal eljut azokhoz is, akik nem vettek részt a rendezvényeken. Az érdekesebbeket közöljük évkönyvünkben.

Elmaradhatatlan a fényévek sorozatunk, melyben idősebb kollégáink érdekes történeteket idéznek fel szakmai múltjukból. Emlékezni jó, mert a felidézett történetek visszarepítenek időben és széppé teszik múltunkat. Tanulságos, érdekes írások.

Jelen kiadványunk jelentős teret szentel a Társaság 25 éves történései ismertetésének, felelevenítve a legfontosabb eseményeket. A fotókkal illusztrált visszatekintést olvasva megelevenedtek előttem azok az arcok, azok a kollégák, akiknek jelentős szerepe volt abban, hogy Társaságunk jogilag önálló lett, és lépésről – lépésre építette és fejlesztette saját szervezetét, tevékenységét. Tevékenységükkel hozzájárultak szervezetünk sikeres hazai és nemzetközi szintű szerepvállalásához.

Jubiláló országos szakmai szervezetünk törekvése a világítási kultúra hazai megteremtése, fejlesztése és terjesztése. Tesszük mindezt szakmaszeretetből előadásokon, konferenciákon, publikációkban, az oktatásban és nem utolsó sorban időnként a médiában is. Igaz ugyan, hogy olykor az az érzésünk, hogy szélmalomharcot vívunk. Ám hisszük, hogy a megfelelő vizuális komfortérzet megteremtése mindannyiunk érdeke, mert „vigyáznunk kell szemünk fényére".

A pandémia Társaságunk tevékenységét is megnehezítette azáltal, hogy a személyes találkozások minimálisra csökkentek. Személyes találkozások nélkül nincs közösségi élet, mert a virtuális térben beszélgetni, vagy éppen konferencia előadásokat hallgatni, nem ugyanaz az élmény. Ezzel együtt kellett élnünk az utóbbi két évben, és még ki tudja meddig tart a személyes találkozások korlátozása. Ám a Társaság tevékenysége nem szűnhet meg, kell találnunk olyan szervezési formákat, melyek biztosítják az együvé tartozás élményét. Nehéz volt és még mindig az a kapcsolattartás tagságunkkal, de ha másként nem megy, kénytelenek vagyunk online módon lehetőséget teremteni az együvé tartozás élményének biztosítására. Ez az állapot még a jelen évkönyv szerkesztését is megnehezítette.

KEDVES OLVASÓ!

Remélem, hogy a Világítástechnikai Társaságnak lesz annyi szellemi és anyagi forrása, hogy a jövőben is megjelenteti a kétévente esedékes évkönyvet. A hagyományőrzés egyben tisztelet azokkal az elődjeinkkel szemben, akik fontosnak tartották a hazai világítástechnikusok összefogását, a szakirodalom, az oktatás és szakismeret fejlesztését, valamint a szervezet építését.

Köszönet illeti a szerzőket, akik megosztották velünk szaktudásukat és betekintést engedtek munkájukba. Köszönet illeti e könyv szerkesztőit, akik fáradságot nem kímélve összeállították immár a tizenharmadik kiadványunkat.

Kérem tartsanak velünk a közölt írások böngészésében, és ha úgy érzik, hogy egy kevéssel is sikerült bővíteni világítástechnikai ismereteiket, akkor már nem dolgoztunk hiába ezen a kiadványon.

Köszönöm a világítástechnika iránti érdeklődését!

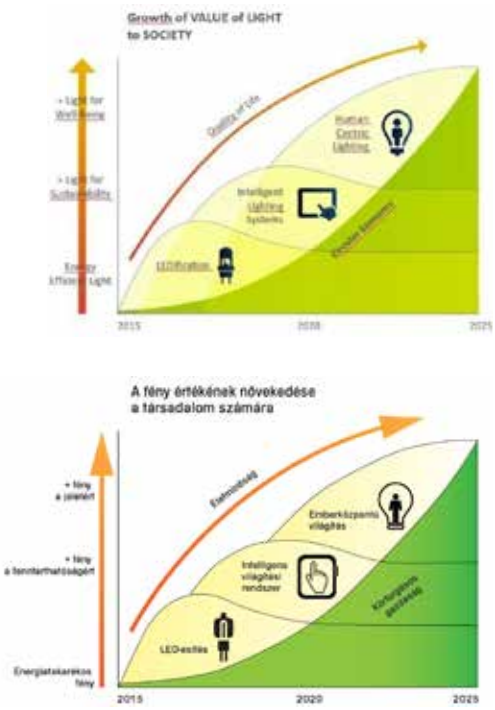
Nagy János
elnök

Go Green – Hogyan áll a világítástechnika a környezetvédelemmel és a körforgásos gazdasággal?

– Kovács Béla és Pilter Zoltán –

Bevezető

A környezettudatosság szele már réges-régen megérintette a lámpa és lámpatest ipar résztvevőit. Az ágazat tevékenységét mindig áthatotta az energiahatékony megoldásokra törekvés. A hagyományos izzólámpákat hamar kiváltották az úgynevezett gázkisülés elvén működő lámpák, amelyeknek az iparág tucatnyi generációját fejlesztette ki. Ezt követően megérkeztek az intelligens és okos világítási rendszerek, napjainkban pedig a „humánközpontú" világítási megoldásokkal ismerkedünk.



1. ábra. LightingEurope: Stratégiai jövőkép

A lámpaipar óriásai és a szakmai szervezetek már az 1990-es években úgy döntöttek, hogy valós lépéseket tesznek az ökolábnyomuk csökkentése érdekében. Az energiapazarló típusok rendeleti úton történő kitiltása mellett a higanytartalom csökkentése és a gyártási folyamatok optimalizálása voltak a legnagyobb ökovállalások.

Az Európai Unióban 2002-ben született először szabályozás az elektronikai hulladékokról. Ez a jogszabály az ún. 1. irányelv az elektromos és elektronikus berendezések hulladékairól, azaz a WEEE1 (Waste of electrical and electronic equipment). Hazánkban ez a szabályozás és az ennek megfelelő kormányrendelet fektette le az *e-hulladékok*, köztük a világítástechnikai hulladékok gyűjtésének és kezelésének alapjait. A folyamat alapja a kiterjesztett gyártói felelősség elve, amely szerint az elektromos és elektronikai termékeket gyártó és/vagy forgalomba hozó cégek, beleértve a világítótestek gyártóit és forgalmazóit is, 2005. augusztus 13-tól kötelesek visszagyűjteni, hasznosítani és ártalmatlanítani a használatból kivont elektromos és elektronikai berendezések hulladékait.

A rendszer működésének alapvető szabályait és a gyártók kötelezettségeit jelenleg a WEEE2 irányelv határozza meg. Ez az irányelv és a hozzá kapcsolódó magyar kormányrendelet a korábbinál magasabb arányú visszagyűjtési kötelezettséget (a piacra helyezett termékmennyiség 65%-a) határozott meg a gyártók részére. A minimálisan elérendő újrahasznosítási rátát pedig 80%-ban írták elő.

A fenti célszámok nagy kihívást jelentenek a lámpahulladékok esetében, hiszen ezek a termékek sokkal kisebb arányban tartalmaznak értékes alapanyagokat (elsősorban fémet), mint a háztartási kis- és nagygépek.

A lámpák anyagának összetétele 90%-ban üveg, mely relatíve kisebb értékénél fogva kevésbé ösztönzi a hulladék tulajdonosát a szelektálásra.

Ennek ellenére hazánkban évről évre sikerül teljesíteni, sőt túlteljesíteni az előírt követelményeket. Az országos gyűjtőhálózat teljesítménye 2017 óta meghaladja a 65%-os begyűjtési rátát. A begyűjtött lámpahulladék feldolgozása során pedig elérjük a 86%-os átlagos újrahasznosítási arányt.

Az Európai Zöld Paktum

Az Európai Bizottság prioritásai között az elsők között szerepel az úgynevezett „European Green Deal", az „Európai Zöld Paktum", amelynek keretében az EU megalkotta

1. az „Európai Únió körforgásos gazdaság cselekvési tervet"
2. az Ecodesign Szabályozást
3. az energiacímkézésről szóló rendeletet
4. a „Mérgezésmentes környezetre vonatkozó szabályozást" (a „toxic-free EU")
5. módosította a „fogyasztói jogokra" vonatkozó rendelkezéseket, erősítve a fogyasztókat.

A „European Green Deal" magyar megfelelőjeként találkozhatunk még az „Európai Zöld Megállapodás" elnevezéssel is, jelen publikációnkban az „Európai Zöld Paktum" megnevezést fogjuk használni.

Mutassuk be röviden ezeket az intézkedéseket!

1. Az „Európai Únió körforgásos gazdaság cselekvési terve"

Az Európai Bizottság 2020. március 11-én bemutatott új javaslatcsomagja tartalmazza a körforgásos gazdaságra vonatkozó cselekvési tervet, amely talán a legfontosabb építőköve az Európai Zöld Paktumnak. Az EU fő célja, hogy a termékek folyamatos lecserélésével elért növekedésről Európa egy környezetbarát és gazdaságos, valóban fenntartható modellre álljon át. Ebben a folyamatban fontos szerep jut mindenkinek a termékeket tervezőktől az értékesítőkön át egészen a fogyasztókig.

A körforgásos gazdasági modell egyre nagyobb arányú elterjesztésének oka, hogy a ma elterjedt lineáris modellt, amelyben természeti erőforrásokból, elsődleges nyersanyagokból állítják elő a termékeket, amelyek a használatot követően hulladékká válnak, egy körforgásos modell váltsa fel. A lineáris modellben a felhasznált nyersanyag és energia örökre elvész, kikerül a rendszerből, és ezzel folyamatosan csökkennek nem megújuló természeti erőforrásaink.

Ma már egyértelmű, hogy ezen a folyamaton változtatni kell. A fenntartható fejlődés szemlélete és gyakorlata azt követeli, hogy erőforrásainkat azok teljes kimerítése nélkül használjuk. Olyan rendszer kell, amelyben minden nem megújuló anyag zárt körben kering. Ez a körforgásos gazdasági modell, amelyben a termékeket már az életciklusuk további szakaszait szem előtt tartva úgy tervezik meg, hogy minél tartósabbak, javíthatók, újrahasználhatóak, illetve hulladékká válásukat követően hasznosíthatóak legyenek.

Az új modellre való áttérést ösztönző első uniós cselekvési terv még 2015-ben készült, 54 intézkedésből álló csomagja a gyártástól kezdve a fogyasztáson és a hulladékgazdálkodáson át a másodlagos nyersanyagok piacáig a termékek életciklusának egészére kiterjed. Az idén közzétett második körforgásos gazdaság cselekvési terv azt vázolja fel, hogy az unió milyen további intézkedéseket kíván hozni a körforgásos gazdaság felé való elmozdulás érdekében.

A cselekvési tervben kiemelt területként jelenik meg az elektronikai és infokommunikációs eszközök köre, mivel az elektromos

és elektronikus berendezések továbbra is az egyik leggyorsabban növekvő hulladékáramot jelentik az EU-ban, a jelenlegi évi 2 %-os növekedési rátával. A becslések szerint az EU-ban az elektronikus hulladék kevesebb, mint 40 %-át dolgozzák fel újra. A cél megállítani azt az értékvesztő folyamatot, amely során a teljesen vagy részben működőképes termékeket azért dobják ki, mert nem javíthatók, az akkumulátort nem lehet kicserélni, a szoftvert már nem támogatják, illetve az eszközökbe épített anyagokat nem nyerik vissza.

2. Az Ecodesign Szabályozás

Az Európai Unióban forgalomba kerülő bizonyos termékekre energiahatékonysági minimumkövetelmények, ún. ökodizájn-követelmények vonatkoznak. Ezek célja, hogy az adott termékek egész életciklusuk alatt a lehető legkisebb káros hatást gyakorolják környezetükre. A világítástechnikai termékeknek is meg kell felelniük a környezettudatos tervezés követelményeinek.

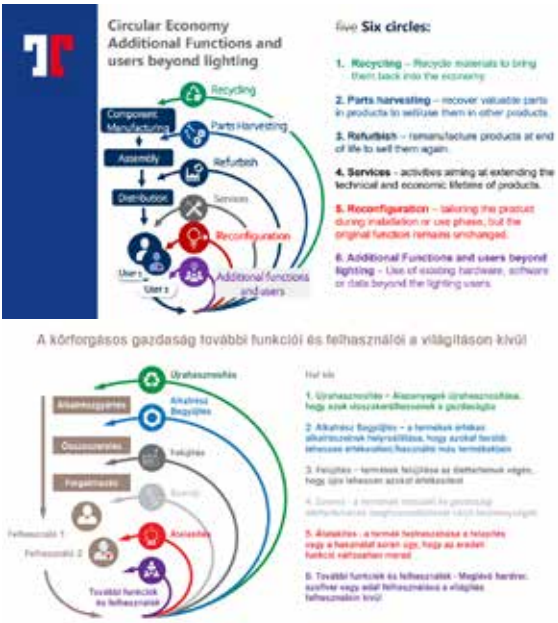
Mit jelent ez a gyakorlatban? A gyártók és kereskedők felelősségévé válik, hogy a piacra kerülő világítástechnikai termékek minden egyes alkotóelemének azonnal és rongálódás nélkül eltávolíthatónak kell lennie. Mindezek mellett csökkenteni kell a műanyagok használatát, törekedni kell az újrahasznosított anyagok alkalmazására, részletes információt kell adni a termék összetételéről, növelni kell a termékek javíthatóságának lehetőségét. Mindez hatalmas feladatokat ró a világítástechnikai piac szereplőire az elkövetkező években, hiszen alapvetően kell megváltoztatni a tervezési folyamatokat és a korábbi üzleti modelleket.

Az energiatakarékosság és a hulladékgazdálkodás szorosan összefüggő területek. A gyártóknak a termék tervezésénél figyelmet kell fordítaniuk a lehetséges majdani szétszerelésre, a beépített anyagok hasznosíthatóságára, azok környezetre és egészségre gyakorolt hatására. Az újrahasznosítási folyamatot környezetbaráttá és a lehető legegyszerűbbé kell tenni. Ez azt jelenti, hogy a kezdeteknél a termék teljes életútját meg kell tervezni.

A gyártók a beszállítóik kiválasztásával is sokat tehetnek környezetünkért, ha előnyben részesítik a környezetvédelmi tanúsítvánnyal rendelkező, újrahasznosítható anyagokat kínáló partnereket.

Mindezek mellett a felhasználói oldalra is hatniuk kell. Tájékoztatni kell a vásárlókat a termék alkalmazásával járó környezeti terhelésről, a lehetséges kockázatokról, a szervizlehetőségekről, és arról, mit tegyen a tudatos felhasználó a hulladékká vált termékkel.

Mindez azt jelenti, hogy újabb körökkel bővül a körforgásos gazdaság modellje. A megvalósítandó eredeti négy kör: a karbantartás, újrahaszná-



2. ábra. A körforgásos gazdaság további funkciói és felhasználói a világításon kívül

Forrás: Sustainable lighting solutions and challenges (Pilter Zoltan Schwarcz Péter)

lat/újraelosztás, felújítás/újragyártás és az újrahasznosítás mellett két további folyamat zárhatja be a kört: az újrakonfigurálás és a felhasználókat segítő kiegészítő funkciók alkalmazása.

A modell tehát sokkal többről szól, mint a hulladékok hasznosításáról és újrafeldolgozásáról. Alapvető cél a hulladékkeletkezés elkerülése, azonban a folyamat fontos szakasza továbbra is a már létrejött hulladék megfelelő kezelése.

3. Az energiacímkézésről szóló rendelet

Az Európai Parlament többször módosította az energiacímkézési előírásokat. 2017-ben új jogszabály született (EU) 2017/1369) az energiacímkézés keretének meghatározásáról és a régi, 2010/30/EU irányelv hatályon kívül helyezéséről. Ezt követően 2019 márciusában jelentek meg az első specifikus energia címkéket leíró rendeletek mosogatógépekre, mosógépekre, hűtőgépekre és elektronikus kijelzőkre, amelyek a termékspecifikus előírásokat, az alkalmazandó számítási módszert és az egyéb formai elemeket tartalmazzák.

A jogszabály a 27 tagállamban egységes és nyelvsemleges megjelenést ír elő az összes elektromos és elektronikai berendezésre. A megújult energiacímkék használatának szabályozása 2021. március 1-től lép hatályba (fényforrások esetén 2021 szeptember 1.-től), de az új címkékkel már korábban, akár 2020 novembertől is találkozhattunk, ha új készüléket (pl. háztartási gépet) vásároltunk. Ugyanis egy négyhónapos átmeneti időszak során a gyártóknak a jelenlegi mellett már az új címkét is a készülék dobozába kell csomagolniuk tájékoztatási jelleggel. A kereskedőknél kihelyezett gépeken, továbbá a webáruházakban az új címkével 2021. március 1-től találkozhatunk.

Az új címke legfontosabb változása, hogy a legmagasabb energiaosztály az A osztály lesz, vagyis megszűnnek a +-os energiaosztályok. Felmerülhet a kérdés, vajon akkor az a készülék, amely eddig A+++ osztályú készülék volt, most A osztályú lesz-e? A válasz nem ilyen egyszerű. Ha például a mosogatógépeket nézzük, akkor ma az a mosogatógép kaphat A+++ energiaosztályú minősítést, amelyiknek az ún. összesített energiaindexe (EEI-értéke) kisebb mint 50. Egy ma A+++ energiaosztályú mosógép az új szabályozás szerint azonban lehet akár D, akár C, akár B vagy A osztályú is, annak függvényében, hogy mekkora az EEI-értéke. A jogszabály ugyanis az alábbiak szerint határozza meg az új energiaosztályokat a mosogatógépek esetében:

A – EEI < 32
B – 32 ≤ EEI < 38
C – 38 ≤ EEI < 44
D – 44 ≤ EEI < 50
E – 50 ≤ EE < 56 (ez a jelenlegi A++ osztály)
F – 56 ≤ EEI < 62 (ez nagyjából a jelenlegi A+ osztály, amely a jelenleg forgalomba hozható legkevésbé hatékony osztályú gépeket adja)
G – 62 < EEI

Így a mostani A+++ osztályú gépek – tényleges fogyasztásuktól függően A, B, C vagy D osztályba kerülnek majd, a jelenlegi A++ gépek E osztályba, az A+ készülékek pedig az F osztályba.

A lényeg a nagyháztartási gépek esetén ugyanaz: a jelenleg mindössze három osztályt kitöltő gépeket (mosógépeket, mosogatógépeket, hűtőket, fagyasztókat) a jövőben 6 osztályba osztják be.

Nem kell megijednünk, a készülékek nem lesznek rosszabbak! Sőt, mint láttuk, épp, hogy a fejlesztések és a készülékek hatékonyságának növekedése miatt van szükség az új szabályozásra, az alaposabb differenciálásra. Emellett a jogalkotó ezúttal előrelátó is volt: nem szeretne megint

pár év múlva változtatni a szabályozáson, ezért úgy döntött, hogy az új címke legjobb osztályát, vagyis az A osztályt úgy határozza meg, hogy az lehetőleg üres maradjon a címke bevezetésekor. Az olyan készüléktípusoknál, melyeknél gyors fejlődés várható a jövőben, akár a felső két osztály is üresen hagyható kezdetben, így rendelkezik a keretrendelet.

Külön ki kell emelni, hogy fényforrások esetén az új QR kódos címke csak 2021. szeptember 1-től lesz kötelező. Újdonság a korábbi gyakorlathoz és más termékcsoportokhoz képest, hogy nem lesz átmeneti időszak, vagyis a határidő előtt csak a régi (jelenlegi), a határidő után pedig már csak az új címkével ellátott termékek kerülhetnek az únió piacára. Nem lesz tehát időbeli átfedés, amikor egy rövid ideig még a régi ill. már az új címkével is kerülhetnek piacra termékek. Természetesen a határidőig már piacra adott termékek utána is a polcokon maradhatnak, de csak maximum a határidőt követő 18 hónapig. Ezt követően, ha a termék amúgy továbbra is megfelel minden egyéb úniós és tagállami követelménynek, akkor csak a címke cseréjével maradhat forgalomban.

Miben változik meg maga a címke?

a, QR-kód

Az új címkéken látható lesz egy QR-kód, melyet a mobiltelefonunkkal be tudunk olvasni. Ezáltal eljuthatunk az EPREL-adatbázisba. A gyártóknak már 2020 eleje óta minden készülék műszaki információit fel kell tölteni egy, az Unió által központilag létrehozott és működtetett adatbázisba: ez az EPREL-adatbázis (EPREL=European Product Database for Energy Labelling). A QR-kód elvezet bennünket a készülék adatlapjához, melyből az energiacímkén található információkon túl további hasznos adatokat tudhatunk meg.

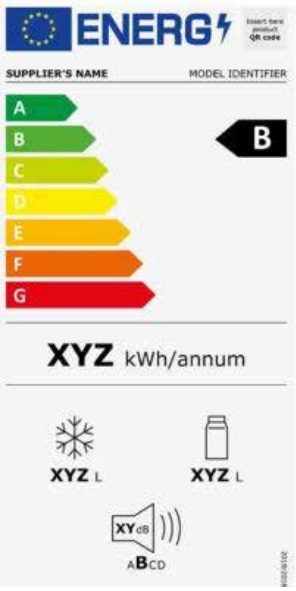
b, Zajszint-osztályok

Eddig a zajszint dB értéke került feltüntetésre a készüléken, a jövőben azonban az új címke zajszint-osztályokat is tartalmazni fog. Az energiaosztályhoz hasonlóan a zajszint-osztályok is A-tól G-ig terjedő skálán kerülnek majd feltüntetésre, ezzel segítve a készülékek könnyebb összehasonlíthatóságát.

c, Az energiafogyasztási adat

Míg a hűtőknél továbbra is az éves fogyasztási érték kerül feltüntetésre, a mosógépek, mosó-szárítók és mosogatógépek esetében a 100 ciklusra vonatkozó érték jelenik meg a jövőben a címkén. Ami a tévéket, kijelzőket és izzókat illeti, ezen eszközök esetében pedig 1000 óra használatra vetített fogyasztásról kapunk tájékoztatást. Ez a fontos adat (az energiafogyasztás) minden címkén középen kap helyet a jövőben.

d, Egyéb, készülékspecifikus változások



3. ábra. Az új energia címke

A mosógépek, mosó-szárító gépek és a mosogatógépek esetében a címkén látható adatok az eco-program adatai lesznek. Újdonságként az az információ is a címkére kerül, hogy mennyi ideig fut az eco-program az adott gépen. A mosó-szárító gépek esetében a bal oldalon a teljes mosási és szárítási programra vonatkozó információkat láthatjuk, míg a jobb oldalon csak a mosási program adatai kerülnek feltüntetésre.

4. A „Mérgezésmentes környezetre vonatkozó szabályozás"

A „Toxic-free EU" – the Chemicals Strategy for Sustainability – melyet a „Mérgezésmentes EU" – a vegyi anyagokra vonatkozó stratégia a fenntarthatóság érdekében" címmel fordíthatunk le magyarra, talán a Zöld Paktum legvitatottabb fejezete. Egyes nézetek szerint ez egy túlzó kemofób (vegyi anyagoktól rettegő) álláspont, mely olyan érzetet kelt, hogy minden vegyi anyagban mérgek vannak.

A másik oldal szerint ez a félelem jogos, az „Endokrin rendszert károsító vegyi anyagok" stratégiai dokumentumban (Endocrine-Disrupting-Chemical-Free Europe strategy document) leírtakat a tudomány, az értelem és az előrelátás vezérli. A „Mérgezésmentes EU" parlamenti állásfoglalás nagy részét egyértelműen ez utóbbi nézetet képviselő aktivisták és lobbisták írták. Az „Endokrin rendszert károsító" vagy az „EDC" szavak a dokumentumban 30 alkalommal jelentek meg.

Aki végig olvassa az Európai Parlament állásfoglalását, hosszú kémiai és tudományosan magyarázott pontokat talál. A dokumentum szerint, ha biztosítjuk a vegyi anyagok, anyagok és termékek biztonságos, fenntartható és körkörös felhasználását akkor nemcsak az emberi egészség védelme, a mérgezéstől mentes környezet (levegő, víz, talaj) elérése és a biológiai sokféleség védelme érdekében tettünk egy elengedhetetlen lépést , hanem az éghajlat-semleges, erőforrás-hatékony, körkörös és versenyképes gazdaság megvalósítása érdekében is cselekedtünk.

5. A „fogyasztói jogokra" vonatkozó rendelkezések

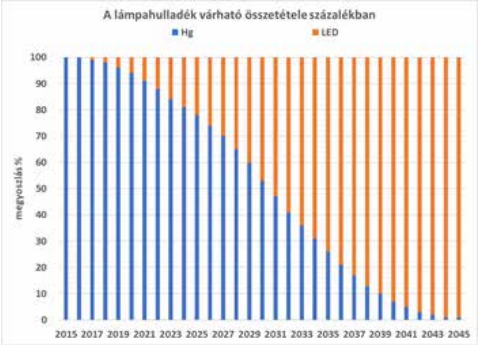
Uniós fogyasztóként jogunk van a tisztességes bánásmódhoz – megjavíttathatok vagy kicseréltethetek egy terméket, ha az két éven belül elromlik, 14 napon belül visszaküldhetem az online rendelt árucikket, ha meggondoltam magam, illetve jogom van világos, érthető szerződést aláírni az új szolgáltatásokra. Az EU-s szabályozás célja, hogy a vásárlás – online, telefonon, postán vagy a boltban – világos, egyszerű és tisztességes legyen.

A „körforgásos elektronikai kezdeményezés" célja a termékek élettartamának a meghosszabbítása. Ennek elérése érdekében már a termék tervezésekor úgy kell az alkotóelemeket és a rajtuk futó programokat megválasztani, hogy növekedjen az újra használhatóság és javíthatóság lehetősége, elkerülve a korai elavulásukat. Ennek alapeleme a „javításhoz való jog" a különféle elektronikai eszközök esetén, amely már 2021-től életbe fog lépni.

Hogyan hat az EUs- stratégia a magyar világítási iparra? Hogyan viszonyul a világítási ipar az előírt változásokhoz?

A magyar világítástechnikai ágazat már ma is azon dolgozik, hogy a fenti változások zökkenőmentesek legyenek, és a maihoz hasonlóan a jövőben is tökéletesen működjön a világítástechnikai termékek körforgása.

Napjainkban a fényforrás hulladék még több, mint 90%-át a Hg-tartalmú lámpák adják. Modelljeink azt mutatják, hogy még legalább 10 évig a higany tartalmú lámpák fogják adni a nagyobb részét a fényforrás hulladéknak, és fokozatosan kifutó trend mellett még akár évtizedekig megtalálhatóak lesznek a lámpahulladékokban.



4. ábra. A lámpahulladékok várható összetétele

A LED-es technikák robbanásszerű fejlődése és széles körű elterjedése forradalmasította a világítástechnikát, így újra kell gondolni a hagyományos világítótestek és fényforrások fogalmait is. Egyre újabb és újabb fogalmakkal próbáljuk kategorizálni a piacon megjelenő új termékeket. Pár éve még cseresztabatos LED retrofit lámpákról, LED modulokról, modul lámpákról és lámpatestekről beszélhettünk. Azóta megjelentek nagyon komplex, többfunkciós termékek, melyek besorolása is nehézkes. Ezt igyekeznek feloldani a legújabb úniós világítástechnikai szabályozások is, melyek a korábbi gyakorlattól eltérően lámpák, lámpatestek helyett kategórikusan fényforrásokra és befoglaló termékekre állapítanak meg követelményeket. Habár a befoglaló termékekre vonatkozó definíció még további pontosításra szorul, az már biztos, hogy a gyártóknak és az összes piaci szereplőnek, beleértve a fogyasztót is, át kell majd állnia erre az új megközelítésre.

Napjainkban a következő értékesítési tendenciák tapasztalhatók: az értékesítés több mint 70%-át a LED retrofit lámpák adják és a LED retrofit értékesítési aránya évről évre növekszik a Hg lámpák hátrányára. A LED retrofit lámpák fokozatosan kiszorítják a Hg tartalmú, úgynevezett „gázkisülés elvén működő lámpákat".

A másik fontos és erőteljes tendencia az, hogy a világítótestek (nem retrofit LED megoldások) visszaszorítják mind a Hg lámpákat, mind pedig a LED retrofit lámpás megoldásokat:

5. ábra. Értékesített mennyiség fajtánként

Ezt a főként fogyasztói preferencián alapuló trendet az unió is igyekszik gyorsítani a kapcsolódó jogszabályok felülvizsgálata során, amint azt pl. az Ökotervezési szabályozás elektronikus CFL lámpák 2021-es és T8-as fénycsövek 2023-as piacról történő kivezetésére vonatkozó rendelkezései, vagy a veszélyes anyag tartalomra vonatkozó jogszabály (RoHS) kivételeinek megújítása körüli elhúzódó heves viták és egyeztetések is jelzik.

Mezőkovácsházán 2012 óta üzemel a lámpahulladék feldolgozó üzem. A már 8 éve folyamatosan működő üzembe az Electro-Coord Magyarország Nonprofit Kft saját fejlesztésű logisztikai tervező rendszerén át jut a gyűjtőedényekből a lámpahulladék. Az un. Parcel rendszer egy teljes körű logisztikai, koordinációs platformfüggetlen online felület, amely lehetővé teszi, hogy a különböző lámpahulladékfajták útja a megrendelés rögzítésétől egészen a begyűjtési folyamat végéig követhető. Ez a rendszer segíti az országos hálózatban a begyűjtés megtervezését is. Az útvonaltervező modul figyelembe veszi a konkrét elszállítási igényként jelzett megrendeléseket, és az adott útvonalra illeszkedő többi partner címet is, ezzel optimalizálva az erőforrásokat.

Az így megtervezett szállítási feladatokat naponta 5 autó teljesíti. A használt fényforrások Sóskútra, egy ideiglenes raktározási központba érkeznek. Itt a hulladékot mérlegelik, válogatják, majd ideiglenes raktározás után hulladék fajtánként átcsomagolják, így jutnak el a feldolgozó üzemekbe.

A vegyesen gyűjtött világítástechnikai hulladékokat lámpatípusonként más-más helyen dolgozzák fel, így külön folytatják útjukat a hagyományos és a halogén izzólámpák, a gázkisüléses elven működő lámpák, a LED lámpák, a kompakt és egyenes fénycsövek, továbbá a lámpatestek.

A mezőkovácsházi üzemben a 60 cm-nél hosszabb fénycsövek szétbontása és újrahasznosítása történik. A hazánkból érkező hulladék mellett Romániából is érkeznek ide feldolgozandó fénycsövek. A svéd gyártmányú MRT Compact End-Cut rendszer két műszakban üzemel, 6 munkatárs közreműködésével.

A fényforrások hasznosítása több lépésben történik:

- Az összegyűjtött lámpákat beadagolják a buravég-levágó egységbe, ahol a lámpák mindkét végét leválasztják. Az ekkor elkülönített lámpavégek vas és alumínium hulladékként gyűjtőkonténerbe kerülnek.
- Ezt követően a búratesteket a búratörőben törik, koptatják, melynek során az üvegcserép elveszíti maradék veszélyesanyag-tartalmát is.
- A tiszta üvegcserép gyűjtőedénybe kerül, majd a fényforrásgyárak üzemeinek üveggyáraiba kerülve alapanyagként használják fel. A feldolgozás során összegyűjtött vas- és fémhulladékot fémfeldolgozóknak és kohóknak értékesítik. A feldolgozás során elkülönített veszélyes hulladékot környezetkímélő módon lerakóban ártalmatlanítják.

Ezzel a technológiával az egyenes fénycsövek esetében 82%-os újrahasznosítási arány érhető el.

Az új, innovatív LED-es termékek környezetterhelési szempontból fejlettebbek elődeiknél. Hosszú élettartamuk és kis energiafelhasználásuk mellett fontos, hogy nem tartalmaznak higanyt, így a kiégett lámpák nem számítanak veszélyes hulladéknak. Mindez nagyban megkönnyíti a termékek hulladékfeldolgozását. Az imént felsorolt pozitív jellemzők mellett azonban bőven van megoldandó kérdés is a LED-ek újrahasznosításának folyamatában. Meg kell oldani a rendkívül változatos termékpaletta gyors és olcsó szétbontását, a kinyerhető másodlagos nyersanyagok arányának növelését.

Bár a klasszikus hagyományos lámpákat és sok halogén lámpa típust már kivezették az EU piacáról, a napjainkban beérkező és feldolgozandó lámpahulladék jelentős része még évekig ezekből a típusokból áll.

Az energiatakarékosság és a hulladékgazdálkodás szorosan összefüggő területek. A gyártóknak a termék tervezésénél figyelmet kell fordítaniuk a lehetséges majdani szétszerelésre, a beépített anyagok hasznosíthatóságára, azok környezetre és egészségre gyakorolt hatására. Az újrahasznosítási folyamatot környezetbaráttá és a lehető legegyszerűbbé kell tenni. Ez azt jelenti, hogy a kezdeteknél a termék teljes életútját meg kell tervezni.

A gyártók a beszállítóik kiválasztásával is sokat tehetnek környezetünkért, ha előnyben részesítik a környezetvédelmi tanúsítvánnyal rendelkező, újrahasznosítható anyagokat kínáló partnereket.

Mindezek mellett a felhasználói oldalra is hatniuk kell. Tájékoztatni kell a vásárlókat a termék alkalmazásával járó környezeti terhelésről, a lehetséges kockázatokról, a szervizlehetőségekről, és arról, mit tegyen a tudatos felhasználó a hulladékká vált termékkel.

A jövőnk a körforgásos gazdaság, és a körforgásos gazdaságban mindenkinek megvan a maga feladata. Ez is egy olyan cél, amelyet csak együtt, összefogva érhetünk el.

KÖSZÖNJÜK, HOGY SZELEKTÍVEN GYŰJTI A LÁMPAHULLADÉKOT!

ELECTRO-COORD®
MAGYARORSZÁG

Electro-Coord Magyarország Nonprofit Kft.
1132 Budapest, Váci út 12. 1. em. 1.
Tel.: 06 30 222-2229 info@electro-coord.hu www.electro-coord.hu

A természetes fény hasznosítása a belső terek világítására MSZ EN 17037:2019, Természetes világítás épületekben

– Kosák Gábor –

1. Bevezetés

A mesterséges világítás fejlődése, a különféle színekben sugárzó fényforrások széles skálája indította el a 20. század második felében a világítástechnika forradalmát. A mesterséges világítás lehetővé teszi, hogy oda világítsunk, ahova akarunk, olyan fényerősséggel, amivel akarunk, a világítás lehet megnyugtató, munkára serkentő, visszaadhatjuk, sőt kiemelhetjük a megvilágított objektumok eredeti színét. A lehetőségek bűvöletében a természetes fény zavarónak, az ablakok fölöslegesnek tűntek, árnyékolókkal, színezett üvegekkel szűrték ki a napvilágot, szinte ablaktalan irodaházak épültek.

Az energiaválság, a környezettudatos szemlélet, zöld forradalom, és a munkahelyi közérzet előtérbe kerülése meghozta a nagy felismerést: napvilágnál is lehet munkát végezni!

2. Az MSZ EN 17037:2019 szabvány

Az Európai Szabványügyi Bizottság, a CEN 2018 végén jelentette meg az EN 17037 szabványt, amelyet MSZ szabványként 2019-ben vezettek be, és 2020 október elsejével megjelent a magyar nyelvű változata is. Az európai szabványosítás ezen a területen az élre tört, természetes fény belsőtéri világításra való hasznosításáról nemzetközi szabvány még nem jelent meg. A szabvány magyar kiadása 64 oldal terjedelmű, 5 fejezetre oszlik és 6 mellékletet tartalmaz. A szabványhoz tartozik még 19 táblázat és 23 ábra. Cikkünk e szabványt ismerteti.

3. A szabvány alkalmazási területe

A természetes fény hasznosításának három aspektusa van. Egyrészt jelentős mértékben hozzájárulhat a belsőterek világításához, csökkentve a mesterséges világításra használt villamos energiát, kiemelkedően jó színvisszaadást biztosít. Másrészt a bevilágítók vizuális kapcsolatot biztosítanak a külvilággal, továbbá hozzájárulnak a bent tartózkodók jó közérzetéhez. Végül, de nem utolsósorban a bevilágítók a napfény bejutását (a benapozást) is lehetővé teszik a belsőterekben, ez fontos például lakások, kórházak és óvodák esetében.

Figyelembe kell venni azonban, hogy a nappalok és évszakok során változik a mennyisége. Arra is ügyelni kell, hogy a napsütés ne zavarjon, olyan adott térben, ahol az olvasáshoz vagy íráshoz hasonló feladatokat kell végezni, vagy ahol képmegjelenítő berendezéseket használnak, a vizuális kényelmetlenség csökkentése érdekében árnyékolóeszközök használata válhat szükségessé.

A természetes fény hasznosításának lehetősége elsősorban az épület helyszínén rendelkezésre álló természetes fény mennyiségétől (azaz a helyszín éghajlatától) függ; másodsorban az épület közvetlen környezetének kialakításától, például szomszédos épület, tereptárgy árnyékoló hatásától.

E szabvány a természetes fény nyújtotta lehetőségek kiaknázásában és jól megvilágított belsőterek tervezésében segíti az építészeket. Lehetővé teszi azt is, hogy az építészek és az ingatlanfejlesztő szakemberek egyaránt konkrét elvárásokat fogalmazzanak meg az épület természetes világításával szemben, továbbá megvizsgálják az ehhez kapcsolódó egyéb kérdéseket is, mint pl. vizuális kapcsolat biztosítása, káprázás elleni védelem, benapozás. Meghatározza a a belsőterek természetes fénnyel való megvilágításának azon tényezőit, amelyek a megfelelő látás, továbbá a vizuális kapcsolat biztosításához szükségesek.

E szabvány tájékoztatást ad arról, miként hasznosítható a természetes világítás a belsőterek megvilágítására, illetve hogyan korlátozható a káprázás. Meghatározza a természetes világítás feltételeinek értékelésére használt mutatókat,

továbbá méretezési és ellenőrzési alapelveket is közzé tesz. Ezeknek az alapelveknek köszönhetően kezelhető a természetes fény nappalok, illetve teljes év során tapasztalható változása.

4. Szakkifejezések és meghatározásuk, valamint a szabványban használt jelképek

E szabványban az MSZ EN 12665 világítási követelmények alapfogalmai terminológia szabványban [2] megadott szakkifejezések használatosak, de a szabvány maga is megfogalmaz néhány fontos szakkifejezést, a következőkben ezekből szemlézünk.

Bevilágító: Az épület külső térelhatároló felületén kialakított áttörés, amely transzparens felületű nyílásszárót vagy szerkezetet tartalmaz, és amely a természetes fényt beengedi. Ez egy nagyszerű magyar kifejezés, amely képes minden olyan látható fény számára átlátszó szerkezetet egyetlen szóban említeni, mely a természetes fényt beengedi. Nem nyílászáró; a magyar nyelv a nyílászáró fogalmát használja az ajtók és ablakok közös elnevezésére, mert ezek valóban „zárják" a nyílást. Azonban nem minden nyílászáró bevilágító és nem minden bevilágító nyílászáró, például a teljes fa ajtók nem

1. táblázat: Jelképek és mértékegységek (részletek) [1]

Jelkép	A mennyiség neve	Egység
D	Világítási tényező	%
DGP	Természetes fény okozta káprázás valószínűsége	–
D_w	A bevilágítótól mért távolság	m
$E_{v,g}$	Globális (külső) horizontális megvilágítás	lx (lm·m^{-2})
f_{glaz}	Üvegezési hányad	%
i	A káprázást előidéző források száma	–
L_s	A káprázást okozó forrás fénysűrűsége	cd/m^2
L_v	Az égbolt fénysűrűsége	cd/m^2
t_d	A természetes fény (a nappali órák) időtartama	h
t_{end}	Az az időpont, amikor a napfény takarás miatt megszűnik, vagy amikor a napsugárzás α_s irányszöge eléri a megengedhető α_a szöget	h
$\tau_{v,n\text{-}dif}$	Normál-diffúz fényáteresztési tényező	–
$\tau_{v,n\text{-}n}$	Normál-normál fényáteresztési tényező	–
φ	A hely földrajzi szélessége	fok
ω_s	A káprázást okozó forrás térszöge	sr

engednek át fényt, ezek nem bevilágítók. Ugyanakkor az üvegtégla falak, a transzparens beton, az áttetsző mennyezetek stb. stb. pedig egyáltalán nem „nyílászárók", de mégis bevilágítók.

Látható terep határvonal: A belső tér azon részeit elválasztó határvonal, ahonnan egy ülő személy közvetlenül láthatja a külső terepet és ahonnan nem. A fogalom párja a látható égbolt határvonal, amely elválasztó vonal azon részek között, ahonnan az égbolt közvetlenül látható és ahonnan nem.

Benapozás időtartama: Azon időtartam egy adott napon, időszakon belül, amely során a nap a felhőtől mentes égbolton, a valódi horizont felett található, miközben hatását állandó takarások (meglévő épületek, hegyek) befolyásolhatják.

Vizuális kapcsolat: Olyan kapcsolat a környezettel, amely az épület határoló szerkezetébe épített bevilágítón keresztül valósul meg információt nyújtva a környező tájról vagy épített környezetről, lehetővé téve az időjárás és a napszakok változásának követését.

Benapozás: pontos és szabatos kifejezés arra, amikor a közvetlen napsugárzás "hosszú és nehéz" út után – felhők között, épületek között, falevelek, ablakok és árnyékoló szerkezetek, előtetők stb. között – elér vagy bejut a belsőtérbe.

Benapozott terület: Az a területrész, padló, vagy akár fal, amelyet a napsugárzás elér.

A 4. fejezet adja meg a szabványban alkalmazott jelképeket, elnevezésüket és mértékegységüket. Ezekből ad példákat az 1. táblázat, amely teljes terjedelmében összesen 45 jelképet tartalmaz.

5. A természetes fény belsőterekben való alkalmazásának értékelése

Ahhoz, hogy a természetes fény jelentős mértékben hozzájáruljon az épület világítási igényeinek biztosításához, a bevilágítóknak megfelelő nagyságú napfényt áteresztő felületekkel kell rendelkezniük, hogy egész évben elegendő mennyiségű természetes fény juthasson a belsőtérbe. Ezért a természetes fény hasznosításának értékelése során figyelembe kell venni a várható mennyiségét az adott helyen, továbbá a helyiség adottságait. A helyiség természetes fénnyel való ellátottsága akkor megfelelő, ha a méretezési megvilágítási szint az adott tér (helyiség) vonatkoztatási felületének meghatározott részén legalább a nappali órák felében biztosítva van.

A szabvány a természetes fény hasznosításának két számítási módszerét ismerteti.

A másik alkalmazási szempont a vizuális kapcsolat. A külső környezettel létesített vizuális kapcsolat információt nyújt a környező tájról, lehetővé teszi az időjárás és a napszakok változásának követését. Mindez enyhíti a huzamos bent tartózkodás okozta fáradtságot. Az adott belsőterekben tartózkodók számára lehetővé kell tenni a felfrissülést és pihenést, amely a változatos látótér biztosításával és a szem fókuszának megváltoztatásával valósítható meg. A vizuális kapcsolatot megfelelően kiválasztott vonatkoztatási pontok segítségével kell értékelni.

A vizuális kapcsolatot biztosító látótér három fő részből áll:

- égbolt;
- táj;
- terep

A vizuális kapcsolat minősége függ:

- a bevilágító(k) méretétől;
- a vizuális kapcsolat szélességétől;
- a vizuális kapcsolat távolságától;
- a látótér részeinek számától;
- a vizuális kapcsolat révén a környezetről szerzett információ minőségétől.

A szabvány a továbbiakban ismerteti a vizuális kapcsolat feltételeit és ellenőrzésének eljárásait.

A természetes fény alkalmazásának fontos szempontja a benapozás, amely hozzájárulhat a bent tartózkodó személyek jó közérzetének biztosításához. A belsőtereket a benapozásuk minimális időtartamával lehet jellemezni a természetes fénnyel való ellátottságuk szempontjából. A szabvány módszereket határoz meg a benapozás időtartamának ellenőrzésére.

Végezetül a káprázás elleni védelem. A káprázás kényelmetlen, zavaró érzés, és olyan fényes felületek okozzák, amelyek fénysűrűsége lényegesen nagyobb, mint az a fénysűrűség, melyhez látásunk adaptálódott. Ilyen nagy fénysűrűséget idézhet elő a rálátás a közvetlen napfényre vagy a látótérben levő, a napsütés által okozott világos felületek látványa. A káprázás veszélyének csökkentése érdekében bevilágítókkal ellátott helyiségekben ajánlatos árnyékolóeszközöket használni és kerülni kell a napra vagy annak közvetlen visszavert fényére való közvetlen rálátást. A szabvány ajánlásokat tartalmaz a káprázás elleni védelemre és a védelem ellenőrzésére.

6. A melléklet: Ajánlások

Ez a melléklet a belsőterek természetes fénnyel való megvilágításának értékeléséhez három besorolási szintre ad ajánlást. A három besorolási szint – kis, közepes és nagy – közül a kicsi szintet minden esetben biztosítani kell. Az ajánlások a természetes fény hasznosítására, a vizuális kapcsolatra, a benapozásra és a káprázás elleni védelemre vonatkoznak.

6.1. Ajánlások a természetes fény hasznosítására

Az A1. táblázat ajánlásokat ad a természetes fény adott belsőtéren (helyiségen) belüli hasznosítására. Az A1. táblázat a méretezési megvilágítási szinteket E_T (lx) és a legkisebb méretezési megvilágítási szinteket E_{TM} (lx) tartalmazza. A méretezési megvilágítási szinteket E_T (lx) a helyiségen belüli vonatkoztatási felület meghatározott részén $F_{plane,\%}$ kell biztosítani. Az adott belsőtér (helyiség) vonatkoztatási felületének százalékban kifejezett $F_{plane,\%}$ arányait a táblázat tartalmazza. Most csak ízelítőül a függőleges és/vagy döntött fényáteresztő felületű bevilágítókkal ellátott helyiségekre vonatkozó táblázatot közöljük.

6.2. Ajánlások a vizuális kapcsolat értékeléséhez

A vizuális kapcsolatot biztosító bevilágítóknak kellően változatos látványt kell biztosítaniuk. Ha több vizuális kapcsolat biztosítására alkalmas bevilágító egymáshoz közel van, akkor ezek fényáteresztő felületei összegezhetők.

A1. táblázat: Ajánlások a természetes fény hasznosítására a természetes fényt beeresztő, függőleges és döntött felületen kialakított bevilágítókkal [1]

Ajánlott besorolási szintek függőleges és döntött fényáteresztő felületű bevilágítókra	**Méretezési megvilágítás** E_T lx	**A vonatkoztatási felület hányada méretezési szinthez viszonyítva** $F_{plane,\%}$	**Legkisebb méretezési megvilágítás** E_{TM} lx	**A vonatkoztatási felület hányada a legkisebb méretezési szinthez viszonyítva** $F_{plane,\%}$	**A nappali órák hányada** $F_{time,\%}$
Alacsony	300	50%	100	95%	50%
Közepes	500	50%	300	95%	50%
Magas	750	50%	500	95%	50%

A5. táblázat: A vizuális kapcsolat értékelése adott vonatkoztatási pontból [1]

Ajánlott besorolási szintek vizuális kapcsolatra	A kitekintés vízszintes látószöge	A kitekintés távolsága	A tartózkodási hely legalább 75%-ából látható látótérrészek: – égbolt – táj (városi és/vagy természeti) – terep
Alacsony	≥ 14°	≥ 6,0 m	Legalább a táj látható
Közepes	≥ 28°	≥ 20,0 m	A táj és egy további látótérrész látható ugyanabból a vizuális kapcsolatot biztosító bevilágítóból
Magas	≥ 54°	≥ 50,0 m	Mindhárom látótérrész látható ugyanabból a vizuális kapcsolatot biztosító bevilágítóból

A6. táblázat: Ajánlás a benapozás napi időtartamára [1]

Ajánlott besorolási szintek a benapozásra	A benapozás napi időtartama
Alacsony	**1,5 h**
Közepes	**3,0 h**
Magas	**4,0 h**

Az A5. táblázat ajánlásokat ad a függőleges, a döntött és a vízszintes helyzetű bevilágítókon keresztüli kilátás három szintjére vonatkozóan. Ezek a szintek a kitekintés vízszintes látószögétől, a kitekintés távolságától és a látótér részeinek (égbolt, táj, terep) számától – azaz a látvány tartalmától – függnek. Ezeket a kritériumokat a vonatkoztatási pontból kell értékelni. A legmagasabb kilátási szint kiemelkedően fontos a mozgáskorlátozott személyek számára készült épületek esetében.

6.3. Ajánlások a benapozás értékeléséhez

Az ajánlás szerint az adott tér (helyiség) benapozását február 1. és március 21. között választott (várhatóan felhőzettől mentes) napon, az A6. táblázatban közölt benapozási időtartamok segítségével kell értékelni. Az A6. táblázat három besorolási szintet határoz meg a benapozás értékelésére.

7. A B és a C melléklet

7.1. B melléklet: Természetes fény

A *B* melléklet két módszert javasol a belsőterek természetes fény hasznosításának megítélésére: a világítási tényezőn és a természetes fény hasznosításáról szóló, összesített adatokon alapuló számítási módszert; vagy az óránkénti éghajlati adatok felhasználásával meghatározott, várható megvilágítási szinteket alkalmazó számítási módszert.

7.2. C melléklet: Vizuális kapcsolat értékelése

A vizuális kapcsolat legfontosabb látótér részei az égbolt, az épített környezet vagy természetes táj és a terep. A természetes tájra való kitekintést előnyben részesítik az épített környezetre való kitekintéssel szemben, továbbá a széles látószöget és nagy kitekintési távolságot többre értékelik a keskeny látószöggel és a kis távolsággal szemben. A

változatos és dinamikus látóteret nyújtó vizuális kapcsolat előnyösebb, mint a monoton és egyhangú látótér. A természet látványa előnyösen befolyásolja a bent tartózkodó személyek közérzetét, munkavégzését; mindenki szívesen van bevilágítók (ablakok és felülvilágítók) közelében, ahonnan jobb a vizuális kapcsolat a külső környezettel.

A vizuális kapcsolatot jellemző, három besorolási szint szempontjait – „alacsony¨, „közepes¨ vagy „magas¨ – az A5. táblázat tartalmazza. Az A5. táblázatban közölt kritériumok mellett a vizuális kapcsolatot biztosító bevilágító akkor tekinthető jónak, ha megfelelően nagy a nyílás vízszintes szélessége, nagy a kitekintés távolsága és a külső környezet több részét is magában foglalja.

A melléklet a vizuális kapcsolat minőségére és szélességére tesz ajánlásokat, valamint ismertet két ellenőrzési módszert

8. A D és az E melléklet

8.1. D melléklet: Benapozás értékelése

A benapozás értékeléséhez meg kell vizsgálni azt, hogy a Nap az égbolt mely részén található a vizsgált időpontban, továbbá ki kell számítani a várható megvilágítás időtartamát órákban. A napsugárzás időtartamát figyelembe véve kell kialakítani a megfelelő árnyékolást, amely csökkenti a bent tartózkodók nemkívánatos hő okozta és/vagy vizuális kényelmetlenség-érzését.

A napfény biztosításához figyelembe kell venni az épület tömegformálását, a homlokzatok kialakítását és a bevilágítók tájolását. A benapozást a tájolás, a helyiségek és bevilágítók elhelyezésének gondos megtervezésén keresztül – amely magában foglalja a fény elleni árnyékolóeszközök kiválasztását és figyelembe veszi a külső takarásokat és a környezetet – az éghajlati viszonyoknak megfelelő épület megvalósításával kell elérni.

A napsugárzási hőnyereség csökkentheti a fűtési energiaigényt. A melegebb hónapokban a fényt megfelelően kialakított fix vagy mobil napárnyékoló eszközökkel vagy megfelelő pontokon kialakított árnyékolóelemekkel kell szabályozni, csökkentve a hűtési igényt.

A melléklet a továbbiakban ismerteti a napsugárzás és a benapozás időtartamának értékelési elveit, illetve ajánl egy számítógépes programot alkalmazó és egy manuális szerkesztési eljárást alkalmazó módszert a benapozás értékelésére.

8.2. E melléklet: Káprázás

A káprázást a látómezőben levő, nagy fénysűrűségű felületek okozhatják, vagy ha a fátyolreflexiók miatt a kontrasztarány csökken. A káprázás érzete a fénysűrűség látómezőben tapasztalható eloszlásától függ, ezt pedig alapvetően meghatározza a szemlélő térbeli helyzete és nézési iránya.

A káprázás értékelését olyan helyiségekben ajánlatos végrehajtani, ahol olvasáshoz vagy íráshoz hasonló feladatokat kell végezni, vagy ahol képmegjelenítő berendezéseket használnak és a felhasználók (a helyiség vagy a tevékenység funkciójából adódóan) nem változtathatják meg tartózkodási helyüket és jellemző nézési irányukat. A káprázás elleni védelmet külön-külön állítható vagy leengedhető napsugárzás elleni védőeszközzel lehet biztosítani.

A természetes fény által okozott káprázás valószínűségét (*DGP*) egy olyan módszerrel lehet értékelni, amely figyelembe veszi mind a szem magasságában tapasztalható megvilágítást, mind az egyedi, nagy fénysűrűségű, káprázást okozó forrásokat. A módszer alkalmazásával becsülhető a felhasználók azon aránya, akik káprázást tapasztalhatnak. A *DGP* a káprázás jellemzésére használt mutató, amelyet valós természetes fényviszonyok mellett, oldalvilágítású helyiségekre fejlesztettek ki. A melléklet ismertet egy a *DGP* meghatározására szol-

E1. táblázat: A DGP-értékeket a következő tartományokba lehet besorolni [1]

Kritériumok	***DGP***
A káprázás legtöbbször nem észlelhető	$DGP \leq 0{,}35$
A káprázás észlelhető, de legtöbbször nem zavaró	$0{,}35 < DGP \leq 0{,}40$
A káprázás észlelhető és gyakran zavaró	$0{,}4 < DGP \leq 0{,}45$
A káprázás észlelhető és legtöbbször elviselhetetlen	$DGP \geq 0{,}45$

gáló módszert. Az E1. táblázat tartalmazza a káprázás besorolásait.

A melléklet a továbbiakban ismertet egy módszert a káprázás éves előfordulásának értékelésére. A melléklet megadja különféle napsugárzás elleni védőeszközök (fényt leengedett és felhúzott állapotban sem átengedő, árnyékoló textilből; fóliából vagy fényt át nem eresztő, perforált anyagból készült; változtatható fényáteresztő képességű, átlátszó üvegezésű eszközök) előírásait és értékelését.

A melléklet továbbá megadja a CEN (Európai Szabványügyi Bizottság) nemzeti tagtestületeinek 33 fővárosára vonatkozó évente előforduló napsütéses órák számát és a benapozott helyszínek besorolását.

Végezetül szó esik a fényvisszaverődésről, a tükröző káprázásról és az árnyékolás káprázáskorlátozásának ellenőrzéséről.

Köszönetnyilvánítás

A szabvány magyar nyelvű kiadásának elkészítése a VELUX Kft. támogatásával valósulhatott meg. A szabvány fordítását Vincze Tibor (ITM) végezte. A szakmai lektorálás során végzett alapos munkájáért köszönetünket fejezzük ki Filetóth Leventének (BME ÉÉT).

Irodalomjegyzék

[1] MSZ EN 17037:2019, Természetes világításépületekben
[2] MSZ EN 12665:2018, Fény és világítás. Avilágítási követelmények előírásához szükségesalapfogalmak és kritériumok
[3] EN ISO 9241-303, Ergonomics of human-system interaction. Part 303: Requirements forelectronic visual displays (ISO 9241-303:2011)
[4] CIE S 017/E:2011, ILV: International LightingVocabulary
[5] CIE 16:1970, Daylight
[6] CIE x005-1992, Proceedings of the CIESeminar 1992 on Computer Programs for Lightand Lighting

Az ibolya szín érzékelése az emberi színlátó rendszerben
Sensation of the violet colour in the human vision system

– Dr. habil ÁBRAHÁM György prof. emer., Dr. FEKETE Róbert Tamás adjunktus
BME MOGI Tanszék, Budapest 1521. Műegyetem rkp. 3.
Tel.: +3614632602, abra@mogi.bme.hu, www.mogi.bme.hu –

Tartalmi kivonat

Az emberi szem felépítése régóta ismert – a szem érzékelő rendszerét, detektor felületét a szemfenéken található receptorok testesítik meg. Kétféle receptorunk van: a pálcikák a sötétben (az éjszakai), a csapok pedig a világosban (nappali) látásra. A pálcikákkal nem látunk színeket, csak a fekete-fehér árnyalatait. A csapok három félék érzékenységi spektrumuk szerint. Az ember úgy lát színt, hogy egyszerre több receptort is ér a fényinger és ezek különböző ingerületeiből értékeli ki a látás neurális rendszere a látott szín identifikációját.A legtöbb irodalmi forrás az egyes csapokat, mint R,G,B érzékelő receptorokat említi : a protost a vörös, a deuterost a zöld és a tritost a kék fény érzékelőjének nevezve. Ezek a szerzők az ibolya szín érzékelését a vörös és a kék receptor egyidejű érzékelésként, vagyis a lila szín alternatív elnevezéseként írják le. Más felfogás szerint az emberi szem kék receptora tulajdonképpen nem kék, hanem ibolya érzetet ad a szín feldolgozó rendszernek, ezért az ibolya szín ézékelését és a lila szín érzékelését két külön esetként tárgyalják. A cikk ebben a kérdésben be kívánja mutatni az eltérő nézetek érvrendszereit.

The structure of the human eye has long been known - the sensory system of the eye, the surface of the detector is provided by receptors on the fundus. We have two types of receptors: rods for night vision and cones for daytime vision. Colors cannot be seen with rods, only black and white. There are three types of cones classified by their sensitivity spectrum. One sees color as the light stimulus reaches more than one receptor at a time, and from their various stimuli the neural system of vision evaluates the identification of a color. Most sources mention individual cones as R, G, B sensor receptors: protos is the sensor for red light, deuteros is for green and tritos is for blue. These authors describe the perception of color violet as the simultaneous perception of the red and blue receptors, which means as an alternative name for purple. Alternatively, the blue receptor of the human eye gives the color processing system actually not a blue, but a violet sensation, so violet and purple sensations are discussed on two separate occasions. This article presents the arguments of different views on this issue.

Kulcsszavak
Colour vision, violet colour, protos, deuteros, tritos, ganglion cell

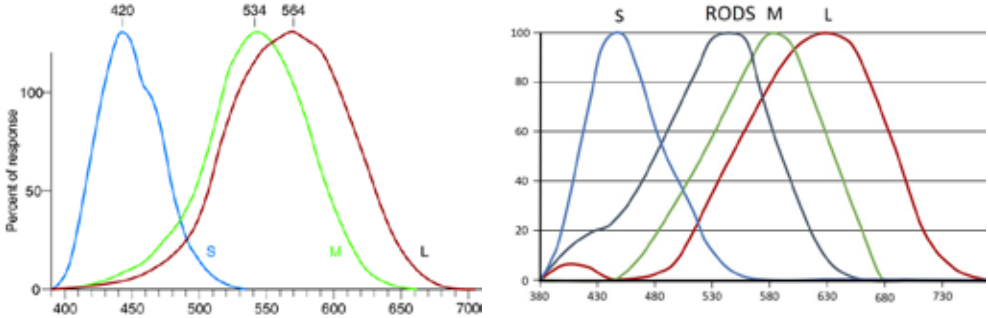
Bevezetés

A lila és az ibolya szín sokaknak nehezen megkülönböztethető két érzet. Isaac Newton 1672-ben az ibolya színt a látható spektrum 7 színének egyikeként írta le, optikailag a spektrum rövid hullámhosszú végén. Az ibolyát a 380–450 nm hullámhosszú fények által okozott színérzetnek nevezzük. A hozzá hasonló lila érzet nem rendelkezik egyetlen hullámhosszal, hanem az érzetet a kék és a vörös szín együttesen váltja ki. A lilát kiváltó kék és vörös szín kb. egyenlő mennyiségétől – a tipikus lilától eltérően beszélünk kékes-liláról, illetve püspök-liláról attól függően, hogy a

kék vagy a piros összetevőből van-e több a lilában. A kékes-lila érzetünk azonban nehezen különböztethető meg az ibolya érzetünktől a mindennapi gyakorlatban. Felmerül a kérdés: ugyanazt az érzetet kétféleképpen is ki lehet váltani?

1. Elemzések a csap receptorok érzékenységei alapján

Az 1. ábrán a szem három színérzékelő csap receptorainak érzékenységi függvényei láthatóak különböző kutatók mérései alapján.



1. ábra (balra a, jobbra b ábra). A szem protos, deuteros és tritos csap receptorainak érzékenységi függvényei egy érzékenységi csúccsal rendelkező protos receptor (balra) [3] ***és két érzékenységi csúccsal rendelkező protos receptor (jobbra)*** [6] ***esetében***

1.1 Érvek a tritos receptor kék érzékenysége alapján

Mint látható, az egyes szerzők abban megegyeznek, hogy három receptorunk van és mindegyik haranggörbe alakú érzékenységi függvénnyel rendelkezik. Bizonytalanság tapasztalható azonban a protos és deuteros receptorok rövid hullámhosszú végei tekintetében: van, aki „sima" lefutásúnak ábrázolja a protos receptor bal oldalát és van, aki még egy kisebb csúcsot ábrázol – éppen a tritos receptor értelmezési tartományán belül, a skála rövidhullámú végén.

Ez az ábrázolás veti fel az ibolya színérzetnek azt az értelmezését, hogy az nem más, mint a kék érzetet adó tritos receptor és a piros érzetet adó protos receptor együttes érzékelése, amelyben erősebb a kék és így az ibolya érzet tulajdonképpen egy kékes-lila érzettel azonos. E szerint az értelmezés szerint az ibolya és a lila érzet egyaránt a tritos és a protos receptor együttes ingerlésének az eredménye azzal a különbséggel, hogy az ibolyánál a tritos ingerlése erősebb.

A tritos receptort a kék érzékelésért felelős receptornak tekinteni ugyanakkor bírálható feltételezés, hiszen a protos receptor sem a sárga színérzetért felelős receptor. Márpedig, ha a tritost azért tekintjük kéknek, mert az érzékenységi maximuma a kék tartományban van, akkor a protost sárgának kellene tekinteni, hiszen érzékenységi maximuma a sárga tartományban van. Általánosan is kimondható, hogy a csap receptorok ingerlése által okozott érzetek nem azonosak a maximális érzékenységük hullámhossza szerinti színekkel. A deuteros receptor 543 nm-es maximuma sem esik egybe a zöld szín érzékelési tartományának 530 nm-es közepével.

1.2 Érvek a tritos receptor ibolya érzékenysége alapján

Ha abból indulunk ki, hogy a protos receptor „színét" sem az a hullámhossz jelenti,

amelynél az érzékenységi maximuma van, akkor egyelőre a tritos receptorra se „ragaszszuk rá" a kék szín érzékeléséért való felelősséget! Induljunk ki abból, hogy a színskála két végén – ahol már csak egy-egy receptor kerül ingerlésre – kiderül, milyen színért felelős az immáron egyedül maradó receptor. Eszerint a protos a vörös ingerléséért, a tritos pedig az ibolya ingerléséért felelős.

Ezt az érvelést persze megingathatja, ha a színskála rövidhullámú végénél mégsem marad egyedül a tritos receptor, hanem a protosnak is marad még érzékenysége. Igaz viszont az is, hogy ez a maradék protos érzékenység 390 nm-nél csak a tritos érzékenység 3%-a, ami nyilván nem okozhatná a kék érzet ibolyává válását. Ha csak azzal nem számolunk, hogy a retina felületén eltérő sűrűséggel helyezkednek el a protos/deuteros/tritos receptorok!

2. Elemzések a ganglion sejtek jelei alapján

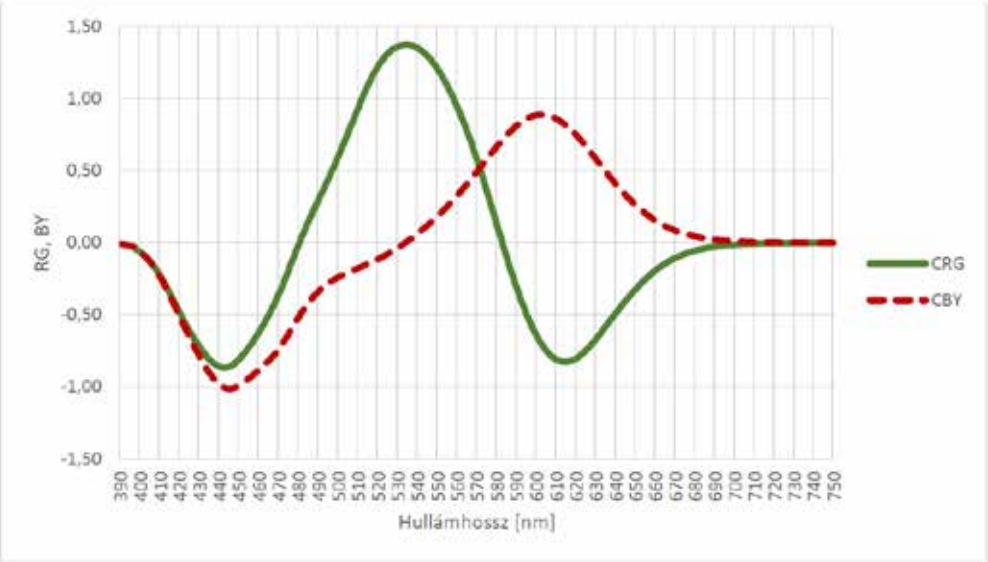
Az eddigi érvek és ellenérvek a retina csapjainak egymáshoz képesti érzékenységén alapultak, ahogyan azt az 1. ábra mutatja. Tekintetbe kell azonban venni a protos/deuteros/tritos receptorok térbeli sűrűségének 10 / 5 / 1 szerinti egyenlőtlenségén kívül azt is, hogy egy-egy színérzet kialakulását nem a csap jelek valamiféle átlagos, de még csak nem is a sűrűségük szerinti eloszlásán, hanem a 2. ábra szerinti opponens csatorna jelek kialakulásában érvényesülő *súlyukon* múlik.

Igaz ugyan, hogy a protos receptorok darabszáma 10× akkora, mint a tritosé, azonban a 2. ábrán látható csatornajelek kialakításában a protos receptorok csak 4×-es súlyfaktorral vesznek részt a tritoséhoz képest.

Számszerűen ez azt jelenti, hogy pl. 420 nm-nél a 4x-es protos jel is csak 9,4%-a a tritos jelének, 400 nm-nél pedig ez az arány 11 %.

Megállapítható tehát, hogy a protos receptor szerepe az ibolya érzet kialakulásában egy nagyságrenddel kisebb a tritosénál, ami tehát nem okozhatja a kék érzet ibolyává válását.

Színezheti ugyanakkor a fenti számítást



2.ábra. A CRG és CBY opponens csatornajelek alakja [7]

az, hogy az 1. ábra szerinti variációk közül melyik az igaz. A számítás ugyanis az 1/a ábra szerinti adatokat vette alapul.

3. Összefoglalás

Következtetéseink tehát az 1. ábrán szereplő adatsorok igazság tartalmára vezetnek vissza. Minden azon múlik, hogy van-e és mekkora maradék érzékenysége van az ibolya tartományban a protos receptornak? Az adatbázisok közötti tájékozódáskor vezethet bennünket az adatok, mérések kora, frissessége és elfogadottsága. Számításainkat a CVRL honlapján található legfrissebb és legelfogadottabb adatokra végeztük el. Ezek alapján kijelenthető, hogy a tritos receptor egy *ibolya* receptor és a szemünkben nincsen *kékre* érzékeny csap receptor. Ellenkező esetben a tritos receptor egy *kékre* érzékeny receptor és nem indokolt külön ibolya és lila színről beszélni.

Köszönetnyilvánítás: A kutatást támogatta a Nemzeti Felsőoktatási Kiválósági Alap Program of the Ministry of Human Capacities within the Biotechnology research area of Budapest University of Technology and Economics (BME FIKP-BIO) and partly by the National Research, Development and Innovation Fund (TUDFO/51757/2019-ITM, Thematic Excellence Program).

Irodalom:

[1] Stockman, Andrew, and Lindsay T. Sharpe. "Cone spectral sensitivities and color matching." Color vision: From genes to perception (1999): 53-88.
[2] Stockman, Andrew, and Lindsay T. Sharpe. "The spectral sensitivities of the middle-and long-wavelength-sensitive cones derived from measurements in observers of known genotype." Vision research 40, no. 13 (2000): 1711-1737.
[3] Stockman, Andrew, Donald IA MacLeod, and Nancy E. Johnson. "Spectral sensitivities of the human cones." JOSA A 10, no. 12 (1993): 2491-2521.
[4] Stockman, Andrew, and Lindsay T. Sharpe. "Tritanopic color matches and the middle-and long-wavelength-sensitive cone spectral sensitivities." Vision research 40, no. 13 (2000): 1739-1750.
[5] Lamb, T. D. "Photoreceptor spectral sensitivities: common shape in the long-wavelength region." Vision research 35, no. 22 (1995): 3083-3091.
[6] Dartnall, Herbert JA, James K. Bowmaker, and John Dixon Mollon. "Human visual pigments: microspectrophotometric results from the eyes of seven persons." Proceedings of the Royal society of London. Series B. Biological sciences 220, no. 1218 (1983): 115-130.
[7] Neitz, Jay, and Gerald H. Jacobs. "Spectral sensitivity of cones in an ungulate." Visual neuroscience 2, no. 2 (1989): 97-100.

MEE Világítástechnikai Társaság

facebook.com/meevtt

Látás az élet utolsó pillanataiban

– Dr. Wenzel Klára –

Tartalmi kivonat

A halál-közeli élmények (angolul: Near-Death Experience, NDE) olyan emberi tapasztalatok, melyekről a klinikai halálból visszatért személyek számolnak be. A halál folyamatának vizsgálatára részben tudományos érdeklődésből, részben vallásos indíttatásból a világ sok pontján folyik széleskörű kutatás. A halál-közeli élményeket azonban eddig nem tudták tudományosan megvizsgálni, mivel ezek csak a klinikai halál állapotában, a biológiai halál beállta előtti másodpercekben jönnek létre az éppen megszűnőben lévő tudatban. Több ezer élmény részletes leírását azonban már összegyűjtötték, és ezek nagyjából azonos tapasztalatokról szólnak, teljesen függetlenül nemtől, hittől és világnézettől, vagy attól a kortól és helytől, amelyben a személy élt. Cikkem célja az, hogy az emberi szem látásfiziológiai működése és a látási adaptáció rendszertechnikai modellezése alapján tudományos magyarázatot adjak a leggyakoribb halál-közeli élményre, a misztikus alagútélményre.

Kulcsszavak

Halál-közeli élmény, látás-fiziológia, adaptáció, rendszertechnikai modellezés

Bevezetés

A halál-közeli élmények (angolul: Near-Death Experience, NDE) olyan emberi tapasztalatok, melyekről a klinikai halálból visszatért személyek számolnak be (Greyson, 2000). Ezek a tapasztalatok természetesen nagyon érdeklik az embereket, hiszen a halál és a megszületés minden ember életének legfontosabb eseménye. Már több ezer halál-közeli élmény részletes leírását összegyűjtötték, és 1978-ban megalapították az International Association for Near-Death Studies-t, (a halál-közeli élmények vizsgálatának nemzetközi szervezetét), angol rövidítéssel: IANDS. Az élmények gyűjtése az óta is folytatódik.

A halál közeli élmények vizsgálata már az elmúlt század végén megkezdődött. A kutatók feljegyezték és elemezték azon személyek beszámolóit, akik a klinikai halál állapotából tértek vissza. Ezeknek közel 40 %-a számolt be halál-közeli élményéről (Blackmore, 1993). A beszámolók számos elemükben megegyeznek az Egyiptomi Halottaskönyvben és a Tibeti Halottaskönyvben a haldoklásról és a halál-közeli állapotról leírt jelenségekkel. Ezért sokan feltételezik, hogy valós tapasztalatokról van szó (Nelson, 2010; Greyson, 2003; Lange, Grayson & Houran, 2004). A halál-közeli élményeket ezért misztikus köd övezi, és tudományos magyarázatuk eddig nem ismeretes.

Halál-közeli élményt én is átéltem egyszer. Úgy gondoltam, az alagút-élményt, az egyik leggyakoribb halál-közeli élményt biztosan meg lehet optikai alapon magyarázni. Elhatároztam, hogy tudományos magyarázatot keresek az alagút-élményre.

A halál-közeli élmények; az alagút-élmény

Korunkban – az orvos-technika fejlődésével – egyre több embert sikerül visszahozni a klinikai halál állapotából, és közülük sokan beszámolnak a halál küszöbén átélt élményeikről. Figyelemre méltó, hogy ezek a beszámolók nagyban hasonló tapasztalatokról szólnak teljesen függetlenül nemtől, kortól, hittől és világnézettől vagy attól a kortól és helytől, amelyben a személy élt. A tapasztalatok szerint a halál-közeli élmények ugyanolyan gyakran érintenek ateistákat,

vallásos keresztényeket, muzulmánokat, buddhistákat vagy bárki mást.

Az NDE gyakran visszatérő elemei:

1. Béke, nyugalom és szeretet érzése
2. Testen kívüliség élménye
3. Alagútélmény
4. Fényjelenség észlelése
5. Korábban meghalt személyekkel való találkozás
6. Visszatekintés (panorámamemória).
7. Egy másik világ észlelése.
8. Zaj vagy csodálatos zene hallása.
9. Időélmény-torzulások.
10. Határ vagy sorompó, melyet nem léphetnek át.
11. Előrepillantás, bepillantás a jövőbe.
12. Figyelmeztetés, hogy dolguk van még a földön és vissza kell térniük

Az alagút-élmény az egyik leggyakoribb halál-közeli élmény. Az élmény részesei úgy érzik, mintha egy sötét alagúton, csövön,

1. ábra. Hieronymus Bosch: A lélek mennybemenetele

ürességen vagy folyosón nagyon gyorsan repülnének át az alagút végén ragyogó fény felé. Ez a fény nem zavaró, hanem megnyugtató.

Gyakori a fehér vagy arany fény észlelése is. A sötétségből egy nagyon fényes, de sohasem vakítóan fényes térbe való kilépésről az esetek mintegy felében számoltak be, mégpedig számottevően gyakrabban olyan esetekben, amelyeknél a halál közeli élmény éjszaka játszódott le.

Mivel ezeket az élményeket sok ember egymástól függetlenül nagyon hasonlóan írta le, feltételezhető, hogy közös idegrendszeri folyamatok váltották ki azokat.

Hieronymus Bosch, a híres 15. századi szürrealista németalföldi festő valószínűleg maga is átélte a halálközeli élményt. Híres festményén, a „Lélek mennybemenetelén" az alagút élmény látványát élethűen ábrázolja (1. ábra).

A modellezés

A halál-közeli élmények egyik leggyakoribb formája, az „alagút-élmény", kimondottan vizuális élmény. Ezért a látás folyamatának vizsgálata alapján lehet magyarázatot keresni rá. Mivel a látás folyamatának alapvető jellemzője a folyamatos adaptáció, feltételezhető, hogy az alagút-élményt is meg lehet magyarázni az adaptáció folyamata alapján.

A szakirodalmat tanulmányozva nagyon sok érdekes publikációt találtam az adaptációról (Fraenger, 1975; Walsh, 1995; Webster, 1997; Webster 2011). A receptorok adaptációs működésétől az agyi látási folyamatok adaptációs működéséig sok érdekes kutatást ismertetnek. A halál vizuális élményének magyarázatára azonban eddig senki nem használta föl ezeket.

A halál folyamatának kísérleti vizsgálatára még állatok bevonásával (Backhaus, 1998) sincs lehetőségem. Ezért azt gondoltam, modell kísérletekkel oldom meg a problémát. A modell kísérletekhez elegendő tapasztalati adatot nyújt a több ezer hasonló NDE részletes leírása.

Az időben változó folyamatok elemzésé-

re leginkább a rendszertechnikai modellek alkalmasak. A rendszertechnikai modellek segítségével a legkülönbözőbb (villamos, mechanikai, hidraulikus, biológiai, pénzügyi stb.) időben változó folyamatok közös nyelven elemezhetők (Elgard, 1967). Ezért egy rendszertechnikai modellt dolgoztam ki a látás adaptációs folyamatának leírására (Urbin, Nagy & Wenzel, 2017).

Ha a látás modelljének bemenetén a biológiai halál pillanatának megfelelő jelet adunk be, akkor a kimeneten a biológiai halál pillanatában kialakuló látás-élményt kell kapnunk. A szem optikai rendszerének ismeretében, és a modellek segítségével eljuthatunk a misztikus alagút-élmény tudományos magyarázatához.

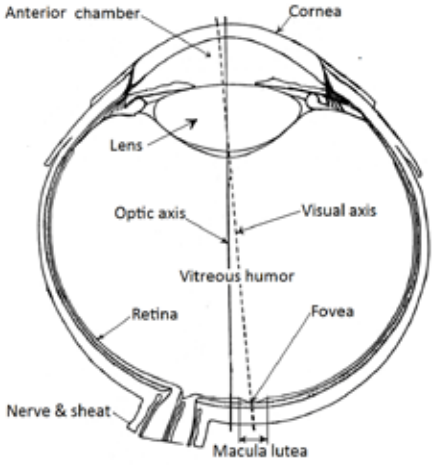
Az adaptáció látásfiziológiai leírása

A látás bonyolult, összetett folyamat, amely a szem fényérzékeny felületén, a retinán kezdődik el, majd biofizikai, biokémiai, elektrofiziológiai és pszichofizikai folyamatok után az agyban fejeződik be (Krauskopf & Gegenfurtner, 1992; Webster & Mollon, 1997; Gegenfurtner & Sharpe, 1999; Fulton, 2001). Megértéséhez az emberi szem felépítéséből és működési módjából indulunk ki (Wandell, 1995; Kaiser & Boynton, 1996).

Az emberi szem felépítése a 2. ábrán látható. A 2. ábrán felülről érkező fény a corneán, a csarnokon (anterior chamber), a szemlencsén (lens) és az egész szemet kitöltő átlátszó kocsonyás anyagon (vitreous humor) áthaladva a retinára jut. A retinán találhatók a fényérzékeny receptorok, a látás biológiai érzékelő elemei.

A szem vizuális tengelye (visual axis, szaggatott vonal) jelöli ki a szem legérzékenyebb területét, a foveát. Itt helyezkednek el legsűrűbben a receptorok, ezért ez a legélesebb látás területe. A körülötte található sárgafolt (macula lutea) a látás energiaellátását biztosító karotinoidok gyűjtőhelye.

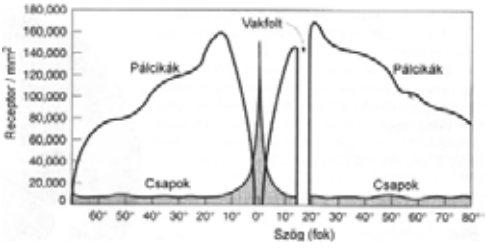
A szemideg kötegében (nerve & seath) továbbítódik a receptorok látási információja az agyba.



2. ábra. Az emberi szem legfőbb részeinek metszeti ábrázolása

A receptorok kétfélék. A nagyérzékenységű pálcikák a sötétben látást, a kevésbé érzékeny csapok a világosban látást biztosítják. A látásban mintegy 108 millió pálcika és 6.8 millió csap vesz részt.

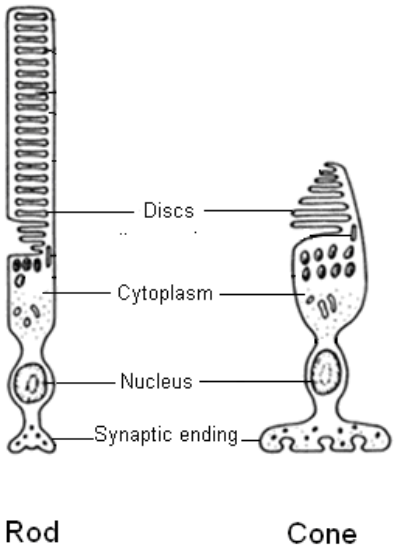
A pálcikák és a csapok eloszlása a retinán nem egyenletes (Gegenfurtner, 1999; Fulton, 2001). A látás centrumához, a foveához közel a csapok sűrűsödnek, a látótér szélei felé, a periférián a pálcikák vannak többen (3. ábra).



3. ábra. A csapok és a pálcikák relatív sűrűsége a retina különböző területein. A halánték felőli oldalon 130 és 180 között látható a „vak folt", a szemideg kilépési helye. Itt sem csap, sem pálcika nem található.

A 3. ábrán látható, hogy a fovea területén a csapok sűrűsége nagy, mintegy 150 000 db/mm^2, de a foveától távolodva rohamosan csökken., 5°-nál már csak 20 000 db/mm^2, és a látótér nagy részén alig 10 000 db/mm^2. Ugyanakkor a fovea környezetében, a sárgafolton pálcika egyáltalán nincs. Viszont a látómező legnagyobb részén lényegesen nagyobb a pálcikák sűrűsége, mint a csapoké.

A pálcikák és a csapok egyetlen sejtből állnak (4. ábra). Sejtplazmájukban (cytoplasm) fényérzékeny pigmentek vannak oldva. A fényérzékeny pigmentek a fény szóródását fokozó lemezek (discs) között elnyelik a fényt, és a fény hatására lebomlanak. A bomlástermékek ingerlik a receptorok szinaptikus végződéséhez (synaptic ending) kapcsolódó idegvégződéseket, és az így létrejött ingerületek közvetítik a látási információt az agy felé (McDermott & Webster, 2012).



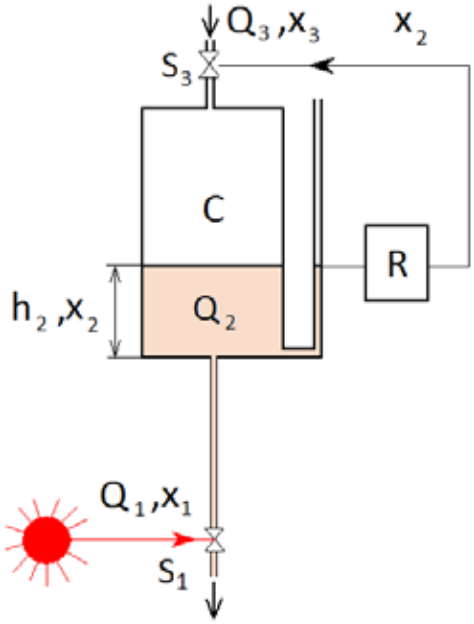
4. ábra. Fotoreceptorok. A csap (világosban látás) és a pálcika (sötétben látás).

Minél erősebb fényhatás éri a pigmenteket, annál gyorsabban bomlanak le. Ugyanakkor a pigmentek folyamatosan újra termelődnek, így dinamikus egyensúly alakul ki. Erős fényben kevés, sötétben sok fényérzékeny pigment található a receptorokban (Wandell, 1995; Kaiser & Boynton, 1996).

Minden biológiai folyamat működéséhez energiára van szükség. A látás folyamatában a Nap vagy más fényforrás (lámpafény, tábortűz stb.) biztosítja az energiát.

A látási adaptáció látásfiziológiai modellje

Ugyanazt a folyamatot többféle képen is lehet modellezni. A modell lehet nagyon egyszerű és nagyon bonyolult is (Chyh-Huy Lay & Shappire, 2017).



5. ábra. A látási adaptáció látásfiziológiai modellje

Az összetett biológiai rendszerek működését különböző szempontok alapján teljesen eltérő modellekkel jellemezhetjük (Toro & Parker, 1960). Az 5. ábrán a látás világosság-adaptációjának legegyszerűbb modellje látható.

Az 5. ábrán a receptorokat a C tartály jelképezi. A benne lévő rózsaszínű folyadék a fényérzékeny pigmenteket jelenti. A pigmentek Q_2 mennyisége a tartályban lévő folyadék h_2 szintmagasságával jellemezhető. Amikor a receptorok a teljes adaptáltság állapotában vannak, a bennük lévő pigmentek mennyisége éppen megfelel az adaptáció törvényének (l. később). Az R regulátor a szem pigment termelő képességét szabályozó idegi rendszer. Működésére szükség lehet, ha a szem elfáradt és pigment termelő képessége csökken, vagy gyógyszer, esetleg jelentős mennyiségű alkohol hatására megváltozik a szem anyagcseréje.

Ha valamilyen okból csökken a napfény időegység alatt kibocsátott energiája, például felhő kerül a Nap elé, akkor csökken a receptorok Q_1 megvilágítása, azaz a pigmentek által felvehető fénymennyiség. Ekkor a pigmentek bomlása lelassul, Q_2 mennyiségük növekedni kezd, és növekszik mindaddig, míg ismét beáll az egyensúly az adaptáció törvényének megfelelően.

Az adaptáció törvénye

Az adaptáció törvényét az /1/ összefüggés írja le (Werner, Sharpe & Zrenner, 2000).

$$\text{inger} \times \text{ingerület} = \text{const} \qquad /\ 1\ /$$

A látás szempontjából most az inger a receptorok Q_1 megvilágítása (Samu & Szakály, 2011), az ingerület a receptorok fényérzékeny pigmentjeinek Q_2 mennyisége.

Az adaptáció törvényét az adott modellre alkalmazva a /2/ összefüggés írja le.

$$Q_1 \times Q_2 = \text{konst} \qquad /\ 2\ /$$

Q_1 a receptorok megvilágítása
Q_2 a receptorok fényérzékeny pigmentjeinek mennyisége

A receptorok pigment anyaga folyamatosan termelődik. Fiatal, egészséges személynél az időegység alatt termelt festékanyag Q_3 mennyisége nagyobb, idős, vitaminhiányos személynél kisebb. A Q_3 pigment-termelés sebességének változásait az S_3 szelep változásaival jelképezzük. A pigment-termelés sebességét kell a szem idegrendszeri folyamatainak ellensúlyozni oly módon, hogy teljesüljön az adaptáció törvénye, azaz a receptorban éppen annyi fényérzékeny anyag legyen, amennyi a látás folyamata szempontjából optimális. Az idegrendszeri szabályozó rendszert az R regulátor jelképezi (5. ábra).

Az eddigiek szerint az adaptáció látásfiziológiai modellje az adaptációban résztvevő szervek funkcióinak ábrázolása.

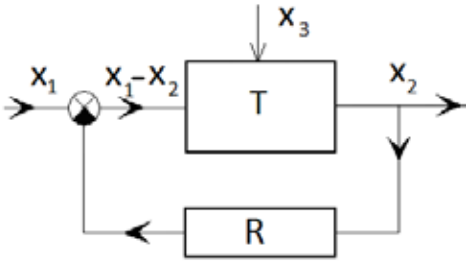
A látási adaptáció rendszertechnikai modellje

Jelöljük a Q_1, Q_2 és Q_3 fizikai mennyiségeket a **rendszertechnikai** modellben x_1, x_2 és x_3-mal.

A **rendszertechnikai** modell (6. ábra) a rendszer-jellemzők időbeli változásait írja le, tehát a látás adaptációját más szempontból jellemzi, mint a biológiai modell.

A receptorokat az 5. ábrán a C tartályként modelleztük. A tartályt a **rendszertechnikai** modellben egytárolós tagnak nevezik és a T időállandóval jellemzik (Toro & Parker, 1960).

Minden rendszertechnikai tagnak lehet egy vagy több bemenete, amelyeken keresztül bemenő jelek érkeznek (adott esetben



6. ábra. A látási adaptáció rendszertechnikai modellje

x_1 és x_3). A kimeneten megjelenő x_2 értéket az R szabályozó rendszer szabályozza. Feladata az, hogy az x_2 jel értékét az x_1 jel szintjén tartsa az x_1 bemenő jel és az x_3 zavaró jel változásai ellenére. A 6. ábrán a kör alakú grafikus jelzés az összehasonlító szervet jelenti, ahol az x_1 bemenő jel és az x_2 kimenő jel különbsége képződik. Amikor ez a különbség 0 lesz, a szabályozási folyamat befejeződik (Elgard, 1967).

A biológiai modell és a rendszertechnikai modell működésének összehasonlítása

A 6. ábrán a rendszertechnikai modellben az x_1 bemenő jelnek a receptorban lévő pigment-mennyiség elérendő szintje felel meg, az x_2-nek pedig a receptorban lévő pigment-mennyiség pillanatnyilag érvényes értéke (a szabályozott jel). Az x_2 és az x_1 jel különbsége a szabályozási eltérés, amely a szabályozási folyamatot mindaddig működteti, amíg a szabályozási eltérés nullára nem csökken.

Tehát ha $|x_1-x_2| \neq 0$ akkor a szabályozó rendszer működik,

ha $|x_1-x_2|=0$ akkor a szabályozás befejeződött, azaz bekövetkezett az adaptáció.

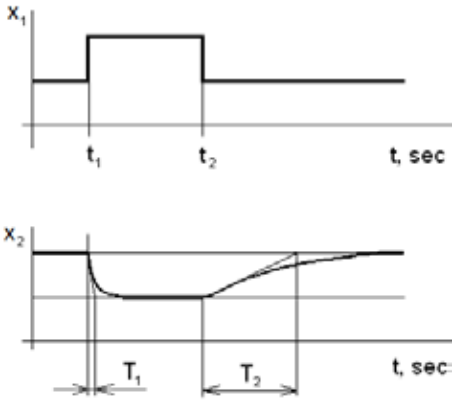
A x_3 most zavaró jellemzőként modellezhető, például a megvilágítás változása, vagy a pigmentek állandóan termelődő mennyiségének változása.

Mivel a biológiai rendszer és a rendszertechnikai rendszer az ábrázolás-technikai különbségek ellenére ugyanazt a folyamatot írja le, a kimenő jelek változása a bemenő jelek változásainak hatására hasonló kell legyen.

Vizsgáljuk meg, hogy a biológiai modell és a rendszertechnikai modell azonos bemenő jelre azonos kimenő jellel válaszol-e.

A rendszertechnikai modell válasza ugrásfüggvény bemenetre

A 7. ábra egy ugrásfüggvény bemenet hatására kialakuló kimenő jelet mutat be. A bemenő jel a felső diagramon, a kimenő jel az alsó diagramon látható. A bemenő jel a **rendszertechnikai** modellezésnél használt vizsgáló függvények egyike, az ugrásfüggvény. A kimenő jel az egytárolós rendszer válasza az ugrásfüggvény bemenetre. Ezt átmeneti függvénynek nevezik.



7. ábra. Egytárolós rendszer válasza ugrásfüggvény bemenetre. A vízszintes tengelyen a t idő, a függőleges tengelyen a jel intenzitása látható. Fent: az x_1 bemenő jel változása. Lent: az x_2 kimenő jel változása, T_1 és T_2: időállandók

A 7. ábrán látható, hogy az x_1 bemenő jel ugrásszerű megnövekedése az x_2 kimenő jel eleinte gyors, majd egyre lassuló csökkenését eredményezi (Werner, Scharpe & Zrenner, 2000). A kimenő jel végtelen hosszú idő után éri el alsó szintjét (Smet, 2017; Smet, Zay, Luo & Hanselear, 2017 Part 1). A kimenő jel változási sebességét egytárolós tag esetén a T_1 időállandóval jellemezhetjük. Az időállandó az az idő, amely alatt a kimenő jel kezdeti változásának sebességével érné el az alsó szintjét (Tregillus & Webster, 2014).

Ugyanez a folyamat fordítva játszódik le a

bemenő jel ugrásszerű lecsökkenése esetén. A T_1 és a T_2 időállandó a rendszertechnikai modell fizikai folyamataitól függően lehet különböző is.

A biológiai modell válasza ugrásfüggvény bemenetre

Legyen az x_1 bemenő jel a receptorok megvilágításának ugrásszerű változása. A kimenő jel legyen az x_2, vagyis a receptorokban lévő pigmentek mennyisége.

A biológiai rendszer másképpen reagál az ugrásfüggvény bemenetre akkor, ha a világosság-adaptációt a megvilágítás hirtelen megnövekedése váltja ki („világosság adaptáció"), vagy ha a megvilágítás hirtelen csökkenése váltja ki („sötét-adaptáció").

A világosság-adaptáció

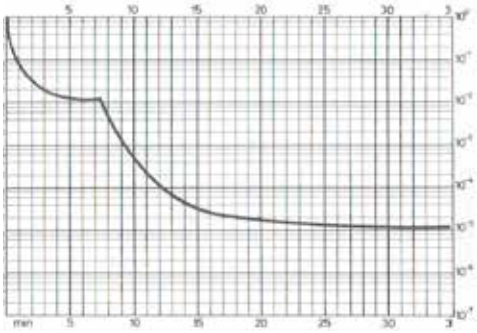
A megvilágítás hirtelen megnövekedése a pigmentek mennyiségének először gyors, majd egyre lassuló csökkenését okozza, mert az egyre csökkenő mennyiségű pigmentből már egyre kevesebb tud lebomlani időegység alatt. Az alsó szintet, az adaptáció törvényének megfelelő értéket elméletileg végtelen hosszú idő alatt éri el (7. ábra időben első fele).

A sötét-adaptáció

A megvilágítás hirtelen csökkenésének hatására a kimenő jel, a pigmentek mennyisége növekedni kezd, mivel a szem pigment termelő képességét szabályozó idegi rendszer érzékeli, hogy túl kevés a pigment. A csökkenő megvilágítást kisebb mennyiségű pigment bomlásával igyekszik kompenzálni. A biológiai modellben (5. ábra) ezt az S_3 szelep szükséges mértékű zárásával modellezzük. Ha a pigmentek termelésének sebessége nagyobb, mint a bomlás sebessége, a pigmentek mennyisége növekedni kezd, míg elméletileg végtelen hosszú idő alatt el nem éri az alacsonyabb megvilágításhoz szükséges nagyobb pigment mennyiséget (7. ábra időben második fele).

Az adaptáció mérése

A látási adaptáció-mérések eredményei igazolják, hogy az adaptáció a valóságban éppen úgy zajlik le, ahogyan biológiai és **rendszertechnikai** modellünk viselkedik. A modellek az ugrásfüggvény bemenetre a 7. ábra szerinti kimenettel válaszolnak. A szemész-orvosi gyakorlatban gyakran alkalmazott adaptométer hasonló mérési eredményt mutat (8. ábra).



8. ábra. Golmann-Weekers-féle adaptométerrel mért adaptációs görbe

A 8. ábrán a Golmann-Weekers-féle adaptométerrel mért adaptációs görbe látható (Wandell B. A., 1995). A Goldmann-Weekers féle adaptométer egy belülről egyenletesen kivilágított félgömb. Ezt látja a páciens. A vizsgáló szoba a mérés kezdetén erősen meg van világítva, emiatt kialakul a világos-adaptáció, a páciens receptoraiban a fényérzékeny pigmentek lebomlanak.

Ezután teljesen besötétítik a vizsgáló helységet. A páciensnek 30 percet teljes sötétségben kell tölteni, A sötétben töltött 30 perc alatt kialakul a sötét-adaptáció, a receptorok feltöltődnek fényérzékeny pigmentekkel.

Ezután kezdődik a mérés. A mérés kezdetén a páciens a sötétben nem lát semmit.

Most 2 percenként fokozatosan megnövelik a félgömb megvilágítását addig a küszöb-értékig, amit a páciens már észrevesz (Wandell, 1995; Kaiser & Boynton, 1996). A megvilágítási küszöb-értékekből diagramot rajzolnak (8. ábra). A megvilágítás következő növeléséig kivárt 2 perc alatt kialakul az adaptáció a félgömb megvilágításához, a páciens újra nem lát semmit.

A megvilágítási küszöb-értékek arányosak a megvilágítás hatására bekövetkező pigment mennyiség változásával. A 8. ábra vízszintes tengelyén az idő, függőleges tengelyén a pigment mennyiség látható (Smet, Zay, Luo & Hanselear, 2017 Part II), éppen úgy, mint a 7. ábra alsó görbéjén. A két görbe hasonlósága alapján megállapítható, hogy a rendszertechnikai modell a gyakorlatban ténylegesen lejátszódó folyamatot jól modellezi.

Modellünk tehát alkalmas modell kísérletek végzésére, és az eredmények a valósághoz hasonlóak lesznek.

A 8. ábrán a görbe két jól elkülönülő részből áll (Wandell, 1995; Kayser & Boynton, 1996). Az első rész a kezdettől körülbelül 6 percig tart, ez a pálcikák adaptációs görbéje, mivel először a nagy érzékenységű pálcikák kezdik érzékelni a fényt. A lépések ismétlődnek mindaddig, míg a megvilágítás 10^{-2} lx lesz, a 8. ábra jobb oldali skáláján láthatóan. A 6. perc körül kezdik érzékelni a fényt a csapok. Ekkor a pálcikáknak már túl sok lesz a fény, pigment mennyiségük teljesen lebomlik. A görbe második része a csapok adaptációs görbéje. A csapok megvilágítása a bal oldali skálán olvasható le 10^{5} lx-tól 10^{2} lx-ig.

Az alagút-élmény magyarázata

A szem felépítése és az adaptáció folyamatának modelljei alapján az alagút-élmény minden ismert részlete magyarázatot nyer.

Vizsgáljuk meg egyenként az alagút-élményről szóló élménybeszámolók jellemző megfigyeléseit!

- *„Az élmény részesei úgy érzik, mintha egy sötét alagúton, csövön, ürességen vagy folyosón nagyon gyorsan haladnának át az alagút végén ragyogó fény felé."*

– A halál pillanatában az R regulátor működése leáll. Az S_3 szelepnél *(5. ábra)* Q_3=0 pigment mennyiség áramlik a rendszerbe.

– Elkezdődik a pigmentek bomlása a halál pillanata utáni másodpercekben akkor is, ha a retina nincs megvilágítva (Webster, Werner & Field, 2005). A pigmentek bomlástermékei ingerlik a receptorok szinaptikus végződéseit, ez fényérzetet vált ki

– A pigmentek legnagyobb mennyiségben a retina centrumában, a foveán találhatók (Wandell, 1995), ahol a csapok a legsűrűbben helyezkednek el. Tehát a fényjelenség kicsiny, kör alakú foltban jelentkezik először.

- *„Sötét alagúton, csövön, ürességen vagy folyosón át"…" az alagút végén ragyogó fény felé. Ez a fény nem zavaró, hanem megnyugtató.*

– Ez az érzés azzal magyarázható, hogy a fényérzet először a látómező közepén, a foveán jelentkezett, ahol pálcikák nincsenek (Webster, 2011). De a klinikai halál pillanatában a pálcikák bomlása is beindul, és azok bomlása a látómező rövidesen a retina nagyobb kör alakú felületén is fényérzetet vált ki.

– A pigmentek mennyisége eleinte gyorsan, majd egyre lassabban csökken. A fény érzet csökkenése a fény-adaptációra emlékeztető érzést vált ki a haldoklóból, ami a fény tartós jelenlétének tűnik.

- *„nagyon gyorsan repülnének"*

– A repülés érzése azzal magyarázható, hogy az alagút-élmény csak optikai élmény, nem társul hozzá a lábak mozgásának érzése (Gregory, 1971; Sekuler & Brake 1994; Gregory, 1997; Hoffmann, 1998).

- *„Fehér vagy arany fény észlelése. A sötétségből egy nagyon fényes, de sohasem vakító fényre kilépésről az esetek mintegy felében számolnak be, mégpe-*

dig számottevően gyakrabban olyan esetekben, amelyeknél a halál közeli élmény éjszaka játszódik le."

– Ez azzal magyarázható, hogy ha éjszaka áll be a klinikai halál, akkor a pigmentek nagy mennyiségben töltik ki a receptorokat, ezért bomlásuk nagyobb fényérzetet vált ki (Wandell, 1995).

Összefoglalás

A látási adaptáció alapján, az adaptáció biológiai és rendszertechnikai modelljének segítségével, továbbá az emberi szem optikai rendszerének ismeretével tudományos magyarázatot nyertünk a misztikus halál-közeli élményre, az alagút-élményre.

Irodalom:

Backhaus W. G. K. (1998) Physiological and Psychophysical Simulations of Color Vision in Humans and Animals, in Color Vision, Perspectives from Different Disciplines, Editors W.G.K.Backhaus, R.Kliegl, J.S.Werner, De Gruiter, pp 46-77.

Blackmore S. (1993) Dying to live: Science and Near-Death Experiences. London: Harper Collins.ISBN 978-0879758707.

Chih-Hui Lai, Sapphire Lin (2017) Systems theory In book: The International Encyclopedia of Organizational Communication, Editors: Craig R. Scott; Laurie Lewis, Publisher: John Wiley & Sons, Inc.

Elgard O. (1967) Control Systems Theory, New York McGraw-Hill.

Fraenger W. (1975) Hieronymus Bosch (Verlag der Kunst, Dresden.

Fulton J.T. (2001) Excerpts from Processes in Biological Vision Copyright 2000 James T. Fulton.

Gegenfurtner K. R., Sharpe L. T (1999) Color Vision from Genes to Perception, Cambridge University Press.

Greyson B. (2000) Some neuropsychological correlates of the physio-kundalini syndrome. Journal of Transpersonal Psychology, 32, 123-134.

Greyson B. (2003) Near-Death Experiences in a Psychiatric Outpatient Clinic Population. Psychiatric Services, December, Vol. 54 No. 12. The American Psychiatric Association.

Gregory R. L. (1971) The Intelligent Eye, McGraw-Hill.

Gregory R. L. (1997) Eye and Brain. The Psichology of Seeing, Princeton University Press.

Hoffman D. D. (1998) Visual Intelligence. How we create what we see, W.W. Norton & Co. USA.

Kaiser-Boynton (1996) Human Color Vision, OSA.

Krauskopf J., Gegenfurtner K. (1992) Color Discrimination and Adaptation, Vision Research Vol.. 32, No. 11, pp. 2165-2175, Pergamon Pess

Lange R., Greyson B., Houran J. (2004) A Rasch scaling validation of a 'core' near-death experience. British Journal of Psychology, Volume: 95 Part: 2 Page: 161-177.

McDermott K. C., Webster M. A. (2012) The perceptual balance of color, J Opt Soc Am A Opt Image Sci Vis. 29(2): A108–A117.

Nelson K. (2010) The Spiritual Doorway in the Brain ISBN 978-0525951889 pp. 336. USA.

Samu K. Szakaly M. A. (2011) Efficient Halogen Lamp Daylight Simulator for Color Vision Examination Measurement Science Review Volume 11 Issue 5 pp 139-143.

Sekuler R., Blake R. (1994) Perception, McGraw-Hill.

Smet K. A. G., Qiyan Zhai , Luo M. R., Hanselaer P. (2017) Study of chromatic adaptation using memory color matches, Part II: Colored illuminants, Optics Express Vol. 25, No. 7/3.

Smet K. A. G., Qiyan Zhai , Luo M. R., Hanselaer P. (2017) Study of chromatic adaptation using memory color matches, Part I: Neutral illuminants, Optics Express Vol. 25, No. 7/3.

Smet K. A. G. (2017) Two Neutral White Illumination Loci Based on Unique White Rating and Degree of Chromatic Adaptation, The Journal of the Illuminating Engineering Society, LEUKOS, DOI:10.1080/15502724.1385400.

Toro V. D., Parker S. (1960) Principles of Control Systems engineering, New York.

Tregillus K. Webster M. A. (2014) Dynamics of Color Contrast Adaptation, J Opt Soc Am A Opt Image Sci Vis. 31(4): A314–A321.

Walsh V. (1995) Adapting to change, Current Biology 1995, Vol 5 No 7.

Wandell B. A. (1995) Foundations of Vision, Sinauer Associates Sunderland Massachusetts.

Webster M. A. Mollon J. D. (1997) Adaptation and the Color Statistics of NaturalImages, Vision Res., Vol. 37, No. 23, pp. 3283-3298, Elsevier Science Ltd., Printed in Great Britain.

Webster M. A., Werner J. S. Field D. J. (2005) Fitting the Mind to the World: Adaptation and Aftereffects in High Level Vision, Oxford University Press.

Webster M. A. (2011) Adaptation and visual coding Journal of Vision 11(5):3, 1–23.

Werner A. Sharpe E. T. Zrenner E. (2000), Asymmetries in the time-course of chromatic adaptation and the significance of contrast, Vision Research 40, 1101–1113.

Urbin Á ; Nagy BV ; Wenzel K. (2017) Chromatic discrimination under different states of chromatic adaptation, In: P, Zwick (szerk.) PROCEEDINGS of the Conference on "Smarter Lighting for Better Life" at the CIE Midterm Meeting 2017, Vienna, Ausztria : Commission Internationale de l'Eclairage, (2017) Paper: 10.25039/x44.2017.PP02 , 10 p.

A bor, a palack és a megvilágítás összehangolása

– Keszei Ernő, ELTE TTK Kémiai Intézet
keszei@chem.elte.hu –

Tartalmi kivonat

Borok acéltartályban vagy fahordóban történő érlelése után azok általában palackokba kerülnek, amiket azután borszaküzletben vagy élelmiszerboltban árusítanak. Eközben a palackban lévő borok többé-kevésbé ki vannak téve fény hatásának, ami a bor minőségére nézve káros is lehet. Ebben a közleményben először a borok fotokémiai károsodásának részleteivel és a palackok fényáteresztő képességével foglalkozunk, majd megvizsgáljuk különböző megvilágítások okozta minőségromlás előfordulásának körülményeit. Végezetül foglalkozunk a fénykárosodás kivédésének lehetőségeivel is.

1. Bevezetés

A szőlőből készült bor nagymértékben megőrzi az élő növény sok tulajdonságát; elsősorban a kipréselt mustból származó igen nagyszámú kémiai összetevő formájában, így jelképesen azt is mondhatjuk, hogy a bor maga is élő anyag. A must kierjedése után a bor az acéltartályban (betontartályban, hordóban), majd a palackban is állandóan változik, azaz a benne található kémiai komponensek reakciói a bor érése és tárolása során is tovább folynak. Ezen reakciók között sok olyan is van, amely fény hatására végmenő (fotokémiai) folyamat. A fotokémiai folyamatok a pincék sötétjében nem jelentősek, de amikor a bor palackozás után kikerül az üzletekbe, ott napközben, sőt néha éjszaka sincs sötét, így a megvilágítást biztosító fény szabadon hozzáfér a palackokhoz. Hogy ennek hatására elindulnak-e a palackban lévő borban – főleg a bor minőségét rontó – fotokémiai folyamatok, az a megvilágítás mellett jelentős mértékben függ a bor összetételétől és a palack anyagától is. A továbbiakban először a bor minőségét csökkentő fotokémiai folyamatokkal, majd a palackok anyagának fényáteresztő képességével foglalkozunk, végül megfogalmazunk néhány ajánlást a palackban tárolt borok káros fotokémiai folyamatainak kivédésére.

2. Röviden a bor fotokémiájáról

Ahhoz, hogy a borban lejátszódó fotokémiai folyamatokról számot adjunk, szükség van a bor fontosabb összetevőinek ismeretére. Köztudottan a víz és az etanol teszi ki a borok anyagának legnagyobb részét – bár a kifejezetten édes borfajtákban cukrokból több van, mint etanolból, ez azonban a termelt boroknak csak igen kis részében fordul elő; a borok túlnyomó többségében viszonylag kevés cukor van. Az etanol mellett a bor jellegzetes ízét meghatározó anyagok közül a legfontosabbak a savak, amelyek lehetnek kismolekulás savak (pl. borkősav, almasav, citromsav, tejsav, borostyánkősav, ecetsav), vagy nagyobb molekulatömegűek, mint pl. a savas jellegű polifenolok, azaz a csersavak. Az alkoholos erjedés egyik állandó velejárója a glicerin is, amelynek mennyisége nagyjából arányos a borban lévő alkoholéval.

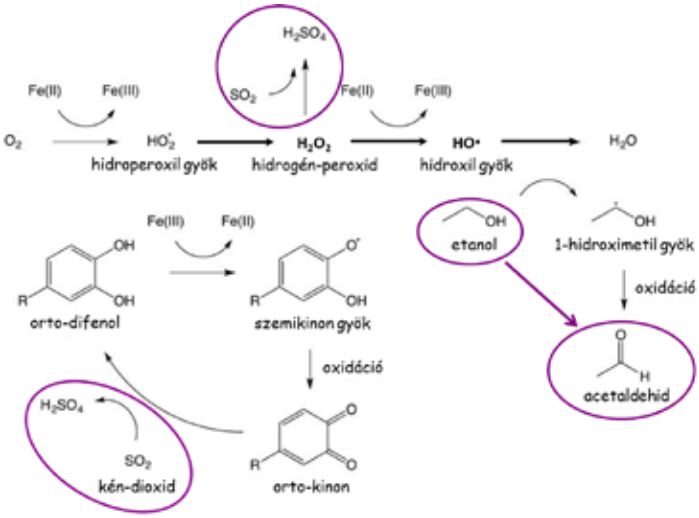
Az aromaanyagok között fontosak a terpének (izoprénvázas szénhidrogének), valamint az oxigén- és nitrogéntartalmú aromaanyagok – amiknek egy része virágok és gyümölcsök illatának is meghatározó komponense, továbbá néhány kéntartalmú vegyület. Fotokémiai szempontból fontos komponensek az ún. cukormentes extraktban lévő fémionok, a szabad és a fehérjékben kötött aminosavak, valamint a vitaminok és enzimek. Reduktív borkészítés során hagyományosan szulfitok kerülnek abba,

amik a bor redoxpotenciálját alacsonyan tartják, így biztosítva azok minőségromlás nélküli hosszú élettartamát.

Az eddig felsoroltakon kívül kisebb mennyiségben még rendkívül sok (akár ezres nagyságrendű) kémiai komponens fordul elő a borokban, amiknek kémiai szempontból általában kisebb a jelentősége, de a bor élvezeti értékét befolyásolhatják. A borok kémiai összetételéről magyarul részletesen olvashatunk Kállay Miklós könyvében [1].

Palackban tárolt borokban sötétben is sok kémiai reakció folyik, ami a bor palackos éréséhez vezet. Palackozás előtt a borokat megfelelőképpen kezelik ahhoz, hogy a minőséget csökkentő kémiai folyamatok abban lehetőleg ne játszódjanak le. A palackozás előkészítése során arra azonban nem szokás figyelmet fordítani, hogy a bort a palackban érő nagyobb fénydózis hatását is kivédjék. Ha ugyanis a palackokat a szállítás és az azt követő további tárolás során nem éri fény – ami ideális lenne –, akkor ezzel a problémával nem érdemes foglalkozni. Mivel a minőséget csökkentő fotokémiai reakciók főleg nagyenergiájú fotonok hatására játszódnak le, ezért pl. a hosszú ideig használt egyszerű lángok (gyertya, mécses) egyáltalán nem okoztak elváltozást a palackos borokban. A villanyvilágítás és az egyre „fehérebb" fényt kibocsátó lámpák elterjedésével azonban azok fénye egyre gazdagabb lett a borokra ártalmas, 450 nm-nél kisebb hullámhosszúságú komponensekben, így az annak hosszabb ideig kitett borok minőségromlása már nem elhanyagolható. Hasonlóképpen elterjedt, hogy a borospalackokat nem pincéből vásárolják a fogyasztók, hanem borszaküzletekből vagy élelmiszerboltokból. Ezekben igen gyakran polcokra kitett palackokat árulnak, amelyek nemcsak a mesterséges fény, hanem az ablakokon behatoló napfény hatásának is ki vannak téve. Mindezek miatt a palackokat érő fény hatása hozzájárul a bor minőségének alakulásához.

Fény hatásának hosszabb időre kitett borok minősége általában romlik. Az erre használatos megnevezés magyarul a „fényíz", ami a francia „goût de lumière" kifejezés fordítása. (Az angol elnevezés az analóg fényképezésben használt fényérzékeny filmekre alkalmazott „fényt kapott" kifejezéssel egyezik meg: „light struck flavour"; használatos azonban a „sunlight flavour" kifejezés is.) A borászati szakirodalom a borra nézve ártalmas fotokémiai reakciók között a két legfontosabbként a vas- és riboflavin-katalizált oxidatív folyamatokat és a kéntartalmú aminosavak vitaminok katalizálta bomlását követő, főleg illó

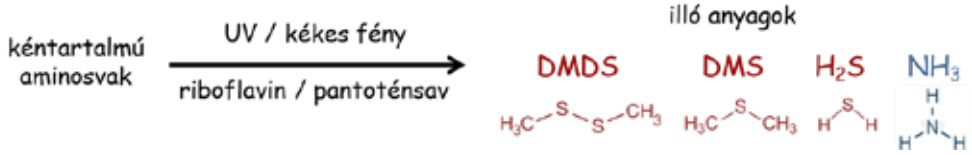


1. ábra. Vas által katalizált oxidációs folyamatok a borban fény hatására. A kén-dioxid oxidációját kénsavvá, valamint az etanol oxidációját acetaldehiddé színes keretezéssel kiemeltük. (Grant-Preece et al. [2] alapján.)

kénvegyületeket eredményező folyamatokat tartja számon. [2] Ezeket a folyamatokat elsősorban a 440 nm-nél kisebb hullámhosszúságú fény váltja ki.

Az 1. ábrán a vaskatalizált folyamatok vázlatos reakcióhálózata látható. A vas katalizáló hatását a kétértékű vas háromértékűvé oxidálásának eredményeként fejti ki, amit vagy a fény hatására is keletkező szingulett oxigén (ez látható az ábrán), vagy a fotogerjesztett szingulett riboflavin (nem szerepel az ábrán) vált ki. A háromértékű vas azután képes más anyagokat oxidálni, így visszaalakul kétértékű vassá, a folyamat pedig elölről kezdődhet. Az oxidációs folyamatnak a bor minősége szempontjából az etanol acetaldehiddé alakulása, illetve a kén-dioxid (illetve a HSO_3^- anion) kénsavvá (illetve SO_4^- anionná) alakulása a káros következménye. Az acetaldehid íze kellemetlen, a kéndioxid (illetve hidroszulfition) koncentrációjának csökkenése pedig a bor tartósságát csökkenti.

A kéntartalmú aminosavak vitaminok által katalizált bomlása bonyolult folyamat, amit az alábbi szimbolikus ábrával szemléltetünk:



2. ábra. Kéntartalmú aminosavak fény hatására, vitaminok által katalizált reakciókban lejátszódó bomlásának vázlatos folyamata.

A dimetil-diszulfid (DMDS) és a dimetil-szulfid (DMS) kénhidrogén (H2S) analóg vegyületek, amelyek a fényíz „főtt zöldség", „főtt káposzta", „ázott kutya" szagát, a kénhidrogén pedig a „záptojás" szagát eredményezik – már rendkívül kicsi, akár néhány nanomol/liter koncentrációban is.

A fenti – és még több további, kisebb jelentőségű – folyamatok eredményeképpen a fény hatásának kitett palackos borok minősége a bor fényérzékeny komponenseinek és egyéb összetevőinek, a megvilágító fény spektrális összetételének és intenzitásának, a palackanyag optikai tulajdonságainak és a megvilágítás időtartamának függvényében többé-kevésbé degradálódik. Emiatt érdemes az említett szempontokat figyelembe venni a palackos bor tárolása során.

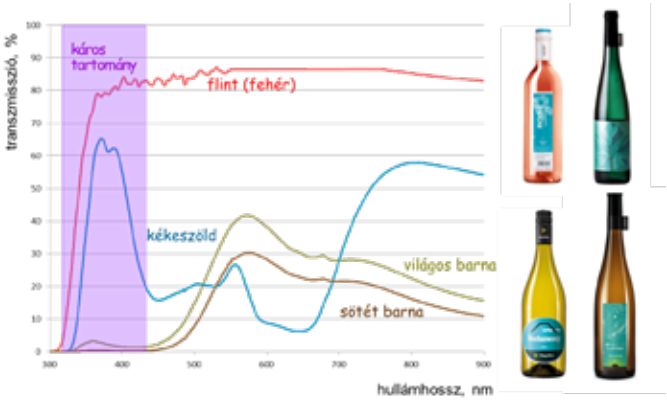
3. Borospalackok fényáteresztő képessége

Meglehetősen sokféle anyagú és formájú üvegpalack használatos borok forgalmazására. Fényáteresztés szempontjából alaptípusnak tekinthető a fehér, a zöld, valamint a barna (borostyánszínű) üveg. Fehér borokat főleg zöld vagy barna, rozé borokat szinte kizárólag fehér, vörösborokat ugyancsak zöld vagy barna üvegpalackban szokás forgalmazni.

Vizsgálatainkban a Laposa pincészet [3] négy borospalackjának üvegéből vett minták fényáteresztését vizsgáltuk egy Avantes AvaSpec-ULS2048 StarLine száloptika bemenetű diódasoros spektrométer [4] segítségével. A kisebb hullámhosszakhoz (300–555 nm) egy nagynyomású higanylámpát, a nagyobb hullámhosszakhoz (556–900 nm) egy wolframszálas izzólámpát használtunk fényforrásként. A mért transzmissziós spektrumok a 3. ábrán láthatók. Az ábra jobb szélén a borospalackokat mutatjuk, amelyeknek színe alapján azonosíthatók a spektrumok. (A fehér üvegben az ábrán rosé bor van, ennek megfelelően a spektrum színe is rózsaszín.) A kékeszöld üveg a kéknyelű bor palackozására készült, de spektruma nagyon hasonlít

a szokásos zöld üvegekére; a különbség mindössze a 450 és 650 nm közötti szélesebb sáv maximumának kb. 70% helyett kb. 25% értékében van.[5]

Az ábrán bejelöltük a borra nézve fotokémiailag káros hullámhossz-tartományt is. Amint látható, ebben a tartományban a fehér üveg kb. 330 nm felett a beeső fénynek mintegy 80%-át, a kékeszöld üveg pedig kb. 330 és 430 nm között közel 60%-át áteresztі. A sötétbarna üveg a káros tartományban gyakorlatilag mindent kiszűr, de a világosbarna üveg fényáteresztése sem haladja meg a 3–4%-ot. Megállapíthatjuk tehát, hogy olyan megvilágítás esetén, amelynek a kritikus, 330 és 440 nm közti hullámhossz-tartományban jelentősebb fénye van, a fehér és kékeszöld palackban lévő borok minősége veszélyben van.

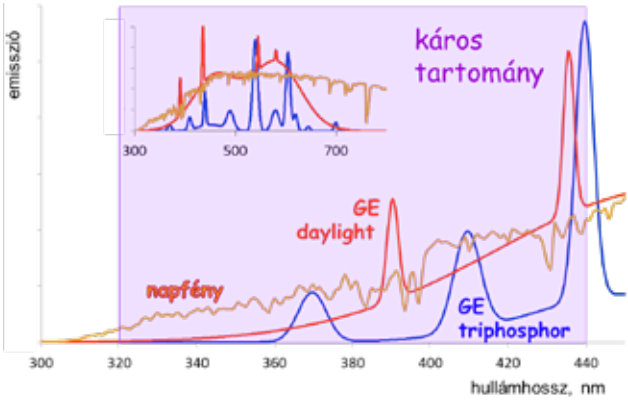


3. ábra. A vizsgált négy borospalack üvegének fényáteresztése a megvilágítás hullámhosszának függvényében. A palackok a jobb oldalon láthatók; a transzmissziós spektrumok színkódja azonosítja őket. (A rosé bor fehér flintüveg palackban van. A másik három palackban fehér bor van, így azok színe jól látható.) A bor fotokémiai károsodását okozó hullámhossz-tartományt a színes sáv mutatja.

4. Fényforrások fénykibocsátása és azok fotokémiai hatása a borban

A palackos borokat érheti természetes fény, vagy a tároló helyiségben, illetve az üzletekben használatos mesterséges világítás fénye. A Föld felszínére lejutó napsugárzás spektruma folytonos, és a káros hullámhossz-tartományban a hullámhossz növekedésével a besugárzás növekszik. A még használatban lévő kompakt fénycsövek kibocsátott fényének spektrális eloszlása sávokat tartalmaz ugyan, de azok eléggé átfednek, és folytonos, összefüggő spektrumuk van; a hullámhossz növekedésével ugyancsak emelkedő tendenciával. A Föld felszínére lejutó napfény és két kompakt fénycső sugárzásának spektruma a 4. ábrán látható.

Napjainkban a fénycsöveket és az izzólámpákat kiszorítják a LED fényforrások, de azok spektruma szűkebb sávokból tevődik össze, és erősen függ az alkalmazott LED-ek tulajdonságaitól. Emiatt a további számításainkat napfényre és az ábrán is szereplő kompakt fénycsövekre végezzük csak el. Az már az ábrán is látszik, hogy mind a fénycsövek, mind a nap fénye jelentős besugárzást jelent a borokra káros hullámhossztartományban. Ez számításokkal is igazolható; a szokásos nappali, borult ég alatti fényerősséggel és a kompakt fénycsövek szokásos fénykibocsátásával számolva a következő megvilágítási értékeket kaphatjuk ebben a tartományban. Erős nappali fény borult időben 300 nanoeinstein /(dm^2 s) (nE dm^{-2} s^{-1}), 100 lux megvilágítás esetén a GE triphosphor fénycső 0,1 nE dm^{-2} s^{-1}, a GE daylight fénycső pedig 0,3 nE dm^{-2} s^{-1} fényáramot jelent, ha a fénycsövek a céltárgytól



4. ábra. Két General Electric gyártmányú kompakt fénycsőből sugárzott fény [6] és a Föld felszínére jutó napsütés [7] spektrális eloszlása egymáshoz normálva. A teljes látható spektrum a bal felső kis beillesztett diagramban látható, annak 300–440 nm közötti része pedig a fő diagramban kinagyítva. A bor fotokémiai károsodását okozó hullámhossz-tartományt a színes sáv mutatja.

kb. 3 m távolságra vannak. (Az Einstein egység a fotokémiában használatos; 1 E = 1 mol foton.)

Az így kapott adatok és a bort károsító fotokémiai folyamatok adatainak felhasználásával kiszámíthatjuk, milyen károsodást szenved a palackban lévő bor adott megvilágítási idő alatt. Ehhez a borban elnyelt fotonok mennyiségére, valamint a káros fotokémiai folyamatok ún. kvantumhatásfokára van szükségünk. (A kvantumhatásfok az egy foton által kiváltott reakciók számát jelenti darab átalakult molekula egységben.)

A korábban említett fontosabb fotokémiai folyamatok kvantumhatásfoka a bor összetételétől függően kb. 0,01 és 0,3 között van. A fény hatásának kitett palackokba bejutó fényáram a felszínüket érő fénytől, a fényforrás távolságától, a palackok reflexiójától és alakjától, valamint azok anyagától függ. Az üzletben tárolás szokásos körülményei és az átlagos palacktulajdonságok alapján a palackra eső fény 0,01–5 százalékára becsülhető a borba bejutó fénymennyiség. Ezek alapján a káros fotokémiai folyamatok sebessége a borban 0,0001 és 0,005 nmol/s értékűnek becsülhető. Tegyük fel, hogy ennek tipikus értéke kb. 0,001 nmol/s.

A bor károsodása élvezeti érték szempontjából akkor következik be, ha kóstoláskor észrevehető a minőség romlása. A korábban említett „fényízt" okozó kéntartalmú anyagok esetén ez a küszöbérték nagyon alacsony; 50 nmol/liter körül van. Ebből az következik, hogy 500 lux megvilágítás esetén kb. 15 óra megvilágítás után, kissé gyengébb, 100 lux megvilágítás esetén kb. 75 óra után érezhető lesz a fényíz.

5. Védekezés a bor fénykárosodása ellen

A számításokból kiderült, hogy a fehér – és valamivel kisebb mértékben a zöld, illetve kékeszöld – üvegpalackban tartott borok minősége fehér fénnyel megvilágított polcon történő tárolás esetén elég komoly veszélynek van kitéve. Ennek elkerülésére több lehetőség is kínálkozik. A legkézenfekvőbb ezek közül az, hogy a palackokat sötét helyen (pincében) tároljuk, és csak az értékesítés idején hozzuk ki őket a fényre. Ez azonban tapasztalatok szerint nem így van a borszaküzletekben és a szupermarketekben, ahol a borokat ténylegesen kiteszik a polcokra.

A fénynek kitett borokat a károsodás elkerülésére érdemes vagy barna, vagy vastag falú zöld üvegpalackokban tartani. A hagyományosan fehér, illetve zöld palackokban

tartott rosé, illetve fehér borok tárolására az üzletekben is érdemes a hat palackot magában foglaló barna (azaz átlátszatlan) kartondoboz használata, aminek oldalára rárakgasztható a palackokon is szereplő címke, így a készlet vásárlói megtekintéséhez nem okvetlenül fontos a doboz megbontása és a palack közvetlen megtekintése. Ha a vásárló mégis így szeretné megnézni a palackot, kiveheti a dobozból. A meg nem vásárolt tételeket viszont tanácsos visszatenni a kartondobozba.

5. ábra. Fényérzékeny borospalackok tárolása a) kartondobozban b) egyedi csomagolásban.

A borok fénytől való kímélésének egy másik lehetséges módja a palackok egyenként történő becsomagolása fényt át nem eresztő (tipikusan barna) papírba, amire ugyancsak fel lehet ragasztani az üvegen is szereplő címkét. Az így becsomagolt borokat a szaküzletekben sem szokás felbontani, így a csomagolás igen hatékonyan véd a fénykárosodás ellen; elegendő a palackot közvetlenül fogyasztás előtt kicsomagolni.

Környezetvédelmi ajánlások [5] ezen felül javasolják a fehér és zöld palackok anyagába olyan komponensek (pl. titán, vanádium, cérium) adalékolását, amelyek csökkentik a kritikus hullámhossz-tartományban az üveg fényáteresztését. Javasolják továbbá olyan átlátszó műanyag rétegek felvitelét a világos üvegek felületére, amelyek kiszűrik az ultraibolya és a rövid hullámhosszú látható fényt. Ezen kívül ajánlják olyan fényszűrők alkalmazását az üzletek megvilágítására, amelyek a kritikus hullámhossz-tartományt kiszűrik.

Fontos megemlíteni azt is, hogy borszaküzletekben nemcsak a mesterséges fényre kell ügyelni, hanem az ablakokon beszűrődő természetes fényt is érdemes minél kisebb mértékre korlátozni. Különösen fontos, hogy ablakok mellett ne legyenek olyan tárolópolcok, amelyekhez a beszűrődő fény könnyen hozzáfér.

Összefoglalásképpen megállapíthatjuk, hogy a borok fénykárosodásának kivédésére rendelkezésre állnak megfelelő eszközök. Érdemes azokat olyan mértékben alkalmazni, hogy a palackban tárolt nemes italok minősége ne változzon annyira a megvilágítás következményeképpen, hogy élvezeti értékük észrevehető mértékben romlana.

Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozom Laposa Zsófiának és a Laposa Birtok kft-nek a palackos borok rendelkezésre bocsátásáért. Ezúton köszönöm Vesztergom Soma és Szalai István kollégámnak a palacküvegek transzmissziós spektrumának felvétele során a spektrométer használatának lehetőségét és a mérésekhez nyújtott segítséget.

Hivatkozások

[1] Kállay Miklós: A bor kémiája; Mezőgazda Kiadó, Budapest, 2010 (elérhető online is: https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/2011_0001_521_Borszati_kemia/index.html); utolsó elérése: 2021. július 5.

[2] Paris Grant-Preece, Celia Barril, Leigh M. Schmidtke, Geoffrey R. Scollary & Andrew C. Clark (2017) Light-induced changes in bottled white wine and underlying photochemical mechanisms; Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 57, 743–754, DOI: 10.1080/10408398.2014.919246

[3] https://www.laposa.hu/

[4] https://www.avantes.com/products/spectrometers/starline/item/208-avaspec-uls2048-starline-versatile-fiber-optic-spectrometer; utolsó elérés 2020. október 28.

[5] Andy Hartley (2008) The Effect of Ultraviolet Light on Wine Quality; Final Report: GlassRite: Wine, ISBN: 1-84405-386-5 (elérhető: https://www.semanticscholar.org/paper/The-Effect-of-Ultraviolet-Light-on-Wine-Quality-Hartley/ecb44ea179c64ec0e76fc198b5d86b52e4bbf302) utolsó elérése: 2021. július 5.

[6] L. David Roper, Michael Rosenzweig (2011) Electromagnetic Spectra of Light Bulbs http://www.roperld.com/science/electromagneticspectraoflightbulbs.pdf; utolsó elérés 2020. október 28.

[7] Standard Tables for References Solar Spectral Irradiance at Air Mass 1.5: Direct Normal and Hemispherical for a 37° Tilted Surface (2005) ASTM International https://www.nrel.gov/grid/solar-resource/assets/data/astmg173.xls ; utolsó elérés 2020. október 28.

Évszázados tapasztalat –

évszázados szakmai tudás

Rendszeres szakmai programjainkkal támogatjuk

közösségünk színvonalas továbbképzését

Figyelje honlapunkat, vagy

kövessen minket a facebook-on

soron következő rendezvényünk

részleteit illetően!

www.vilagitas.org

Tudjon meg többet a VILÁGÍTÁSRÓL a VTT rendezvényein!

Színkülönbségek maszkolása érzékszervi vizsgálatokban

– -Urbin Ágnes[1], Nagy Balázs Vince[1], Nyitrai Ákos[2], Szabó Dániel[2], Sipos László[2] –

Tartalmi kivonat

Az érzékszervi vizsgálatok egyik nagy kihívása, hogy a mérőeszközök maguk az emberi érzékszervek, így legtöbb esetben az ember, mint észlelő maga is része a mérőrendszernek. Emiatt a vizsgálatok tervezése során különös figyelmet kell fordítani az emberi tényezők miatt felmerülő hibák és kereszthatások kiküszöbölésére vagy csökkentésére.

Tanulmányunkban a vizuális, elsősorban a termékek színei között észlelhető különbségekből adódó hibák kiküszöbölését szolgáló maszkolási módszerekről adunk rövid áttekintést.

1. Bevezetés

Az élelmiszerek érzékszervi jellemzői, mint például az ízek vagy az illatok intenzitása, az aroma vagy állag tulajdonságai nem vizsgálhatóak egymástól függetlenül, mivel közülük egyszerre több is befolyásolhatja az adott termék általános megítélését. Számos tanulmány számol be arról, hogy a termékek vizuális megjelenése elvárás hibát okoz a termék illatára és ízére vonatkozóan [1]–[3].

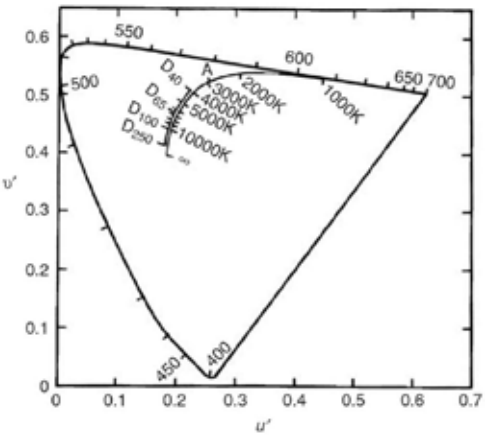
Abban az esetben, ha az érzékszervi vizsgálat céljai között nem szerepelnek vizuális szempontok, a vizsgálati körülményeket (mint például a megvilágítás, a bíráló ruházata, a monitor kalibrációja vagy a tálak, edények színe) úgy kell kialakítani, hogy minél kevésbé befolyásolják a bírálót [4].

2. Érzékszervi bírálati helyiségek világítástechnikai követelményei

Az érzékszervi vizsgálatokra vonatkozó szabványok között a bírálati helyiségek kialakítására vonatkozóan általános útmutatót találhatunk [5], amely a megvilágítási környezettel kapcsolatban is rendelkezik.

A szabvány alapján a bírálati kabinokban alapvetően a napfényt szimuláló fehér megvilágítást kell biztosítani, az elsődleges cél az elméleti D65 megvilágítót megközelítő fényforrások alkalmazása és homogén fénysűrűség-eloszlás biztosítása.

A CIE által definiált D megvilágítók a napfény spektrális teljesítményeloszlását szimulálják, matematikai modell alapján. Ahogy az 1. ábra mutatja, színezetük megközelíti a megfelelő hőmérsékletű Planck sugárzók színezetét [6].

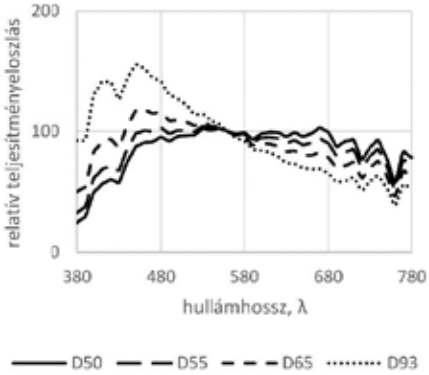


1. ábra. A Planck sugárzók és a CIE D megvilágítók színpontjai [6].

[1] Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Gépészmérnöki KarMechatronika, Optika és Gépészeti Informatika Tanszék

[2] Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet Árukezelési, Kereskedelmi, Ellátási Lánc és Érzékszervi Minősítési Tanszék

A CIE D megvilágító-sorozat tagjainak relatív spektrális teljesítményeloszlását a 2. ábra mutatja.



2. ábra. CIE D megvilágítók spektrális teljesítményeloszlása a látható hullámhossztartományon

Az ezeket megközelítő fényforrások egy a látható és egy az UV hullámhossztartományban számított metameria index alapján kaphatnak napfényszimulátor minősítét [7]. A metameria vizsgálat alapján létrehozott kategóriákat az 1. Táblázat mutatja be.

A kategóriák a metamer színpárok között a CIELAB és a CIELUV színrendszerekben számított átlagos színkülönbségek alapján kerülnek meghatározásra.

1. Táblázat: Napfényszimulátorok minősítései metameria-vizsgálat alapján.

Kategória	ΔE_{ab}	ΔE_{uv}
A	<0,25	<0,32
B	0,25-0,5	0,32-0,65
C	0,5-1,0	0,65-1,3
D	1,0-2,0	1,3-2,6
E	>2,0	>2,6

A szabvány szerint a referencia fehér (D65) fény mellett speciális fényforrások is alkalmazhatóak a termékek közötti különbségek elfedésére, mint például állítható fényáramú vagy színezett fényforrások, színezett szűrők, vagy monokromatikus fényforrások.

3. Színmaszkolási módszerek

Annak ellenére, hogy a vizuális ingerek zavaró hatásának kiküszöbölésre vonatkozó irányelvet több szabványban is rögzítették [5], [8], [9], kevés ténylegesen alkalmazáscentrikus megoldást publikáltak a szakirodalomban.

Mindeközben a maszkolás elterjedt módszerei általában nem termékspecifikusak és gyakran hibával terheltek.

3.1. Szembekötés

Egy elterjedt megoldás, hogy a vizsgálatok alatt az érzékszervi bíráló szemét eltakarják, így teljesen kizárva a vizuális ingereket. Ez a megoldás azonban zavaró érzést kelthet, elbizonytalaníthatja a bírálót, valamint a vizsgálatot magát is megnehezítheti, amennyiben így a bíráló egyedül nem tudja elvégezni a feladatot és segítségre szorul [10].

Napjainkban ez a módszer egyre inkább háttérbe szorul, de még mindig találkozhatunk vele különböző termékek vizsgálatakor [11]–[13].

3.2. Színezett edények

Különösen folyadékok esetében elterjedt megoldás a speciális edények, poharak használata, amelyek elfedik a vizsgálandó termékek vizuális tulajdonságait.

Oliva olaj vizsgálatával kapcsolatban például nemzetközi publikációkban találkozhatunk kobalt kék színű poharakkal [14], [15], de 2017 óta megjelentek a kereskedelmi forgalomban a piros színű poharak is.

A megoldás hiányossága, hogy a pohár oldalról ugyan tud takarni, a kóstolás során

jó eséllyel rá lehet látni a folyadékra, így a vizuális különbségek, ha kisebb mértékben is, de észlelhetőek.

3.3. Színezett termékek

Szintén elsősorban folyadékok vizsgálatakor megoldható, hogy magához a termékhez olyan színezéket adnak, ami elfedi a színbeli különbségeket.

Ennek a módszernek hátránya a körülményes előkészítés, és hogy ezek az adalékanyagok sokszor a színezet mellett más tulajdonságot is változtatnak (pl. íz, illat, állag), így a vizuális hatás kiküszöbölését csak más hiba árán sikerül megvalósítani.

Mindazonáltal erre a módszerre is találhatunk példákat a szakirodalomban [16]–[18].

3.4. Termékek eltakarása

Ritkán használt megoldás a termékek eltakarása: fedett poharak vagy tálak alkalmazása, amelyeket csak a konkrét vizsgálatok idejére nyitnak ki, ha a vizsgálat jellege miatt ez szükséges.

3.5. Színes szemüvegek

A szem eltakarásának egy enyhébb változata, ha nem teljesen iktatjuk ki a látást, hanem a célnak megfelelően próbáljuk meg befolyásolni az érzékelést. Erre egy megoldás lehet színezett lencséjű szemüvegek viselése.

Erre a módszerre napjainkban aránylag kevés gyakorlati példa található, tekintettel arra, hogy a lencsék hatásossága termékspecifikusan változik, az előállításuk különböző vizsgálatokhoz nem hatékony és célravezető.

3.6. Monokromatikus megvilágítás

A színkülönbségek kiküszöbölésére egy elterjedt megoldás a bírálói kabinokban elhelyezett monokromatikus fénycsövek alkalmazása. Leggyakoribb a vörös fény, de találkozhatunk kék, zöld vagy sárga maszkoló fénnyel is.

A módszer hátránya hasonlóan a színezett szemüvegekhez hasonlóan az, hogy adott monokromatikus sugárzás csak bizonyos termékcsoportok között észlelhető különbség csökkentésére alkalmas, akár még az is előfordulhat, hogy a speciális megvilágítás a maszkolás helyett bizonyos különbségeket kiemel [19].

Ezzel a sajátossággal együtt is, számos tanulmányt találhatunk, amelyben a színkülönbségek csökkentésére fénycsöveket használnak [20]–[22].

3.7. Termékspecifikus megvilágítás

Tekintettel arra, hogy a monokromatikus maszkolás legnagyobb hibája, hogy nem termékspecifikus, azonban a fényforrásnak megfelelő termékcsoportoknál jó hatékonysággal működik, célszerű olyan megoldásban gondolkodni, ahol több spektrális csatorna kombinációjával, a vizsgálandó termékek színtani tulajdonságainak (spektrális reflexió vagy transzmisszió) ismeretében célirányos maszkoló megvilágítást hozhatunk létre.

A LED-ek térhódítása a világítástechnika területén erre jó lehetőséget nyújt: a LED-ek viszonylag szűk, jellemzően 50nm-nél kisebb félértékszélességű spektrális tartományokon sugároznak, így kvázi-monokromatikusnak tekinthetők [23]. Méretüknek és vezérelhetőségüknek köszönhetően több spektrális csatorna is megvalósítható egy vizsgáló kabinon belül, amelyek termékspecifikus maszkoló megvilágítások alapjául szolgálhatnak [24].

4. Összefoglalás

Javasoljuk spektrálisan hangolható kabinok és termékspecifikus maszkoló megvilágítás alkalmazását az érzékszervi vizsgálatok során.

Irodalomjegyzék

[1] J. B. Hutchings, "The importance of visual appearance of foods to the food processor and the consumer," J. Food Qual., vol. 1, no. 3, 1977.

[2] G. Tom, T. Barnett, W. Lew, and J. Selmants, "Cueing the consumer: The role of salient cues in consumer perception," Journal of Consumer Marketing, vol. 4, no. 2. 1987.

[3] S. T. Wei, L. C. Ou, M. R. Luo, and J. B. Hutchings, "Optimisation of food expectations using product colour and appearance," Food Qual. Prefer., vol. 23, no. 1, pp. 49–62, 2012.

[4] C. Spence, "On the Relationship(s) between Color and Taste/Flavor," Exp. Psychol., vol. 66, no. 2, 2019.

[5] ISO 8589:2007, "Sensory analysis – General guidance for the design of test rooms," ISO. 2007.

[6] R. W. G. Hunt and M. R. Pointer, Measuring colour, Foruth edi. John Wiley & Sons, Ltd, Wiley-IS&T Series in Imaging Science and Technology, 2011.

[7] R. Hirschler, "CIE Method of Assessing Daylight Simulators," Encycl. Color Sci. Technol., pp. 1–9, 2015.

[8] ISO 6658:2017, "Sensory analysis – Methodology – General guidance," ISO, vol. 3, 2017.

[9] SO 11037:2011, "Sensory analysis – guidelines for sensory assessment of the colour of products." 2011.

[10] L. Sipos, I. Király, L. Bábel, Z. Kókai, and M. Tóth, "Role of sight in flavour perception: Sensoryassessment of apple varieties by sighted and blind panels," Acta Aliment., vol. 40, 2011.

[11] M. Loi et al., "Yield improvement of the Italian fresh Giuncata cheese by laccase–induced proteincrosslink," Int. Dairy J., vol. 100, 2020.

[12] F. R. Harker et al., "Influence of postharvest water loss on apple quality: The use of a sensory panelto verify destructive and non-destructive instrumental measurements of texture," Postharvest Biol. Technol., vol. 148, 2019.

[13] V. L. van Stokkom, A. E. Blok, O. van Kooten, C. de Graaf, and M. Stieger, "The role of smell, taste,flavour and texture cues in the identification of vegetables," Appetite, vol. 121, 2018.

[14] M. Melgosa, L. Gómez-Robledo, R. Huertas, L. F. Capitán-Vallvey, M. J. Moyano, and F. J. Heredia,"Color measurements in blue-tinted cups for virgin-olive-oil tasting," JAOCS, J. Am. Oil Chem. Soc.,vol. 86, no. 7, 2009.

[15] E. Borras et al., "Prediction of olive oil sensory descriptors using instrumental data fusion and partialleast squares (PLS) regression," Talanta, vol. 155, 2016.

[16] P. P. Leksrisompong, M. E. Whitson, V. D. Truong, and M. A. Drake, "Sensory attributes and consumer acceptance of sweet potato cultivars with varying flesh colors," J. Sens. Stud., vol. 27, no. 1,2012.

[17] S. Jantathai, M. Sungsri-in, A. Mukprasirt, and K. Duerrschmid, "Sensory expectations and perceptions of Austrian and Thai consumers: A case study with six colored Thai desserts," Food Res.Int., vol. 64, 2014.

[18] Q. J. Wang and C. Spence, "Drinking through rosé-coloured glasses: Influence of wine colour on theperception of aroma and flavour in wine experts and novices," Food Res. Int., vol. 126, 2019.

[19] H. Stone, R. N. Bleibaum, and H. A. Thomas, Sensory Evaluation Practices Fourth Edition. 2012.

[20] L. Elgaard, L. A. Mielby, H. Hopfer, and D. V. Byrne, "A comparison of two sensory panels trainedwith different feedback calibration range specifications via sensory description of five beers," Foods,vol. 8, no. 11, 2019.

[21] F. Malongane, L. J. McGaw, L. K. Debusho, and F. N. Mudau, "Sensory characteristics and volatilecompounds of herbal teas and mixtures of bush tea with other selected herbal teas of South Africa,"Foods, vol. 9, no. 4, 2020.

[22] S. Barbieri, A. Bendini, F. Balestra, R. Palagano, P. Rocculi, and T. Gallina Toschi, "Sensory andinstrumental study of Taralli, a typical Italian bakery product," Eur. Food Res. Technol., vol. 244, no.1, 2018.

[23] M. R. Luo, Encyclopedia of Color Science and Technology. 2016.

[24] Á. Nyitrai, Á. Urbin, B. Vince Nagy, and L. Sipos, "Novel approach in sensory color masking:Effects of colored environments on chocolates with different cocoa content," Food Qual. Prefer., vol.95, no. August 2021, p. 104363, 2021.

Csak mértékkel!

– Kolláth Zoltán, Eszterházi Károly Katolikus Egyetem, Környezeti Fényviszonyok Kutatócsoport –

Bevezetés

Gyakran hallunk véleményeket világításról, fényforrásokról. Sok, kevés, ártalmas – de a vélemény nem tartalmaz számszerű információt. A metrika, mérték és adatok nélküli kinyilatkoztatásoknak nincs sok értelmük. Viszont ha már van mértékünk, akkor mondhatjuk, hogy csak mértékkel, ne használjunk többet annál, mint ami szükséges. Precíznek kell lennünk akkor is, ha elsőre nem látszik, hogy számszerű mértéke is van a kijelentésünknek. Sokszor halljuk, hogy jók a LED-ek vagy éppen azt, hogy ártalmasok. Közben elfelejtik azt, hogy LED és LED között óriási különbségek vannak. Az elmúlt időszakban százával készítettem színképeket az égboltról és fényforrásokról is. Találkoztam olyan LED-ekkel, amiknek nagyon nem tetszett a spektruma, de volt olyan, amelynek színi összetétele az adott feladathoz éppen megfelelőnek bizonyult. Hogy jó vagy rossz, az függ attól, hogy éppen mire kell használnunk. Hallunk olyan kijelentéseket is egy fényforrásról általánosságban is szólva, hogy azért ártalmas, mert nem természetes a fénye. A fotonok nem tudnak arról, hogy honnan jöttek – azt is mondhatjuk, hogy minden fény részecske természetes. A színképi összetétel alapján mondhatunk csak véleményt. A mai technológia mellett pedig létrehozható olyan fény, ami színképe alapján sem tér el jelentősen a természetes nappali fénytől.

A világítás és a fény szempontjából a megfelelő metrika kiválasztása nem egyszerű kérdés. Egyes esetekben még nem is született meg az igazán jó metrika. Általánosan használják a fotometriai mennyiségeket, megadják a fényáramot lumenben vagy éppen a megvilágítást luxokban. Megszoktuk ezeket az egységeket, de van egy nagy hibájuk: antropocentrikusak. Az emberi látás szempontjából definiálták ezeket a metrikákat, mégis sokszor használják akkor is, amikor más hatás alapján kellene megítélnünk a fény vagy az egyéb optikai sugárzás mennyiségét. Vannak persze kísérletek más egységekre. Például a növények fotoszintézise szempontjából nem a teljes besugárzott energia, hanem a fotonok száma a mérvadó. Ezért találták ki a botanikusok a PAR (photosynthetically active radiation = fotoszintézis szempontjából aktív sugárzás) mennyiséget, amit az egy másodperc alatt egy négyzetméterre beeső fotonok mólban kifejezett számával adnak meg. Persze ez sem teljesen jó, mert a növények főleg a kék és a vörös fényt hasznosítják – nem véletlen, hogy zöld a növény levele. Így aztán vannak alternatív egységek. Az állatvilág zavarása ismételten más metrikát igényel, hiszen a számukra egészen más lehet a láthatósági függvény, mint az emberek számára.

Egy másik fénnyel kapcsolatos sűrűn használt metrika a korrelált színhőmérséklet (CCT). Habár jól működik a CCT egyes fényforrások esetén a spektrális tulajdonságok jellemzésére, sokszor próbálják arra is alkalmazni, amire nem kellene. A gondolkodás nélkül, mechanikusan generált korrelált színhőmérséklet lehet 3000 K, de lehet, hogy a valóságban már semmi kapcsolata sincs egy 3000 K-es hőmérsékleti sugárzóhoz. Ráadásul a számított 3000 K-es fényforrások között óriási eltérés lehet a spektrumban és egy adott szempontú hatás vizsgálatakor. Ilyenkor megint csak más metrikára van szükség.

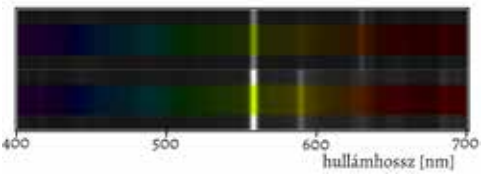
Az éjszakai égbolt mérése

A cikk írásakor zárul a három egyetem konzorciumában létrejött EFOP-3.6.2-16-2017-00014 azonosító számú *„Nemzetközi kutatási környezet kialakítása a fényszennye-*

zés vizsgálatának területén" című projekt. A program egyik fő kutatási területe az égbolt fényességének mérése volt Magyarországon és külföldi helyszíneken is. A mérésekhez voltak már elterjedten használt mértékegységek, de ezek a metrikák sem voltak igazán jól használhatók. Ráadásul több olyan egységet használnak, amelyekhez eltérő spektrális válaszfüggvény tartozik, ezért az egyes mérések közötti átváltás is problémás. A projekt folyamán több kérdés felvetődött, amikre legalább részben megoldást is javasoltunk. Ma már elmondhatjuk, hogy munkánk nemzetközi szinten is gondolkodásra késztette a témához kapcsolódó kutatókat. Két nemzetközi workshopot tartottunk a Zselicben a mérések kapcsán. Az egyiken a kissé tanácstalanul együtt gondolkodó résztvevőkről görög világítástechnikus kollégánk Constantinos Bouroussis készített fotót. Később ő lett a Nemzetközi Világítási Bizottság új technikai bizottságának (TC 2-95: Measurement of obtrusive light and sky glow – a zavaró fény és az égbolt fénylésének mérése), amelynek a jelen cikk írója is alapítótagja. A TC 2-95-ről szóló ismertető előadásokon Constantinos az imént említett fotót mindig meg szokta mutatni azzal, hogy ez volt az az esemény, amikor az új technikai bizottság gondolata megszületett. Talán így mi is hozzájárultunk ahhoz, hogy hamarosan a CIE-nek az éjszakai égbolt méréséhez kapcsolódó korszerű ajánlásai is legyenek.

Egy másik nemzetközi eseménysorozat az ENSZ Világűr Hivatala és a Nemzetközi Csillagászat Unió által szervezett „Sötét és csendes égbolt a tudomány és a társadalom szolgálatában (Dark & Quiet Space for Science and Society)" című két online konferencia volt. Az első konferencia után megjelent az említett szervezetek közös helyzetértékelése és ajánlásai [1]. A javaslatok között szerepel az éjszakai égbolt mérésére és annak metrikájára vonatkozó előírás is. Ezek szerint a Föld csillagászati obszervatóriumainak környezetében egységes „világszabvány" szerinti metrika alapján kellene az égbolt fényességét monitorozni. A számunkra kedvező része az ajánlásnak, hogy a projektünkben kidolgozott metrika szerepel elsődleges javaslatként. De hogyan is jutottunk el egy ilyen metrikához?

Minden optikai sugárzással kapcsolatos mérésnél az elsődleges információ az elektromágneses sugárzás spektruma, a fény esetében a színkép. Ha ismerjük a teljesítmény (vagy sugársűrűség, besugárzás stb.) spektrális eloszlását, akkor minden információ a rendelkezésünkre áll. Ebből tetszőleges láthatósági függvény, spektrális érzékenység esetére kiszámolhatók a megfelelő mennyiségek. Az égbolt mérésénél is ebből indultunk ki. Ma már léteznek olyan spektroradiométerek, amelyek akár terepi viszonyok között is képesek a természetes égbolt színképének meghatározására. Példaként az 1. ábrán bemutatjuk, hogy a természetes égbolt fényének összetétele is milyen sokat tud változni pl. a naptevékenység hatására.



1. ábra. A természetes égbolt spektruma alaphelyzetben (fönt) és egy nátrium esemény után (alul).

Az éjszakai égbolt spektrumában a fényszennyezés mentes helyeken az oxigén 558 nm-es zöld és 630 nm-es vörös vonala dominál, amelyek a magaslégkörből (80-130 km) erednek. Megjelenik még sok más vonal köztük a nátrium jól ismert narancsos fénye. Napkitörések után ez a vonal megerősödhet – ezt nevezzük nátrium jelenségnek, amely általában az oxigén zöld vonalának a megerősödésével jár együtt. A természetes éjszakai égbolt fénylésben a vonalas komponens mellett van még egy eléggé egyenletes foly-

tonos sugárzás is, ami a világűrből származik (a távoli csillagok együttes fénye, a Naprendszer poráról visszaszóródó napfény). Ez a folytonos sugárzás nagyságrendileg 2 nW $sr^{-1}m^{-2}nm^{-1}$ spektrális sugársűrűséggel (radianciával) jellemezhető. A színképvonalakon kívül, ha bármilyen szűrőfüggvénnyel is definiálunk egy metrikát, akkor szűrővel súlyozottan átlagolt (ha „szögletes" a szűrőfüggvény, akkor sávátlagolt) spektrális radiancia maga is

2 nW $sr^{-1}m^{-2}nm^{-1}$ nagyságrendű lesz. Ennek megfelelően javasoltuk azt, hogy az éjszakai égbolt vizsgálatára és jellemzésére a megfelelően választott szűrőkkel átlagolt spektrális radianciát használjuk, a meglehetősen hosszú egységet (nW $sr^{-1}m^{-2}nm^{-1}$) pedig rövidítsük dsu-val (*dsu* = dark sky unit, azaz sötét égbolt egység) [2].

Mint említettük, a spektrum a teljes információt tartalmazza. Azonban általában a teljes égbolt radiancia eloszlására is szükség van, leképező módon pedig a színképi mérések még ma is nagyon körülményesek. Szükség van tehát a képi információra is. A digitális fényképezőgépek, például a digitális tükörreflexes (DSLR) és a tükör nélküli (MILC) fényképezőgépek, amelyek a képeket nyers formátumban tudják elmenteni, kalibrálás után használhatók az égbolt sugárzásának és fényességeloszlásának mérésére. A leképező radiometria esetében is bevált a dsu egységünk. Az egész égboltra kiterjedő mérések egyik módszere halszemoptika használata a digitális kamerán. Tovább növelhető a pontosság és a felbontás egy 24 mm-es vagy 50 mm-es nagylátószögű objektívvel ellátott digitális fényképezőgéppel és automata panorámafej használatával. Ezzel a felszereléssel 28 vagy 78 egyedi kép elegendő ahhoz, hogy a teljes égboltot, valamint a talaj és a környezet egy részét nagy térbeli felbontással vizsgálni lehessen. A módszerből adódóan 6-10 másodperces expozíciós idő és 5000 és 10 000 közötti ISO érték elegendő a felvételekhez, így a teljes fotó sorozat kevesebb, mint negyed óra alatt elkészíthető. A spektroradiométeres mérésekkel kombinálva a digitális kamera mérésekkel ideális mérési módszer.

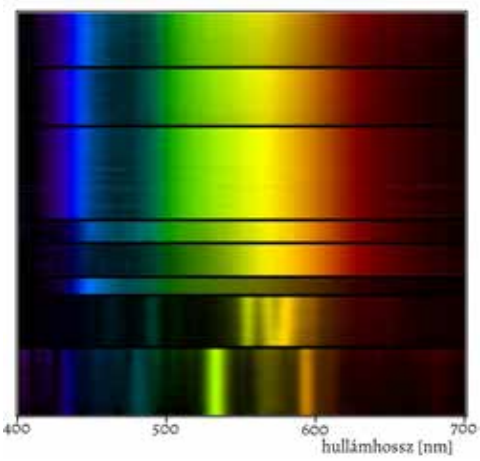
Fényforrások spektrumának tömeges mérése

A fényszennyezés mérések értelmezéséhez hozzá tartozik a légköri fényterjedés modellezése is. Ennek kiinduló adata a mesterséges fénykibocsátás minél pontosabb adatainak megadása. A műholdas mérések fontos kiindulópontot adnak, nagy skálán mutatják a fénykibocsátás mértékét. Azonban ezeknek a méréseknek is van egy nagy hiányossága: a világűrbe telepített érzékelők spektrális érzékenysége távol van az ideálistól. Csak egy széles sávú szűrőt használnak, ráadásul a detektor 500 nm-nél rövidebb hullámhosszakra nem érzékeny, viszont közeli infravöröst is „lát" az érzékelő. Jó metrika igazából nem is létezik ezekre a mérésekre, mindössze annyit tudunk, hogy az adott széles spektrális tartományban összesen mekkora teljesítményű optikai sugárzás távozik a földfelszín egységnyi felületéről, amit általában nW/cm^2-ben adnak meg.

Ahhoz, hogy a műholdas adatokat megfelelően értelmezni tudjuk, kiterjedt felszíni spektrális méréseket kezdtünk el. Célszerűen egy könnyedén hordozható mérőrendszert fejlesztettünk ki. A színkép mérésére jól bevált a fotósoknak és grafikusoknak szánt X-Rite i1 Studio kalibrációs eszköz. A nem megszokott használathoz egy Raspberry Pi kisszámítógépből alakítottunk ki egy vezérlőt. A nyílt forráskódú ArgyllCMS kalibrációs software ideálisan használható a mérés vezérlésére. A rendszer része még egy USB-re kapcsolódó GPS vevő és egy USB akkumulátor, amivel akár egy éjszakán keresztül is üzemeltethető a rendszer. Általában spektrális besugárzást mérünk, amiből az eszköz pozíciójában származtatható pl. a megvilágítás is. Használtuk már gyalogosan

és autóban is. A pandémia miatti kijárási korlátozások kedvezőek voltak az autós mérések szempontjából, mivel a forgalom világításából eredő zavaró tényezők így elkerülhetőek voltak.

A módszerrel mérések százait, ezreit lehet elvégezni viszonylag rövid idő alatt. A földrajzi koordináták alapján az adatok egyszerűen térképre helyezhetők. A nagy mennyiségű adatok utólagos feldolgozása azonban újabb kérdéseket vet fel. Szerencsére vannak olyan matematikai módszerek, pl. a szinguláris érték felbontás, ami jól használható a tömeges adatokban lévő csoportok és hasonlóságok felismerésére. Csupán a spektrumok alapján, minden egyéb származtatott mennyiség ismerete nélkül ez az eljárás megbízhatóan működik arra, hogy az eltérő színképi csoportokba rendezzük a méréseinket. Példaként a 2. ábrán mutatjuk be a spektrumok csoportosítását. Az ábrán minden egyes vízszintes csík egy színkép, az egyes csoportokat fekete vonallal választottuk el. A felső három LED csoportok között ránézésre nem nagyon van eltérés, de a térképen megnézve azok eltérő településekhez tartoznak, a korrelált színhőmérsékletük is kicsikét eltérő. Ez mutatja az eljárás érzékenységét. A többi csoport elkülönülése már egyértelmű – különösen az alsó kettő esetében: a legalsó a kompakt fénycsövek (CFL), fölötte pedig a nátriumlámpák találhatók. Érdemes megfigyelni, hogy a program által automatikusan kiadott sorrendben a nátriumlámpákban jól megfigyelhető éppen a nátrium D vonala körül a szerkezet folytonos változása.



2. ábra. Az automatikusan csoportosított közvilágítási spektrumok: Hat eltérő LED csoportja, nátriumlámpák és kompakt fénycsövek.

A LED-ek közül figyelmet érdemel még az alsó két csoport (5. és 6. sáv), egymással éles kontrasztban. Közülük az első a bárdudvarnoki közvilágítás spektruma, amely csak minimális kék komponenst tartalmaz – éppen a fényszennyezés csökkentésének igénye szerint lett megtervezve. Az alatta lévő sávban a kaposvári gyalogos híd világításának színképe látható, amit éppen a kék komponens dominál. Igazából a CCT ilyenkor már nem is értelmezhető rendesen, de a különböző programok 10 000 K feletti értéket adnak.

Ha ennyi spektrumunk van, akkor felvetődik, hogy milyen metrikákat tudunk ezekből származtatni? A szokványos mértékek – pl. a luxban mért megvilágítás egyszerűen adódnak. De vajon mi a helyzet, ha például az egészségre gyakorolt hatást vizsgálnánk? Ekkor nehéz jó metrikát találni a legfrissebb szakirodalomban is. Ha találunk valamit azok is elégé összetettek. Nem elegendő a spektrumot egy megfelelő spektrális válaszfüggvénnyel összeszorozni és felösszegezni. Az egyik legkorszerűbb metrika Mark Rea és munkatársainak javaslata[3]. Ebben először is meg kell vizsgálni, hogy a normál V(λ)-val számolt és a kék érzékeny csapok válaszfüggvényével számolt besugárzások hogyan aránylanak egymáshoz. A két mennyiség arányának megfelelően, két eltérő módon megy tovább a számítás mindkét esetben nemlineáris függvényekkel adódik melanopos érzékenységi görbének megfelelő besugárzást is tartalmazó összefüggések alapján.

A módszer teljes leírása külön cikket igényelne, de az itt leírtak is érzékeltetik, hogy egy metrika meglehetősen bonyolult is lehet. Az eredményül kapott mérték a cirkadián fényhatás (jele CL_A, lenormált mennyiség, ezért dimenzió mentes). Ez a mérték segít abban, hogy az emberre gyakorolt hatás szerint hasonlítsuk össze az eltérő fényforrásokat. A 2. ábrán feltüntetett spektrumok és a megfelelő radiancia értékekkel számolt cirkadián fényhatás szempontjából két jelentősen eltérő kategóriába kerültek. A normál közvilágítás esetén $CL_A<20$, míg a kaposvári gyalogos híd esetében ez pár száztól 1500-ig terjed. Ez óriási különbség! A segítségével becsülhető, hogy adott idejű expozíció esetén milyen mértékben csökken az éjszaka folyamán a melatonin hormon termelése. Ez egy újabb metrika, jele CS, azaz cirkadián stimulus. $CL_A=1000$ esetében CS=25%, ami már a napi ritmusunk kritikus szintű megzavarását jelenti. Meg kell jegyezni azonban, hogy ezek a metrikák még csak javaslatok, további kutatásra van szükség, de már most is jelzik a nagyon rossz világítási megoldások problémáit.

Összefoglalás

Jelen cikkben csak kaleidoszkóp jelleggel tudtuk bemutatni, hogy milyen irányok vannak jelenleg a fényhez kapcsolódó metrikák terén, Vannak már mértékeink, és ezek a mértékek nagyon jól jelzik azt is, hogy csak mértékkel kellene világítani. Az annyira rossz megoldásokat, mint a kaposvári gyalogos híd világítása törvényileg kellene lehetetlenné tenni, ha pedig már megvalósultak, az illetékeseknek azonnal intézkednie kellene a megszüntetésükről.

Jelen publikáció az „EFOP-3.6.2-16-2017-00014 – Nemzetközi kutatási környezet kialakítása a fényszennyezés vizsgálatának területén" című projekt támogatásával valósult meg.

Irodalom

[1] Dark and Quiet Skies for Science and Society - Report and recommendations (2021). https://www.iau.org/static/publications/dqskies-book-29-12-20.pdf

[2] Kolláth, Z. Cool, A. Jechow, A. Kolláth, K. Száz, D. & Tong, K.P.: Introducing the dark sky unit for multi-spectral measurement of the night sky quality with commercial digital cameras, Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer, Vol. 253, 107162, (2020). https://doi.org/10.1016/j.jqsrt.2020.107162.

[3] Rea, M.S., Nagare, R. & Figueiro, M.G. Predictions of melatonin suppression during the early biological night and their implications for residential light exposures prior to sleeping. Scientific Reports Vol 10, 14114 (2020). https://doi.org/10.1038/s41598-020-70619-5

Spektrális mérések dekonvolúciója spline interpolációval

– Kránicz Balázs
Continental Automotive Hungary Kft. 8200 Veszprém, Házgyári út 6-8.
e-mail: balazs.kranicz@continental-corporation.com –

Tartalmi kivonat

Spektroradiometriai mérések elvégzésénél a mérési adatokra mindig hatással van a mérőkészülék átviteli függvénye. Az eredeti függvény értékeit visszaadó eljárásokat dekonvolúciós eljárásoknak hívjuk, holott a mintavételezés hatásának matematikai leírása nem jelent feltétlenül konvolúciót.

Jelen értekezésben olyan interpolációs módszert mutatunk be, amely alkalmas arra, hogy előnyös tulajdonságú interpolációs függvényt meghatározva nemcsak előre definiált rácspontokon, hanem a mérési intervallum bármely pontjában elérhetővé tegye a keresett függvény (mérendő spektrum) értékeit.

Kulcsszavak: spektroradiometriai mérések interpolációja, dekonvolúció, spline.

1. Bevezetés

Fényforrások színképének mérésénél tudatában kell lennünk annak a ténynek, hogy a mérési eredmények mindig magukon viselik a mérőeszköz fizikai tulajdonságait. A mérőeszköz hatása általában nehezen hámozható le a mérési adatokról. Így amit eredményül kapunk, az a mérendő fényforrás színképének ÉS a mérőeszköz átviteli függvényének együttes hatása. Sok szempontból ez nem okoz problémát, de mindig ott marad a törekvés, hogy a mérőeszköz sajátosságaitól ténylegesen meg szeretnénk fosztani a mérési eredményeket.

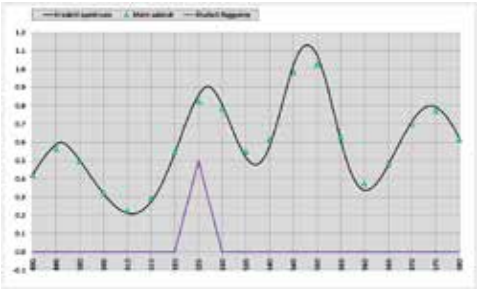
A radiometriában a spektrális mérések mindig torzulnak kissé a mérőeszköz, jellemzően a monokromátor sávátviteli függvénye miatt. Az ennek kiküszöbölésére megalkotott eljárásokat dekonvolúciós eljárásoknak hívják. Legtöbbjük valamiféle rácsot definiál, és a rácsfelosztás és az átviteli függvény alapján egyenletrendszert ír föl [1], [2], [3], [4], [5] és [6]. Többnyire alulhatározott egyenletrendszert. Numerikus szélsőérték-keresés következik ez után, az eredmény pedig általában nem „szép". Kiugró értékek, lokális csúcsok jelentkeznek.

Jelen dolgozat inspiráló eszköze egy igazi, magyar csikósostor volt. Aki látott már ilyet, sőt talán meg is tanulta használni, az tudja, hogy az ostor minden egyes kis darabja tartja és „tudja" a szomszédságot a többivel. És az ostor nem szakad szét. Tekeredik, csavarodik, de egyben marad.

Az értekezésben bemutatjuk, hogy hogyan lehet spektrális mérési adatok alapján a mérőeszköz sávátviteli függvényének ismeretében meghatározni azt, hogy mi lehetett az eredeti, lemérni kívánt színkép a mérési adatok alapján.

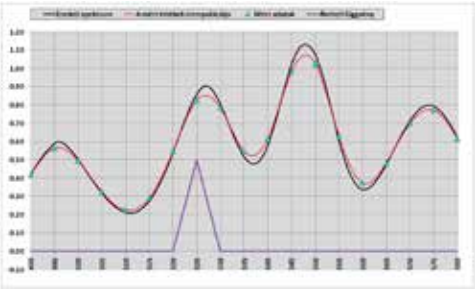
2. A radiometriai feladat matematikai szemmel

Tegyük fel, hogy meg akarjuk mérni azt a spektrumot, amelyet az 1. ábra mutat. Legyen az eszközünk monokromátor. A megfelelő lépésközzel elvégzett mérések értékei a sávátviteli függvény hatása miatt nem fognak az eredeti spektrumra illeszkedni.



1. ábra. A mérendő spektrum, a mért adatok és a monokromátor átviteli függvénye adott pozícióban

Ha a mérés után a mért adatokra illesztünk interpolációs függvényt, akkor az nem az eredeti függvényre illeszkedik. Simább és laposabb lesz, lásd 2. ábra.

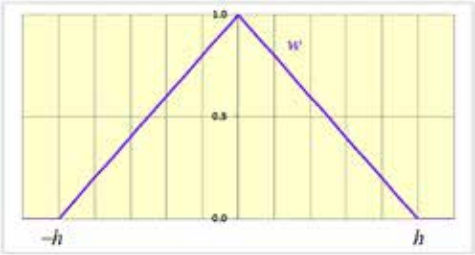


2. ábra. A mérendő spektrum, a mért adatok, a monokromátor átviteli függvénye adott pozícióban, továbbá a mért adatokra illesztett interpolációs függvény

A problémakör rövid leírása után a matematikai feladat úgy hangzik, hogy a mért adatokra illesztett interpolációs függvény helyett keressünk olyan függvényt, amely jól közelíti az eredeti spektrumot, előnyös tulajdonságai vannak és maradéktalanul visszaadja a mérési eljárás során kapott értékeket. Az „előnyös tulajdonságok" matematikai értelmezését a továbbiakban olvashatjuk.

2.1 A sávátviteli függvény modellje

Ebben az értekezésben háromszög alakú sávátviteli függvénnyel foglalkozunk, ugyanis a monokromátorok mint spektrális mérések elvégzésére alkalmas eszközök általában ilyen tulajdonságúak, lásd 3. ábra. A gyakorlatban, lézerek bevetésével elvégzett kalibrációs mérések nem tökéletes háromszöget mutatnak, ám ha a monokromátor beállításait „jól eltaláljuk", akkor az átviteli függvény valóban háromszög alakúnak mondható.



3. ábra. Monokromátorok sávátviteli függvénye ideális esetben

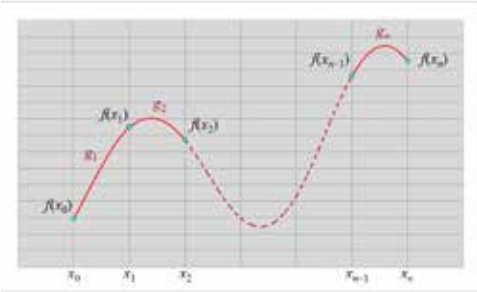
A függvény matematikai megadása egészen egyszerű:

$$w(x)=\begin{cases} 0, & x<-h \\ \frac{1}{h}(x+h), & -h\le x<0 \\ -\frac{1}{h}(x-h), & 0\le x<h \\ 0, & x\ge h \end{cases} \qquad (1)$$

2.2 A spline interpoláció

A spline interpoláció már több, mint 50 éve él velünk; előnyös tulajdonságai miatt az egyetemeken oktatott numerikus matematikai kurzusoknak is kimaradhatatlan része.

Ebben az értekezésben harmadfokú spline-okat fogunk alkalmazni. Ennek az interpolációnak a lényege az, hogy harmadfokú polinomdarabokat úgy illesztünk össze, hogy



4. ábra. A spline interpoláció szemléltetése

a belőlük kapott interpolációs függvény mellett még annak deriváltja, sőt még a második deriváltja is folytonos (ez jelenti az előnyös tulajdonságot), továbbá az interpolációs függvény „átmegy" az alappontokon, lásd 4. ábra.

Ha meggondoljuk, mit is jelentenek a csatlakozási feltételek, tényleg úgy fog tűnni, hogy a polinomdarabokból álló függvény részei valóban „tudnak" a szomszédos, sőt tulajdonképpen az összes darabról.

2.3 A mérés matematikai leírása

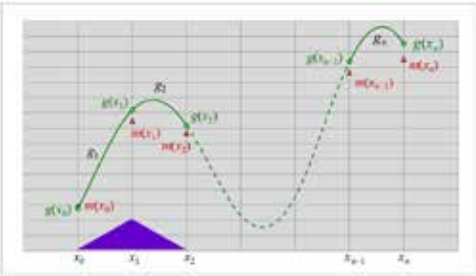
Amikor a mérési eszközünk, azaz jelen esetben a monokromátorunk adatot szolgáltat, annak matematikai leírása egyáltalán nem bonyolult.

Jelölje *m(x)* a mérőkészülék által adott értéket az x hullámhossznál, amelynél a mérőeszköz átviteli függvénye, azaz w is érezteti hatását. Jelölje g azt a függvényt, amelyet a tényleges spektrum helyettesítésére keresünk. Ekkor a mérési értékek az átviteli függvénnyel (1) így adhatók meg:

$$m(x)=\frac{1}{h}\int_{x-h}^{x+h} g(u)w(u-x)du=\frac{1}{h}\int_{x-h}^{x+h} g(u)w(x-u)du \tag{2}$$

A fenti egyenletben a h értéket nevezzük gyakorlati méréseknél sávszélességnek.

Ameddig a *w* függvény szimmetrikus, azaz matematikai megnevezéssel *páros* függvény, addig a (2) formula második része



5. ábra. A keresett függvény, a mért értékek és az átviteli függvény szemléltetése

valóban konvolúciót ír le. Azonban jobban tesszük, ha az *m* függvényt egyszerűen csak mintavételi függvénynek vagy a mért értékeket leíró függvénynek nevezzük!

Keressük tehát azt a *g* interpolációs függvényt, amely a g_1, g_2, ..., g_n harmadfokú polinomdarabokból áll, és igaz rá a (2) egyenlet, lásd 5. ábra.

A polinomdarabok imígyen festenek:

$$g_k(x)=a_0^k+a_1^k(x_k-x)+a_2^k(x_k-x)^2+a_3^k(x_k-x)^3$$

$$k=1,\ldots,n \tag{3}$$

A (3) formula alapján n polinomunk van, mindegyik harmadfokú, összességében tehát ***4n*** együtthatót keresünk.

A harmadfokú spline-okból álló interpolációs függvény csatlakozási feltételei így írhatók fel:

$$g_k(x_k)=g_{k+1}(x_k)\quad k=1,\ldots,n-1 \tag{4}$$

$$g'_k(x_k)=g'_{k+1}(x_k)\quad k=1,\ldots,n-1 \tag{5}$$

$$g''_k(x_k)=g''_{k+1}(x_k)\quad k=1,\ldots,n-1 \tag{6}$$

Ez összesen ***3n–3*** egyenletet ad a polinomok együtthatóira.

Az x_1, x_2, ..., x_{n-1} alappontokra érvényes a (2) formula. Az átviteli függvényt két részre bontva a következőt kapjuk:

$$m(x_k)=\frac{1}{h}\int_{x_k-h}^{x_k} g_k(u)w(u-x_k)du+\frac{1}{h}\int_{x_k}^{x_k+h} g_{k+1}(u)w(u-x_k)du$$

$$k=1,\ldots,n-1 \tag{7}$$

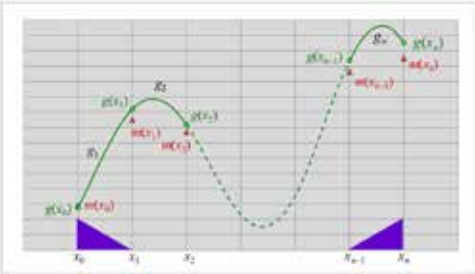
Ez az összefüggés további ***n–1*** egyenletet biztosít.

A spline interpoláció egyenleteinél az interpolációs függvény első és utolsó végpontban felvett második deriváltját, ha éppen nincs jobb ötlet, nullának szokták előírni. Ez az eljárás eredményezi az ún. természetes spline-ok előállítását.

$$g_1''(x_0) = 0 \tag{7}$$

$$g_n''(x_n) = 0 \tag{8}$$

Ez a két végfeltétel további ***2*** egyenletet ad. Eddig van tehát $(3n-3) + (n-1) + 2 = 4n-2$ egyenletünk. Kettő viszont még hiányzik. A 6. ábra azt mutatja be, hogy a végpontokban nincs információnk a mintavétel egyik vagy másik feléről.



6. ábra. Az átviteli függvény szemléltetése a végpontokban

Kényszerűségből azt a végfeltételt adhatjuk, hogy az első, ill. utolsó végpontokban vett mérési érték egyezzen meg az átviteli függvény megfelelő felével fölírható integrál kétszeresével.

$$m(x_0) = \frac{2}{h}\int_{x_0}^{x_0+h} g_1(u)w(u-x_0)du \tag{9}$$

$$m(x_n) = \frac{2}{h}\int_{x_n-h}^{x_n} g_n(u)w(u-x_n)du \tag{10}$$

Ha gyakorlati fényforrás-mérésekre gondolunk, a fentiekben alkalmazott kitétel ((9) és (10)) nem is rugaszkodik el nagyon a valóságtól. LED-ek esetében meg kiváltképp alkalmazható, hiszen azok színképe a megfelelő hullámhossz-tartományt kivéve gyakorlatilag nullának tekinthető.

A (9) és (10) formulák újabb két egyenletet adnak, így a polinomok által kívánt $4n$ ismeretlenhez immáron megvan a 4^n egyenletünk!

3. A megoldás

A 3. fejezetben leírt egyenletek a polinomdarabokra vonatkoznak. A (9), (10) és főként a (7) feltételek levezetése ténylegesen időt és gyakorlatot kíván. Az integrálok kiszámítása, az átalakítások és a rendezések után az alábbi formulákat kapjuk:

$$g_k(x) = a_0^k + a_1^k(x_k - x) + a_2^k(x_k - x)^2 + a_3^k(x_k - x)^3$$

$$k = 1, \ldots, n \tag{11}$$

$$m(x_0) = 2\left(\frac{a_0^1}{2} + \frac{a_1^1}{3}h + \frac{a_2^1}{4}h^2 + \frac{a_3^1}{5}h^3\right) \tag{12}$$

$$m(x_n) = 2\left(\frac{1}{1\cdot 2}a_0^n + \frac{1}{2\cdot 3}a_1^n h + \frac{1}{3\cdot 4}a_2^n h^2 + \frac{1}{4\cdot 5}a_3^n h^3\right) \tag{13}$$

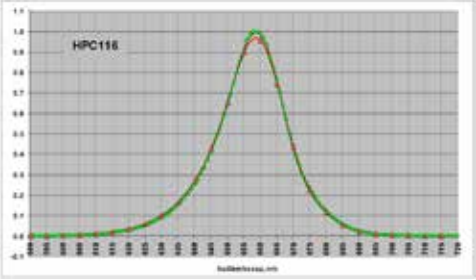
$$m(x_k) = \frac{1}{1\cdot 2}a_0^k + \frac{1}{2\cdot 3}a_1^k h + \frac{1}{3\cdot 4}a_2^k h^2 + \frac{1}{4\cdot 5}a_3^k h^3 + \\ + \frac{1}{1\cdot 2}a_0^{k+1} + \frac{2}{2\cdot 3}a_1^{k+1} h + \frac{3}{3\cdot 4}a_2^{k+1} h^2 + \frac{4}{4\cdot 5}a_3^{k+1} h^3$$

$$k = 1, \ldots, n-1 \tag{14}$$

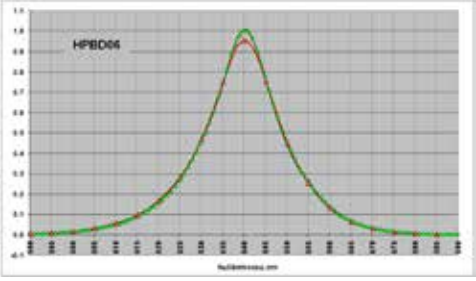
Az egyenletrendszer már jól definiált. 4n ismeretlenre (a polinomok együtthatóira) 4n egyenletünk van. És ez már könnyen megoldható.

4. Valós mérések

Ebben a fejezetben valós mérések adatpontjait visszaadó interpolációt mutatunk be. Laboratóriumi körülmények között LED-ek spektrumát mértük le. 1 nm-

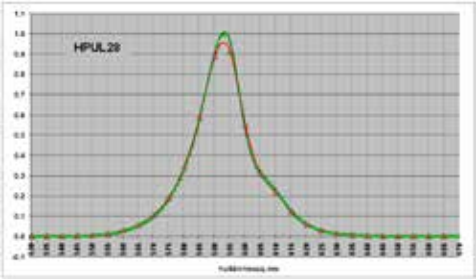


7. ábra. A HPC116 típusjelű LED spektruma 5 nm-es sávszélességgel és lépésközzel mintavételezve, az ilyen adatokra illesztett interpolációs polinom, az 1 nm-es sávszélességgel és lépésközzel mintavételezett spektrum, majd az 5 nm-es adatokból az ostor-interpolációval kapott közelítő függvény



8. ábra. A HPBD06 típusjelű LED spektruma 5 nm-es sávszélességgel és lépésközzel mintavételezve, az ilyen adatokra illesztett interpolációs polinom, az 1 nm-es sávszélességgel és lépésközzel mintavételezett spektrum, majd az 5 nm-es adatokból az ostor-interpolációval kapott közelítő függvény

es sávszélességgel és lépésközzel, majd 5 nm-es sávszélességgel és lépésközzel. A mérőeszköz monokromátor volt, melynek sávátviteli függvénye nagyon jó közelítéssel háromszögnek volt mondható. Az adatsorok egymáshoz normálása után az eredmények a 7., 8. és 9. ábrán láthatók. A piros háromszögek az 5 nm-es sávszélességgel és lépésközzel történt mérési ada-



9. ábra. A HPUL28 típusjelű LED spektruma 5 nm-es sávszélességgel és lépésközzel mintavételezve, az ilyen adatokra illesztett interpolációs polinom, az 1 nm-es sávszélességgel és lépésközzel mintavételezett spektrum, majd az 5 nm-es adatokból az ostor-interpolációval kapott közelítő függvény

tokat mutatják. A piros vonal az ezekre az adatpontokra illesztett spline interpolációs függvény. (Hagyományos esetekben így járunk el.) A kis, zöld rombuszok az 1 nm-es sávszélességgel és lépésközzel nyert mérési adatokat mutatják. A sötétzöld vonal pedig az 5 nm-es sávszélességgel és lépésközzel történt mérések ostor-interpolációját mutatja. A látvány magáért beszél.

5. Összefoglalás

Az értekezésben bemutattunk egy olyan, a spline interpoláció kedvező tulajdonságait kihasználó eljárást, amellyel átviteli függvénnyel terhelt, jelen esetben monokromátorral végzett spektrális mérésekből az eredeti, mérni kívánt és lemért függvény meglepően jól közelíthető.

A szerző arra bíztatja az érdeklődő olvasót, hogy küldjön neki adatsorokat. Lehetnek ezek LED-ek színképei monokromátorral megmérve, 1 nm-es és 5 nm-es sávszélességgel és lépésközzel. Vizsgáljuk meg együtt, mire használható az ostor-interpoláció!

6. Köszönetnyilvánítás

Ehelyütt szeretnénk köszönetet mondani Yoshihiro Ohno mesternek a kezei alatt töltött gaithersburgi hónapokért.

Köszönet illeti Buzál Bence és Holzgethán László vezetőimet azért, hogy lehetővé teszik, hogy néha ismét tudománnyal foglalkozhassak.

És köszönöm a feleségemnek, Évának és a kisfiamnak, Attila Bencének, hogy el tudták viselni azokat az esti órákat, melyek során a (12), (13) és (14) formulák megszülettek.

Hivatkozások

[1] John B. Shumaker, Deconvolution, Self-Study Manual on Optical Radiation Measurements, Chapter 8, Editor: Fred E. Nicodemus.

[2] E. I. Stearns, The Influence of Spectral Bandpass on Accuracy of Tristimulus Data, Color Research and Application, 1987, p. 282-284.

[3] E. I. Stearns, Influence of Spectrophotometer Slits on Tristimulus Calculation, Color Research and Application, 1981, p. 78-84.

[4] Claudio Oleari, Spectral-Reflectance-Factor Deconvolution and Colorimetric Calculations by Local-Power Expansion, Color Research and Application, 2000, p. 176-185.

[5] Claudio Oleari, An Example of a Method for Correcting Radiance Data for Bandpass Error, Color Research and Application, 1988, p. 257-259.

[6] Hugh S. Fairman, The Calculation of Weight Factors for Tristimulus Integration, Color Research and Application, 1985, p. 199-203.

Vegye igénybe mérőműszereinket!

Bérelhető a VTT kalibrált fénysűrűségmérő műszere

• akár közvilágítási,

• akár beltéri alkalmazások mérésére.

Érdeklődjön honlapunkon, vagy keressen minket elérhetőségeinken:

Világítás Háza

1042 Budapest, Árpád út 67.

+36 30 537 98 97

www.vilagitas.org

VIZULO

A természet ihlette

Blackbird

Stork little brother

Colibri

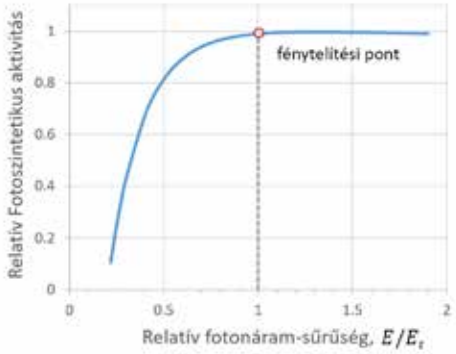
+36 20 9464750 vizulo@vizulo.hu www.vizulo.com

Fotonáramsűrűség-eloszlás jellemzése

– Balázs László[1], Molnár Zsolt[1], Páva Tamás[2], Sejpes Zoltán[2], Kál Sztratosz[1] –

Tartalmi kivonat

A LED-ek megjelenése új kihívások elé állította a növényvilágítási rendszerek tervezőit. Kis hőkibocsátásuknak köszönhetően a LED-ek a megvilágított növényekhez közel helyezhetők el, ami fontos előny a vertikális farmok térkihasználása szempontjából, ugyanakkor jelentős kihívás az egyenletes megvilágítás kialakításánál. A megvilágítás térbeli egyenletességének jellemzéséhez nem elegendő az általános világításnál használt, a megvilágítás szélsőértékein alapuló mérőszámokat megadni. Ez a cikk a növényvilágítás jellemzésének egy lehetséges módszerét mutatja be.



1. ábra. A fotoszintézis sematikus fénygörbéje relatív egységekben. A vízszintes tengelyen a fényintenzitással arányos fotonáram-sűrűséget (E) a fénytelítési ponthoz tartozó E_t fotonáram-sűrűség értékre normáltuk.

1. Bevezetés

A LED technológia alkalmazása számos előnnyel jár a mesterséges világítással rendelkező növénytermesztő rendszerekben az eddig alkalmazott gázkisülő lámpákhoz képest. A világítódiódák fénykeltési hatásfoka mára jelentősen meghaladta az üvegházi világításban általánosan elterjedt nagynyomású nátrium lámpák által képviselt szintet[1]. Ráadásul a növényvilágítás szempontjából érdekes, az ultraibolyától a távoli vörösig terjedő hullámhossztartomány lefedhető keskeny hullámhosszsávban sugárzó, monokromatikus LED-ekkel. A növényvilágító rendszerek tervezői azokat a LED-eket választják ki a kereskedelmi forgalomban elérhető világítódióda-készletből, amelyek emissziós hullámhosszán a növények fénygyűjtő pigmentjei abszorbeálnak. A világítótestek spektrumának a nővényekhez történő igazítása nem csak az energiahatásfok további javulását eredményezi, hanem a mesterséges világítással termesztett növény mennyiségét és minőségét (szövetszerkezetét, aromaanyag-tartalmát) is javítja.

A növények növekedése szempontjából a mélyvörös (660 nm) és a kék (450 nm) besugárzás alapvetően fontos. Ebben a tartományban abszorbeálnak a fotoszintézis pigmentjei. A vörös és kék sugárzás intenzitása és az intenzitásának aránya határozza meg a fotoszintézis és ezen keresztül a növény növekedési sebességét és a fejlődő növény morfológiáját is. A távoli vörös (~730 nm) fény szintén hatással van a növényszár és a levelek növekedésére [2]. Az UV-A és UV-B sugárzás számos növényfajban a szín- és az aromaanyagok termelését stimulálja [1].

A fotoszintetikus aktivitás a megvilágításon túl a növényfajtól, a hőmérséklettől, a növény számára hozzáférhető tápanyagok, elsősorban a szén-dioxid koncentrációjától függ. A fényigény a tenyészidőszak folya-

[1] Óbudai Egyetem, Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar, Mikroelektronikai és Technológia Intézet
[2] Tungsram Operations Kft., Agritech üzletág

mán is változik. Más megvilágítást igényelnek a csírázás után kikelt palánták és a már kifejlődött növények. A fény intenzitásának növelése a fénytelítési pontnak nevezett küszöbig (E_t) serkenti a fotoszintézist, de efölött a fotokémiai reakciók sebessége már nem nő tovább, a fotoszintetikus aktivitás telítésbe megy. Az 1. ábra relatív egységekben szemlélteti a növények fénygörbéjét. A vízszintes tengelyen a fényintenzitással arányos fotonáram-sűrűséget (E) a fénytelítési ponthoz tartozó E_t fotonáram-sűrűséggel osztottuk. A függőleges tengelyen a fotoszintetikus aktivitást ábrázoltuk. A fotoszintetikus aktivitás például a növény által egységnyi idő alatt, egységnyi levél felületen elnyelődött szén-dioxid mennyiségével fejezhető ki. Az általános tárgyalás érdekében ennek is csak a relatív, a maximális értékre vonatkoztatott értékét ábrázoltuk. A fénytelítési szakaszban a fotoszintézist már nem a besugárzás mértéke, hanem a levegő szén-dioxid tartalma korlátozza. Ha a fénytelítési pontnál jóval nagyobb besugárzás éri a növényt, a levélben elnyelődött energiafölösleg degradációs folyamatokat indít be, ami a fotoszintetikus aktivitást csökkenti. A termelés szempontjából veszteséget jelent már az is, ha a fényintenzitás az E_t ponton túl a telítési tartományba esik, hiszen az E_t fölötti fotonbesugárzás-növekményt nem tudja hasznosítani a növény.

A mezőgazdasági kutatás egyik legintenzívebben fejlődő területe a zöldségnövények termesztési technológiájának optimalizálása. Ennek a kutatásnak fontos eleme a növény igényeihez illesztett, időben változó spektrumú és intenzitású megvilágítás, az ún. „fényrecept" meghatározása, amellyel a növénytermesztés hozama és a növény beltartalmi értéke együtt javítható.

Amíg a szabadföldi növénytermesztésnél a tenyészidő és a terméshozam jelentős mértékben függ a helyi klímától és az időjárási tényezők ingadozásától, zárt rendszerekben, a termesztés számára egész évben ideális körülmények biztosíthatók. A zárt rendszerű növénytermesztés hátránya, hogy jóval több energiát igényel, mint a szabadföldi termesztés, ugyanakkor számos előnye miatt világszerte szaporodnak a vertikális farmnak, vagy növénygyárnak *(plant factory)* nevezett termesztési rendszerek.

A zárt rendszerű növénytermesztés közel viszi a friss terméket a fogyasztóhoz. Szemben a mai gyakorlattal, amikor a friss saláta, vagy bazsalikom akár több ezer kilométert utazik, amíg a termelőtől eljut az üzletekbe, a vertikális farm egy nagyváros központjában, használaton kívüli épületben, pincerendszerben is kialakítható. Jelentősen csökkenthető ezáltal a szállítási költség és a szállításhoz kapcsolódó környezeti terhelés.

A zárt rendszerű növénytermesztésben nem alkalmaznak gyomirtó és növényvédőszereket, ami fontos szempont az egészségtudatos vásárlók számára. A növények által elpárologtatott vizet visszanyerik a keringetett levegőből, ezért a szabadföldi vagy üvegházi termeléshez képest a zárt rendszerű termesztés vízigénye minimális.

A közvélekedéssel szemben, teljesen kontrollált, mesterséges körülmények között kiváló állagú és zamatú növények termelhetők. Az optimalizált hőmérsékletnek, páratartalomnak, tápanyagösszetételnek és jelentős részben megvilágításnak köszönhetően a szabadtéren termesztett növényekhez képest több aromaanyag található a vertikális farmok termékeiben.

A növényeket feldolgozó élelmiszer-, kozmetikai- és gyógyszeripar kapacitásai jobban kihasználhatók az egész évet lefedő, állandó minőséget biztosító termesztési ciklussal, mint az egy-két hónapra korlátozódó betakarítási kampánnyal.

A zárt rendszerű növénytermesztés akkor lehet gazdaságos, ha a lehető legjobb helykihasználással működik. Ezért alakítják ki vertikális farmokban a polcszerű termelési szinteket, amelyeknél a növény és a világí-

tótest közötti távolság minimalizálása fontos elvárás.

A világítódiódák közel vihetők a növényekhez, hiszen a LED által kisugárzott hő minimális és nem gátolja a növények fejlődését. A világítótest és a megvilágított sík közötti távolság csökkentésével a megvilágítás egyenletességének biztosítása komoly kihívás a tervező számára. Ha a megvilágítás egy adott ponton jelentős mértékben a fénytelítési küszöb alá esik, nem használjuk ki a termelőkapacitást. Ha egy másik ponton a megvilágítás a telítési szakaszba esik, energiaveszteséggel kell számolnunk, mert a túlvilágítást nem hasznosítják a növények. A térbeli egyenletesség meghatározásánál ráadásul nem csak a fényintenzitás-eloszlást, hanem a megvilágítás spektrumának változását is mérnünk kell.

Az általános világításnál, vagy az üvegházi kiegészítő világításnál megszokott tervezési elvek és mérési módszerek már nem alkalmazhatók vertikális farmok esetében. Ebben a cikkben ismertetjük a növényvilágítás jellemzésére alkalmas fizikai mennyiségeket és bemutatunk egy mérési módszert, amellyel a növényvilágítási rendszerekben kialakuló megvilágításeloszlás az agrárszakemberek szempontjai szerint jellemezhető.

2. A növényvilágítás mérőszámai

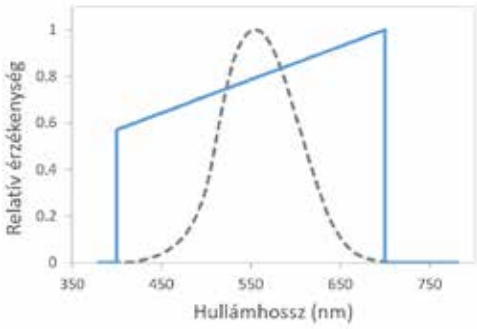
A fény fotokémiai folyamatokat indít el a növényekben, amelyek többek között a biomassza-termelést, a növény alakját, növekedésének sebességét és irányát meghatározzák. A növényvilágítás szemszögéből a legfontosabb fotokémiai folyamat a fotoszintézis, amely során a növény a fényenergiát felhasználva szervetlen molekulákból szerves anyagokat hoz létre. Az elektromágneses sugárzásban az energia nem folytonosan, hanem energiacsomagokban terjed. Ezt az energiacsomagot nevezzük fotonnak. Egy foton energiája (E_{foton}) fordítva arányos a sugárzás λ hullámhosszával. Az (1) egyenletben h a Planck-állandót, c a fénysebességet jelöli.

$$E_{foton} = \frac{hc}{\lambda} \qquad (1)$$

A fotokémia második alaptörvénye, amelyre Stark-Einstein törvényként is szoktak hivatkozni, kimondja, hogy egy kémiai rendszer által elnyelt foton egyetlen molekulát fog gerjeszteni. A fotoszintézis esetében egy foton által gerjesztett klorofill molekula indítja el azt a kémiai reakciósorozatot, amelynek eredményeként a növényi sejt szén-dioxidból és vízből szőlőcukrot és oxigént termel. Ez azt jelenti, hogy a fény által kiváltott növényélettani folyamatok sebességét közvetlenül a levél felületére eső fotonok száma és nem az energiája határozza meg. Amennyiben egy fotont elnyelt egy fotoreceptor, a foton hatása már független a foton energiájától. Ezért a növényvilágítási rendszerek jellemzésére fotonmennyiségeket használunk, amelyeket a műszerek által közvetlenül mért radiometriai mennyiségből származtatjuk.

Monokromatikus sugárzás esetében a fotonmennyiséget megkapjuk, ha a radiometriai mennyiséget elosztjuk a sugárzás hullámhosszával fordítottan arányos, (1) egyenlettel definiált fotonenergiával. Például a sugárzott teljesítmény, vagyis az egy másodperc alatt kisugárzott energia osztva egy foton energiájával megadja az egy másodperc alatt kisugárzott fotonok számát.

Amennyiben a fényforrásunk nem csak egyetlen hullámhosszon sugároz, a fotometriához hasonlóan, a műszerek által mért radiometriai mennyiséget a folyamat hatásfüggvényével kell súlyoznunk, hogy a megfelelő fotonmennyiséget megkapjuk. A fotonos mennyiségek hatásfüggvénye a hullámhosszal arányos. A 2. ábra szaggatott vonallal rajzolt görbéje mutatja a fotometriából jól ismert fotopos, azaz a természetes megvilágításhoz alkalmazkodott emberi szem érzékenységi függvényét.



2. ábra. A fotometriában és a növényvilágításban használt hatásfüggvények. A szaggatott vonal a nappali világításra adaptálódott emberi szemre vonatkozó fotopos láthatósági függvény, a V(λ). A folytonos vonal a fotoszintetikusan aktív sugárzásra (PAR) vonatkozó, a hullámhossz-intervallum felső határára normált relatív hullámhossz.

Ugyanezen az ábrán a folytonos kék vonal a 400 nm és 700 nm közé eső sugárzásra adja meg a fotonmennyiségek relatív hatásfüggvényét.

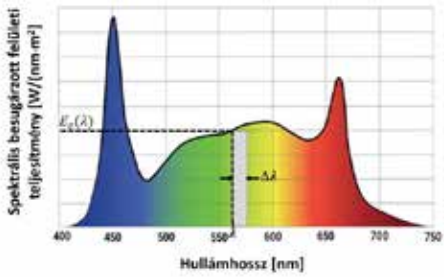
A fényárammal analóg fotonáram, vagy a megvilágítással analóg fotonmennyiség a fotonbesugárzás (más néven fotonáram-sűrűség) a fotometriában már ismert integrálokkal [3] definiálható. A λ_{min} és λ_{max} közé eső hullámhossz-intervallumban, $\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{1}$ mértékegységben kifejezett E_p fotonbesugárzást (fotonáram-sűrűséget) a (2) egyenlet definiálja:

$$E_p = \frac{10^6}{hcN_A} \int_{\lambda_{min}}^{\lambda_{max}} \lambda E_e(\lambda)\, d\lambda \qquad (2)$$

ahol h a Planck-állandó, c a fénysebesség, N_A az Avogadro-szám, λ a hullámhossz és $E_e(\lambda)$ a $W \cdot m^{-2}$ egységben mért spektrális besugárzott felületi teljesítmény.

A gyakorlatban a spektrális mennyiségeket diszkrét hullámhossz értékekre bontva kapjuk meg a mérés során ezért az integrálást numerikus módszerrel, általában a 3. ábrán szemléltetett téglalap szabály szerint végezzük el. Minden egyes λ hullámhosszhoz tartozó $E_e(\lambda)$ besugárzott felületi teljesítményt megszorzunk a mért hullámhosszértékek közötti Δλ különbséggel. A 3. ábrán szürke téglalap szemlélteti az eljárást. A szorzat eredménye a téglalap területe. Megismételve a számítást minden egyes hullámhosszra és a szorzatokat összeadva a λ_{min} és λ_{max} hullámhossztartományba eső görbe alatti terület közelítő értékét határozzuk meg a (3) egyenletnek megfelelően.

A növényvilágításban kiemelt jelentősége van a 400 nm és 700 nm közé eső hullámhossztartománynak. A növények a látható spektrum ibolyától mélyvörösig terjedő intervallumába eső fényt hasznosítják a fotoszintézis során, ezért ezt a hullámhossztartományt fotoszintetikusan aktív sugárzásnak,



3. ábra. A fotonáram-sűrűség meghatározása numerikus integrálással. A spektrális besugárzott felületi teljesítmény függvény alatti terület adja fotonáramsűrűséget.

az angol megnevezés *(Photosynthetically Active Radiation)* után PAR tartománynak is nevezzük. A PAR tartományra meghatározott fotonáram-sűrűséget fotoszintetikus fotonáram-sűrűségnek nevezzük, amelyet az angol elnevezés alapján *(Photosynthetic Phton Flux Density)* PPFD-nek rövidítünk. A PPFD tehát a megvilágítással analóg fotonmennyiség. Hasonlóképpen határozható meg a világítótesteket jellemző, fényáram-

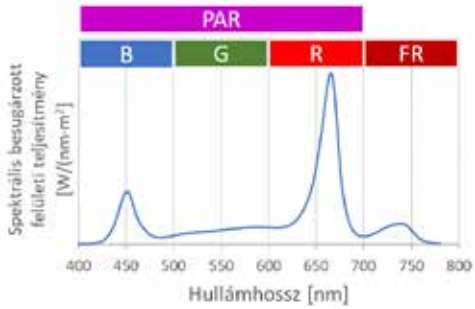
mal analóg mennyiség, a fotoszintetikus fotonáram, *(Photosynthetic Photon Flux)*, aminek rövidítése: PPF.

$$E_p = \frac{10^6}{hcN_A} \sum_{\lambda_{min}}^{\lambda_{max}} \lambda E_e(\lambda) \Delta\lambda \qquad (3)$$

A PPF értéket, tehát a PAR tartományban egy másodperc alatt kisugárzott fotonok számát kapjuk, ha a (2) és (3) egyenletben az $E_e(\lambda)$ helyett a spektrális sugárzott teljesítményt írjuk. Az elnevezéseknél fontos hangsúlyozni, hogy a „PAR" pusztán hullámhossztartományt jelöl. Szakmai szlengben találkozni a „PAR érték" vagy „PAR mérés" megnevezéssel, ami PPF vagy PPFD mennyiséget is takarhat és a bizonytalanság miatt helytelen, félrevezető és kerülendő. A PPF és PPFD definíciójánál feltételeztük, hogy a fotoszintézis kvantumhatásfoka egyenletes a PAR tartományban, ami azt jelenti, hogy egy 450 nm hullámhosszúságú sugárzás fotonja ugyanolyan hatást vált ki, mint egy zöld vagy vörös tartományból érkező foton. A fotoszintézis hatásfüggvénye ennél összetettebb [4], de a számítások egyszerűsítése érdekében a 2. ábrán látható hatásfüggvény terjedt el a gyakorlatban [5].

A növények fejlődését a 700 nm fölötti távoli vörös, és a 400 nm alatti UV fotonok is befolyásolják, ezért több gyártó a PAR-nál szélesebb tartományra is megadja a fotonmennyiségeket. Ilyen kiterjesztett tartomány a PBAR, ami a fotobiológiailag aktív sugárzás *(Photobiologically Active Radiation)* rövidítése és a 400-800 nm hullámhossz-tartományt takarja, ami magában foglalja a távoli vörös sugárzást is. A vizsgált tartomány szélességének a növényvilágító rendszerek fotonhasznosításánál van kiemelkedő jelentősége. A fotonhasznosítás az 1 másodperc alatt kibocsátott fotonok száma mikromól egységben osztva a rendszer által felvett teljesítménnyel. Mivel a teljesítmény az egységnyi idő alatt felvett energiát jelenti, a fotonhasznosítás mértékegysége a mikromol / J. A fotonhasznosítás értéke értelemszerűen függ a számításnál figyelembe vett hullámsávtól.

A PAR tartományra vonatkozó PPF és PPFD mennyiségek összemossák a növényvilágító rendszerek spektrális különbségeit. Ugyanazon PPFD érték különböző spektrális eloszlású fényforrással is megvalósítható, miközben tudjuk, hogy a növény másképpen fejlődik, ha a megvilágításban a kék vagy a vörös fény dominál.



4. ábra. A kísérletekben mért spektrum. Az ábrán a B, G, R és FR a kék, zöld, vörös és távoli vörös hullámhossz-tartományokat jelöli. A PAR a 400 nm és 700 nm közé eső, fotoszintetikusan aktív sugárzás hullámhossz-intervallumot jelenti.

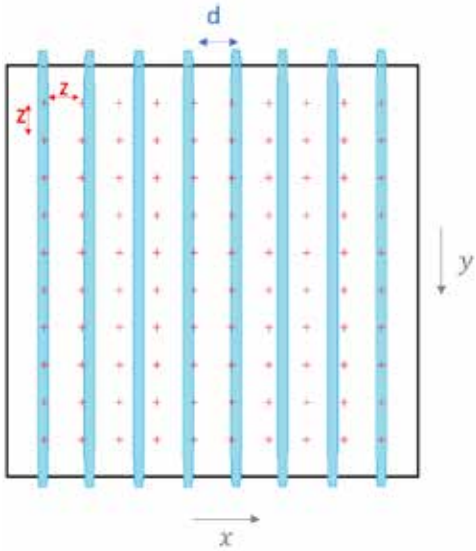
Ez a tapasztalat azt mutatja, hogy növényvilágító rendszereket nem elegendő egyetlen, széles hullámhossztartományra meghatározott mérőszámmal jellemezni. Számos gyártó a spektrumot viszonylag keskeny, 100 nm széles hullámhossztartományra bontja és ezekre külön-külön megadja a termékére vonatkozó fotonáram értékeket. A 4. ábrán ez a felbontás látható a kísérleteinkben felvett megvilágítási spektrumnál. A 400-500 nm a kék (B), az 500-600 nm a zöld (G), a 600-700 nm a vörös (R) és a 700-800 nm a távoli vörös (FR) tartományt jelöli. A színek itt csupán egyszerűsítő elnevezések és a tartományok nem azonosok a

színtanban meghatározott kék, zöld, vörös spektrális színeket lefedő tartományokkal.

3. A mérés leírása

Egymással párhuzamosan 8 db, többszintű növénytermelő egységekhez fejlesztett Tungsram LED lightbar világítótestet helyeztünk el egy állványon. A mérés összeállításánál nem törekedtünk egyenletes megvilágítás kialakítására. A világítótesteket egymástól egyenlő, 128 mm távolságra helyeztük el. A világítótestek alatt 200 mm távolságban volt egy matt feketére festett, négyzet alakú mérőkeretet, amelybe négyzetrácsos kiosztásban 10×10 lyukat fúrtunk. A lyukak távolsága mindkét irányban 100 mm volt (5. ábra).

A méréseket Avantes AvaSpec-ULS2048 spektrométerrel végeztük. A spektrométer érzékelője koszinusz-korrekcióval rendelkezett. A begyűjtött fényt optikai szál továbbította a spektrométerbe. Az érzékelő szorosan illeszkedett a mérőkeret furataiba ezáltal biztosítva, hogy az érzékelő felülete mindig a vízszintes síkban, a világítótestek síkjától 200 mm távolságra legyen (6. ábra).

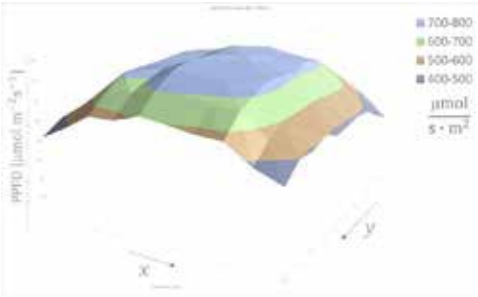


5. ábra. A mérési összeállítás felülnézetből. A kék téglalapok a világítótesteket, a piros keresztek a mérőkeret furatait ábrázolják. A világítótestek közötti távolság, d=128 mm. A 10×10 -es négyzetrács osztópontjainak távolsága z = 100 mm.

6. ábra. A mérési összeállítás oldalnézetből. A világítótest és a mérési sík távolsága 200 mm. A mérőrács minden egyes pontjában felvettünk egy spektrumot, amely alapján meghatároztuk az eloszlás adott pontjára vonatkozó fotonmennyiségeket.

A négyzetrács minden pontjában egy spektrumot vettünk fel, amelyet a spektrométer szoftvere az USB csatlakozón keresztül egy Excel fájlba töltött át. A 380-780 nm tartományban rögzített spektrális besugárzott felületi teljesítmény adatokból, a (3) egyenlet alapján, számítógépes programmal határoztuk meg a fotonbesugárzás adatokat a B, G, R, FR és PAR tartományokra.

A fotoszintetikusan aktív fotonáram-sűrűségnek (PPFD) a munkasíkon mért eloszlását mutatja a 7. ábra. A felületdiagram jól érzékelteti, hogy az eloszlás maximuma a megvilágított sík közepén található, amelyet egy széles plató vesz körül. A mérőkeret legszélső pontjainál, különösen a sarkokon a fotonáram-sűrűség értékek meredeken csökkennek. A háromdimenziós felületi ábrázolás sok információt hordoz, de a növényvilágítás tervezéséhez, majd az elkészült rendszer jellemzéséhez kvantitatív mérőszámokra is szükségünk van, amellyel az eloszlás megfelelőségét számszerűsíteni tudjuk.



7. ábra. A kísérletileg meghatározott fotoszintetikus fotonáram-sűrűség (PPFD) eloszlás. Az x és y tengelyek megfelelnek az 5. ábra jelöléseinek.

4. A térbeli egyenletesség mérőszámai

A világítástechnikai gyakorlatban a megvilágítás térbeli eloszlásának jellemzésére a szélsőérték-meghatározáson alapuló mennyiségek a legelterjedtebbek [3] [6]. A leggyakrabban használt mennyiség, a (4) egyenletben U_0-val jelölt középegyenletesség, ami a minimális (E_{min}) és átlagos (E_{ave}) megvilágítás hányadosa.

$$U_0 = \frac{E_{min}}{E_{ave}} \qquad (4)$$

Használatos még az (5) egyenletben a minimális és maximális megvilágítás arányaként meghatározott határegyenletesség (U_1).

$$U_1 = \frac{E_{min}}{E_{max}} \qquad (5)$$

Az U_0 és U_1 mennyiségeket fotonáram-sűrűség térbeli eloszlásának jellemzésére is alkalmazhatjuk, ha az E mennyiséget fotonáram-sűrűségként értelmezzük.

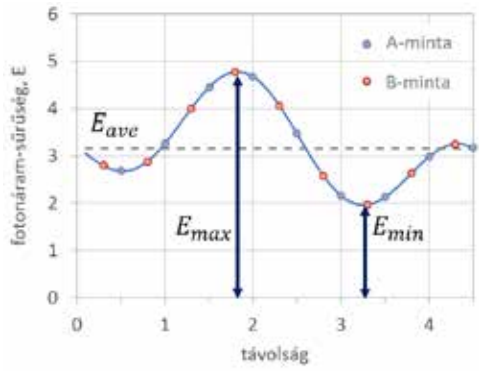
A szélsőértéken alapuló mérőszámok alkalmazásának egyik buktatója, hogy érzékenyek a mintavételezésre, ahogy azt a 8. ábra bemutatja. Ha egy folytonos fotonáramsűrűség- eloszlást diszkrét pontokban mérünk, az U_0 és U_1 mennyiségek értéke jelentős mértékben attól függ, hogy a mintavételezés során milyen pontosan határoztuk meg az eloszlás minimumát és maximumát.

A 8. ábrán szürke pontok jelzik az egyik, A-mintának nevezett pontsort, a pirosak pedig a B-mintát. A kétféle mintavételezés mérőszámait a 1. táblázat tartalmazza. Az U_0 és U_1 értékek az A-minta esetében nagyobbak, mert az A-mintánál a maximum kisebb, míg a minimum valamivel nagyobb a B-mintához képest. A szórás (σ) és a szórás és átlagérték arányaként definiált $CV=\sigma/E_{ave}$ szórástényező sokkal kevésbé érzékeny a mintavételezés esetlegességeire.

1. táblázat. A 8. ábrán bemutatott eloszlásra számított mérőszámok a kétféle mintavételezés esetében.

	A-minta	B-minta
E_{min}	2,13	1,97
E_{ave}	3,22	3,21
E_{max}	4,67	4,77
σ	0,89	0,89
CV	0,28	0,28
U_0	0.66	0,61
U_1	0.46	0,41

A világítási szabványokban [7] megadott egyenletesség minimumok nem adnak támpontot a növényvilágítás jellemzéséhez. Belső téri világításnál, a munkaterületen előírt $U_0>0{,}7$ küszöb a logaritmikus érzékenységű emberi látás igényeihez illesztett elvárás, ami nem kapcsolható az 1. ábrán bemutatott fotoszintézis fénygörbéhez. Egyetlen kiugró pont is leronthatja az U_0 értéket, ami miatt rossznak minősíthetünk egy olyan rendszert, amely egyébként megfelelő világítást biztosít a tenyészterület legnagyobb részén. A növényvilágítási rendszerek minősítéséhez nem elegendő az általános világításban megszokott mérőszámokat meghatározni

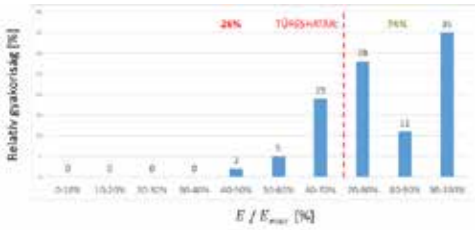


8. ábra. A fotonáram-sűrűség térbeli egyenletességének jellemzéséhez használt mérőszámok értelmezése. A kék folytonos vonal a fotonáramsűrűségnek egy vonal menti eloszlását mutatja. A szaggatott vonal az átlagot jelöli. Az ábrán nyilak mutatják a fotonáram-sűrűség maximális és minimális értékét. A szürke és piros pontok egy-egy mintavételezésből származó mintát jelölnek.

és az értékelésnél a növény fényválaszát is figyelembe kell venni.

5. A mért fotonáramsűrűség-eloszlás jellemzése

A 7. ábrán bemutatott PPFD eloszlás adataiból számított U_0=0,60 érték sejteti, hogy növényvilágítás szempontjából sem lesz megfelelő az az eloszlás, amely általános világításként sem állná meg a helyét. Az U_l=0,48 megadja, hogy a legkisebb fotonáram-sűrűség a maximum 48%-a, tehát az eloszlás szélességét jellemzi ez a paraméter. Önmagában U_l arról nem ad információt, hogy a PPFD értékek hogyan oszlanak el a minimum és maximum között. Célszerű ezért PPFD eloszlást relatív skálára vetíteni úgy, hogy minden egyes mért E fotonáram-sűrűség értéket elosztunk az E_{max} legnagyobb értékkel. Ezután az összes mérési adatot (esetünkben 100 darab mérési pontot) 10% szélességű osztályokba rendeztük és megszámoltuk, hány mérési pont esett minden egyes csoportba. Az így nyert hisztogram a 9. ábrán látható. A mérési adatok többsége, 35 darab, az E/E_{max}/> 90% osztályba tartozott és csupán két adatpont volt a 40%<E/E_{max}<50%/ csoportban.



9. ábra. A relatív PPFD eloszlás hisztogramja. A 100 mérési pontból 74% esett a tűréshatár felé, míg a mérési pontok 26%-a kiesőnek számít.

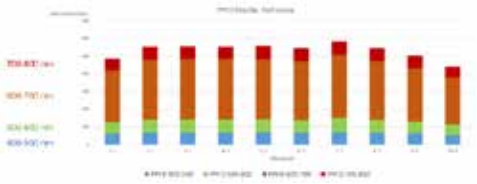
A fotonáram-sűrűség hisztogram már sokkal több információt ad az eloszlásról, mint egyetlen mérőszám.

Amennyiben ismert a termesztett növény fénygörbéje, közvetlenül kiszámíthatjuk, mennyi a várható terméshozam a mért PPFD eloszlás mellett. A növényvilágító rendszerek fényárama széles tartományban vezérelhető, tehát könnyen megvalósítható, hogy a maximális PPFD értéknek a növény fénytelítési pontját válasszuk. A 9. ábra hisztogramját rávetítve az 1. ábrán bemutatott fénygörbére az E/E_t= 0,48-1,00 közötti tartományt fedjük le. Ebben az intervallumban a fotoszintézis sebessége a 80%-100% között tartományba esik.

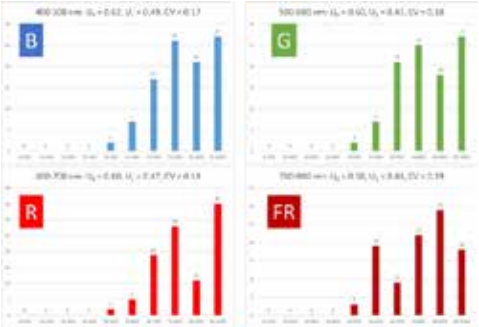
A növény fénygörbéjének ismeretében, a piaci elvárások alapján, meghatározzuk a PPFD tűréshatárt, amely alatt selejtnek tekintjük a növényt, mert tömege, levélmérete, érettsége elmarad a piaci elvárástól. A 9. ábrán piros szaggatott vonal jelzi az esetünkre megállapított 70% relatív PPFD határt, ami a fénytelítési ponthoz képest 90%-os fotoszintetikus aktivitásnak felel meg. A növénytermesztő számára ez az elsődleges információ: amennyiben a tenyészterületen

a 9. ábrának megfelelő PPFD eloszlás alakul ki, az azt jelenti, hogy a növények 26%-a nem kap elegendő fényt ahhoz, hogy a tenyészciklus ideje alatt a megfelelő fejlettségi szintre jusson. A vertikális farmok üzleti modelljében ilyen nagyságú selejt nem tolerálható. A fotonáramsűrűség-eloszlás javításának egyszerűbb, de nem feltétlenül gazdaságos módja a termőterület szűkítése. Amennyiben a 10×10 cellából álló termőterületet 8×8 cellára szűkítjük, a 70% relatív PPFD alá csak a pontok 2%-a esik. A gyakorlatban a világítótestek elrendezése és sugárzási szögek optimalizálása teremti meg a lehetőséget a fotonáramsűrűség egyenletességének javítására.

A PPFD fontos paramétere a növényvilágításnak, de nem elégséges a 400-700 nm hullámhossztartományra szűkíteni a vizsgálatainkat. A szűkebb, B, G, R és FR tartományokban mérhető fotonáramsűrűségek ismerete is fontos a növény számára optimális körülmények beállításához. A fotonáram-sűrűség spektrális egyenletességének ellenőrzéséhez már négydimenziós ábrára lenne szükségünk, hiszen a sík minden egyes pontjához legalább 4 számot szeretnénk rendelni. A spektrális egyenletesség egyik ábrázolási lehetősége látható a 10. ábrán, amely a mérőkeret bal szélső oszlopában (5. ábra) mért adatokra mutatja az egyes hullámhossztartományok hozzájárulását a teljes fotonáram-sűrűséghez. Az oszlopdiagram megmutatja, hogy a vörös, 600-700 nm tartomány a legjelentősebb minden mérési pont esetében és nagyjából azonos a kék, zöld és távoli-vörös fotonok aránya a spektrumban.



10. ábra. Az egyes hullámhossztartományok hozzájárulása a teljes fotonáram-sűrűséghez. A mérési pontok az 5. ábra bal szélső oszlopára vonatkoznak.



11. ábra. A relatív fotonáram-sűrűség hisztogramok a négy hullámhossztartományban.

2. táblázat. A PPFD, B, G, R és FR tartományokra számított eloszlásparaméterek.

	PPFD	B	G	R	FR
U_0	0,60	0,62	0,60	0,60	0,58
U_1	0,48	0,49	0,47	0,47	0,44
CV	0,18	0,17	0,18	0,18	0,19
90- 100%	35	27	27	35	18
80- 90%	11	21	18	11	29
70- 80%	28	26	25	28	22
< 70%	26	26	30	26	31

A 11. ábrán mind a négy hullámhossztartományra külön-külön megjelenítettük a relatív fotonáram-sűrűség hisztogramokat. Ezek a hisztogramok a PPFD-nél már leírt módon használhatók a B, G, R és FR hullámhossztartományok jellemzésére. Az eloszlások főbb paraméterei alig különböznek egymástól. A 2. táblázatban összegeztük a fotoszintetikus fotonáram-sűrűség (PPFD), valamint a B, G, R és FR tartományokra meghatározott fotonáram-sűrűségek eloszlását jellemző paramétereket.

6. Összefoglalás

A növényvilágítási rendszerek jellemzésénél nem hagyatkozhatunk az általános vi-

lágításra kidolgozott eljárásokra. A világítást jellemző paraméterek mérésén túl a növényben lejátszódó fotobiológiai folyamatokat is ismerni kell a mesterséges világítás optimális paramétereinek beállításához. A növényvilágítás jellemzéséhez fotonmennyiségeket használunk és a mérési feladat ezen fotonmennyiségek (elsősorban a fotonáram-sűrűség) spektrális eloszlásának meghatározása a munkasíkban. Méréseinkhez laboratóriumi eszközt, spektroradiométert használtunk. Terveink között szerepel egy rutinmérésekhez alkalmas, a spektroradiométernél egyszerűbb és olcsóbb mérőeszköz kifejlesztése. Az általános világítási szabványok ajánlásaihoz képest jóval sűrűbben vettük fel a mérési pontokat. A mérési pontok közötti távolságot alapvetően a termesztett növények mérete szabja meg. A mérőkereten végzett, pontról pontra kézzel végrehajtott mérés fáradságos és lassú, amelyet a jövőben egy automatizált méréssel kívánunk felváltani.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönik Bárdos Lászlónak, Kál Sztratosznak és Szepesházy Gáspárnak az Óbudai Egyetem Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar hallgatóinak a mérésekhez nyújtott segítségüket.

Irodalom

[1] P. Kusuma, P. Pattison és B. Bugbee, „From physics to fixtures to food: current and potential LED efficacy.," Hortic Res, p. 56, 2020.

[2] Dr. Láng Ferenc szerk., „A növényi anyagcsere élettana," 2013. [Online]. Available: http://www.eltereader.hu/media/2014/04/A_novenyi_ anyagcsere_elettana_READER.pdf.

[3] Nagy János (főszerk.), „Világítástechnikai Kislexikon," 2001. [Online]. Available: https://mek.oszk.hu/14000/14024/14024.pdf.

[4] K. J. McCree, „The action spectrum, absorptance and quantum yield of photosynthesis," Agric. Meteorol., vol. 9, pp. 191-216, 1971.

[5] L. Sipos, I. F. Boros, L. Csambalik, G. Székely, A. Jung and L. Balázs, „Horticultural lighting system optimalization: A review," Scientia Horticulturae, vol. 273, p. 109631, 2020.

[6] Y. Qi, B. Zhong, Y. Shi and J. Ju, „Evaluation of Several Different Types of Uniformity Metrics and Their Correlation with Subjective Perceptions," LEUKOS, vol. 13, no. 1, pp. 33-45, 2017.

[7] MSZ EN 12464-1:2012, „Fény és világítás. Munkahelyi világítás. 1. rész: Belső téri munkahelyek," [Online].

MEE Világítástechnikai Társaság

facebook.com/meevtt

Lakásvilágítás tervezési szempontjai glaukómás felhasználó igényeit figyelembe véve

– Gosztonyi Csenge Luca, Király Kristóf, Urbin Ágnes
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Mechatronika, Optika és Gépészeti Informatika Tanszék –

A glaukómával élő személyek számára problémát jelenthet bizonyos fényviszonyok mellett a mindennapos tevékenységek elvégzése vagy a változó megvilágítási viszonyokhoz való alkalmazkodás. Munkánk során azt vizsgáltuk, hogy megvilágítási megoldásokkal könnyebbé lehet-e tenni a glaukómával élő személyek hétköznapjait. Fontos szempont, hogy az így megalkotott megvilágítási környezet az ép látó családtagoknak is komfortos legyen.

Bevezetés

A glaukóma (zöldhályog) a szemnyomás megnagyobbodásával járó, az idő előrehaladtával romló betegség. A betegség tünetei a kezdeti szakaszban a ganglion sejtek redundanciája miatt nehezen észrevehetőek, viszont a ganglion sejtek folyamatos pusztulása miatt idővel látótérkiesés következik be, ami egészen vakságig vezethet. A betegek fényviszony-változásokhoz való alkalmazkodási képessége romlik.

Megkülönböztetünk nyílt- és zártzugú glaukómát. Az utóbbit rohamok is jellemzik, melyek kialakulásának az esélye csökkenthető megfelelő megvilágítással. A glaukóma elterjedését tekintve népbetegségnek mondható, amely a mindennapi élet során számos nehézséget okoz mind a betegnek, mind a környezetében élőknek.

A téma különleges aktualitását adja a koronavírus járvány elleni védekezés kapcsán elterjedő otthoni munkavégzés intézménye. Általánosságban elmondható, hogy az otthonok világszerte alulvilágítottak. Ez a hagyományos munkarendben kevésbé jelentett problémát, hiszen akkor az otthon nagyrészt rekreációs célokat szolgált. Viszont az otthoni munkavégzés jelentős térnyerése, és ennek a munkakultúrára gyakorolt várhatóan hosszútávú hatásai rávilágítottak arra, hogy nagyobb hangsúlyt kell fektetni a lakóotthonok ergonomikus megvilágítására, alkalmazkodva az ott élők egyéni igényeihez.

A téma körüljárása során elsősorban korábban publikált szakirodalmi forrásokra támaszkodtunk, melyek különböző szempontok szerint vizsgálták a glaukómás személyek látását és a megvilágítás összefüggéseit.

A felhasznált forrásokból két állítás volt egyhangúan leszűrhető: világítási megoldásokkal javítható a glaukómás személyek életminősége, és a téma alulkutatott, tehát messzemenő következtetések nem vonhatóak le.

Ennek apropóján szeretnénk közös gondolkodásra hívni az olvasókat, hogy milyen megvilágítási megoldásokkal lehetne javítani a glaukómával élők hétköznapjait, mi alapján lehetne a számukra megfelelő megvilágításra ajánlásokat tenni, és esetleg szenzorizált, automatizált megoldásokkal javítható-e tovább az életminőségük.

A kisszámú fellelhető forrás között nem találtunk ajánlást, vagy vonatkozó szabványt glaukómás személyek életterének megvilágítására. Kiindulópontként a betegséget bemutató orvosi tankönyveken és kezelési ajánláson túl 6 cikk szolgált. Ezek közül 2 gyengén látó, köztük galukómával élő személyek életminőségének a változását vizsgálta a megvilágítás növelésének a hatására, két cikk a térbeli frekvencia érzékenységet különböző megvilágítási szinteknél, 1 cikk pedig azt, hogy miért tapasztalnak nagyobb nehézségeket a glaukómás szemé-

lyek otthon, mint a kórházi mérések alapján indokolt lenne, és végül 1 cikk összefoglalást adott a nyílt zugú glaukóma és a megvilágítás kapcsolatát taglaló cikkekről 2019-ig bezárólag.

Az összefoglaló jellegű forrás összegyűjti a korábbi évek kutatási eredményeit annak kapcsán, hogy a megvilágítás miképpen hat a nyitott zugú glaukómával élő személyekre. Szigorúan csak elsődleges, simplex (nyitott zugú) glaukómával élőkre irányuló eredményeket gyűjtöttek össze. 8437 darab 2019 áprilisa előtt publikált beszámolóból, melyek a vizuális funkciókat vagy az életminőséget vizsgálták változó megvilágítási szintek vagy káprázás függvényében, szigorú szempontrendszer alapján csak 56 publikációt találtak alkalmasnak arra, hogy az összefoglaló részét képezhessék.

Az összefoglalt eredmények alapján elmondható, hogy a nyílt zugú glaukóma csökkenti kis megvilágításoknál a kontraszt érzékenységet, növeli az érzékenységet a káprázásra és növeli a sötéthez való alkalmazkodás idejét.

Az összefoglalóban szereplő kérdőíves kutatások alapján a betegek leggyakrabban a káprázást és a változó megvilágítási viszonyokhoz való alkalmazkodást, a sötétben való munkavégzést említették, mint a mindennapi tevékenységek során zavart okozó problémákat.

Számos kutatás azt vizsgálta, hogy nyitott zugú glaukóma esetén az idő előrehaladtával hogyan romlanak az egyes látási funkciók. Többszörösen kimutatták, hogy a glaukómával élő embereknek gyengébb a mezopos és fotopos kontrasztérzékenységük, mint az ép látású kortársaiknak, és a mezopos tartományban jelentősebbek ezek a különbségek.

A sötétadaptációt főleg a 20. század első felében datált kutatások vizsgálják. Ekkor figyelték meg, hogy a legkisebb a szem által érzékelhető fénymennyiség csökkenése előre jelzi a glaukóma kialakulását. Másik kutatás arra a megfigyelésre jutott, hogy egy villanásszerű fényinger hatására különböző megvilágítottsági szinteken a glaukómás alanyok szeme kisebb mértékben reagál, mint ép látású társaiké.

A funkcionális látást vizsgáló kutatások egyike a több fény szükségességének érzését, homályoslátást és a káprázást emelte ki a legjellemzőbb tünetekként.

Egy kérdőíves kutatás arra mutatott rá, hogy glaukómával élő személyeknek nagyobb arányban okoz problémát a kis (kültéren éjjel) vagy a nagy (kültéren egy napsütéses napon) megvilágítás mellett történő tevékenység. Egy hasonló témájú kutatás nem talált különbséget az egészséges és glaukómás tesztalanyok mozgás érzékelése között fotopos és szkotopos megvilágítás esetén. Születtek eredmények különböző kontrasztszintek melletti látásvizsgálat során is, 50%-os kontraszt szinttel szimulálták a szuboptimális látási viszonyokat (pl.: köd). 100%-os kontraszt szinten nem volt különbség az egészséges és a glaukómás tesztalanyok teljesítménye között, de 50 %-os kontraszt szintnél a glaukómás alanyok teljesítménye elmaradt az egészségesekétől. Az eredmények arra mutatnak, hogy valós helyzetekben, ahol a kontrasztok nem 100 %-osak, a tárgyak kategorizálása nehézséget okozhat. Egy további kutatás rávilágított, hogy ha a betűk kontrasztját 100 %-ról 20 %-ra csökkentjük, akkor a glaukómások szignifikánsan lassabban olvasnak, mint az egészséges látású emberek. A megvilágítás növelése csökkentheti a glaukómás emberek olvasási nehézségeit.

Mindent egybevetve és tudomásul véve a források közti látszólagos vagy tényleges ellentmondásokat, a publikáció készítői egy következtetést tudtak teljes magabiztossággal levonni: a téma alulkutatott, ajánlások tételéhez további eredményekre lenne szükség.

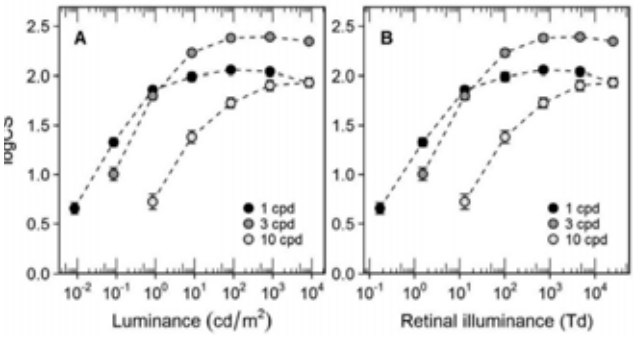
A térbeli kontrasztérzékenységet vizsgáló kutatások egyike a térbeli kontrasztérzé-

kenységet hasonlította össze egészséges és glaukómás alanyok esetében, mint a publikáció címében írják, a csillagfényestől a napfényes megvilágításig. A kutatás fontosságát az adja, hogy bár a glaukómát a kezdeti fázisban tünetmentes betegégnek tekintik, ez a tünetmentesség csak megfelelő megvilágítás mellet igaz, úgy tűnik, extrém megvilágítási körülmények között tapasztalhatóak tűnetek már a korai stádiumban is. Ez azt mutatja, hogy a fényhez való adaptációs képesség sérül.

Az érzékenységbeli különbség jelentősebb volt a betegek és a kontrolcsoport között a szkotopos (sötére tadaptált) tartományban, mint a fotoposban (fényre adaptált). A látótérbeli érzékenység különbsége a két csoport között a látóüregben független a megvilágítástól, de jól érzékelhető kisebb megvilágítások mellett a perifériális látótérben. A korábbi vizsgálatok foveális látás esetén nem mutattak ki eltérést az adaptációs időben, de a megvilágítás szabadtéren, napos időben, délben nagyjából ezerszerese a látótér vizsgálat során alkalmazott megvilágításnak. Nagy megvilágítások mellett korábban nem történtek mérések glaukómás pácienseken.

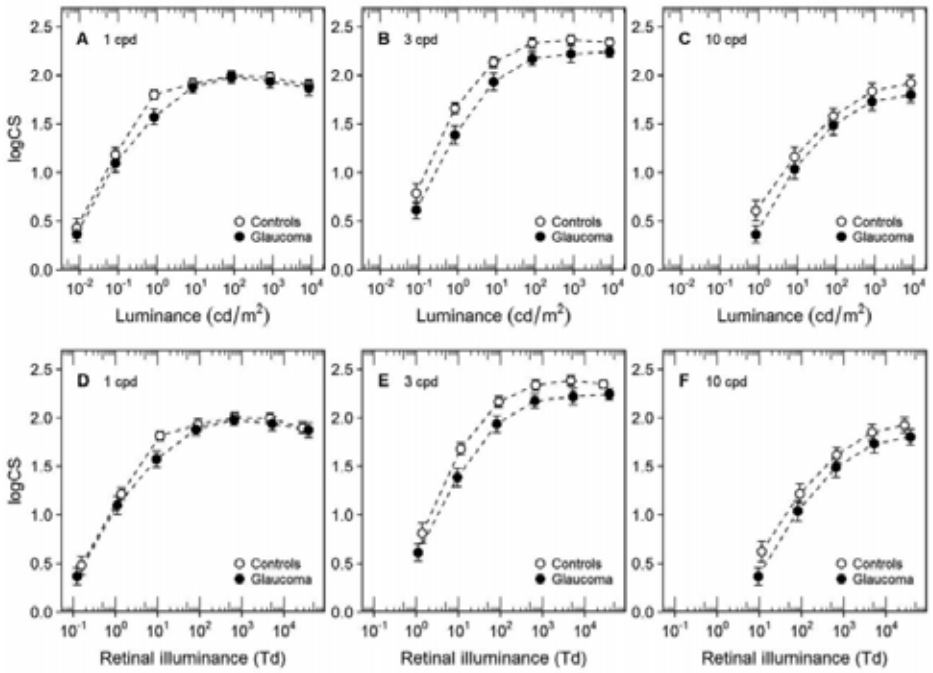
A vizuális teljesítményt különböző megvilágítási szinteken két fő pszichofizikai törvény írja le. A De Vires- Rose törvény érvényes kis megvilágítások esetén: a kontrasztérzékenység arányos a háttér megvilágításnak a négyzetgyökével. A Weber törvény a kontrasztérzékenység állandóságát mondja ki nagy megvilágítások esetére. Ez implikálja, hogy az összefüggés a kontraszt érzékenység és a háttérvilágítás között függ a térfrekvenciától is, a kontrasztérzékenység függvény (contrast sensitivity function, CSF) valóban eltér különböző megvilágítási szinteken. A téma alulkutatottsága okán a bemutatott tanulmány első körben a kontraszt érzékenység függvényt nagy megvilágítás mellett kezdte vizsgálni. Második körben a CSF-t glaukómás betegek és egészséges kontrolok esetén a megvilágítás függvényében hasonlította össze. Habár számos korábbi kutatás hasonlította össze glaukómás és egészséges személyek CSF-ét, az eredményeik eltértek, és nem voltak korábbi kutatások, melyek a megvilágítást is figyelembe vették volna, mint befolyásoló tényezőt. A kontraszt érzékenységet 1, 3 és 10 cpd-nél (cycle per degree, a térfrekvencia mértékegysége, megegyezik az egy fok alatt lévő fekete és fehér sávpároknak a számával) mérték egy fénysűrűségi soron, amely 6 logaritmikus egységen keresztül fordult át szkotoposból fotoposba. (10-2-10-4 cd/m^2)

A logCS versus log megvilágítás függvények nem különböztek nagy mértékben az egészséges és a glaukómás alanyok esetében. Nagyobb megvilágítási szinteken nőtt a különbség, de nem függött egyértelműen a térfrekvenciától. A megvilágítási szint, amelynél a De Vires-Rose törvény helyét átvette a Weber törvény nőtt a térfrekvencia függvényében. A pontos mérési eredményeket az 1. ábra mutatja.



1. ábra. kontrasztérzékenység megvilágítás függvényében, egészséges alanyok esetén (Bierings et al. 2019)

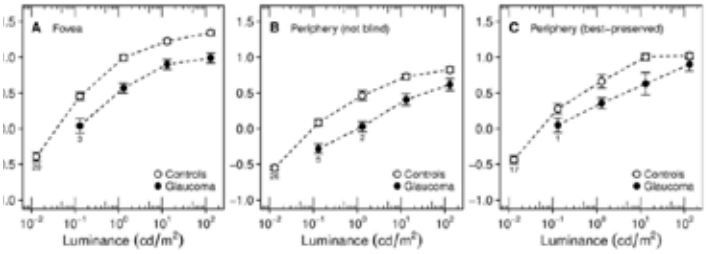
Kisebb megvilágítási szinteken a különbségek jobban kirajzolódtak, a térfrekvencia befo-



2. ábra. Glaukómás és egészséges alanyok kontrasztérzékenységének a vizsgálata megvilágítás függvényében, különböző térfrekvenciák esetén (Bierings et al. 2019)

lyásoló hatása viszont itt sem egyértelmű. A De Vires-Rose törvény által leírt görbeszakaszon a glaukómás alanyoknak körülbelül 0,5 logaritmus egységgel nagyobb megvilágításra van szükségük, mint az egészséges alanyoknak az azonos kontrasztérzékenység eléréséhez, és ez a különbség 1 logaritmus egységre nő az átmeneti megvilágítás körül. (ld. 2. ábra) Nagyjából 100 cd/m² fénysűrűségre van szükségük (jól megvilágított iroda), hogy elérjék azt a kontrasztérzékenységet, amelyet az egészségesek 10 cd/m²-en (hangulatos nappali). Változó világítási körülmények között nem végeztek hasonló méréseket, hiszen a különböző fénybeállítások között hagytak adaptációs időt.

A másik kontrasztérzékenységgel foglalkozó kutatás glaukómás személyeken vizsgálta a De Vires-Rose, a Weber és a Ferry- Potter törvények érvényességét, amelyek fénysűrűség függvényében határozzák meg a vizuális teljesítményt. 19 glaukómás és 45 kontrol személyen mértek foveális és perifériális kontraszt érzékenységet statikus látótér és kritikus fúziós frekvencia mellett a megvilágí-



3. ábra. Foveális és perifériális kontrasztérzékenység a megvilágítás függvényében, glaukómás és egészséges alanyok esetén (Bierings et al. 2018)

tás függvényeként 0,02cd/m^2–200 cd/m^2 között (ld. 3. ábra).

Az eredmények alapján foveálisan logCS (contrast sensivity, kontraszt érzékenység) arányos a megvilágítás logaritmusával, azaz érvényes a De Vires-Rose törvény. A nagyobb megvilágításoknál, a Weber törvénynyel összhangban szaturál. A glaukómával élő kísérleti alanyok megvilágítási szinttől függetlenül 0,4 logaritmus egységgel kisebb kontrasztérzékenységgel rendelkeztek, mint az egészséges kontrolcsoport tagjai. A perifériás látás esetén a különbségek kis megvilágításnál jobban kidomborodtak. A kritikus fúziós frekvencia (CFF) lineárisan változott a fénysűrűség logaritmusának a függvényében, a Ferry- Potter törvénnyel összhangban. A glaukómával élőknek kisebb volt a CFF értéke, mint a kontrolcsoport tagjainak. A CFF görbe a megvilágítás logaritmusának a függvényében kevésbé meredek mind foveális (6,8 vs 8,7 Hz/log unit) és perifériális (2,5 vs 3,4 Hz/log unit) látás esetén. Konklúzióként levonható, hogy ez nem csak a fényhez való alkalmazkodás csökkenésére vezethető vissza, hanem sokkal inkább a retina és az a mögötti jelfeldolgozás hibáira.

A kutatás során pupilla átmérőt is mértek két fénysűrűségi szinten. A 19 glaukómás alany esetén 4,3 mm volt az átlagos pupilla átmérő 2,36 cd/m^2 mellett (az értékek 3,0 mm és 4,7 mm között változtak) míg a 45 fős kontrolcsoport átlagos pupilla átmérője 5,0 mm ugyanezen fénysűrűség mellett. 236 cd/m^2 mellett a glaukómás személyeken 3,2 mm átlagos pupillaátmérőt mértek (2,5 mm-3,7 mm). A kontrolcsoport átlaga szintén 3,2mm volt, de ott a 2,9 mm-3,7 mm tartományból kerültek ki az értékek.

Egy 2013-as Amerikában megjelentetett cikk abból a megfigyelésből indul ki, hogy a páciensek gyakran nagyobb mértékű látási nehézségekről számolnak be a mindennapok során, mint amekkorát a klinikákon történő mérések alapján indokoltnak tartanának a szakemberek. Az otthon és a klinikán mért eredmények közti különbség okait keresi a cikk, figyelembe véve a megvilágításbeli különbségeket és egyéb faktorokat. A kutatásban 126 glaukómával élő és 49 nem glaukómás személy vett részt, 55 és 90 éves kor között. Minden résztvevő átesett klinikai és otthoni méréseken is. Ezek során a közel és a távollátás élességét és a kontrasztérzékenységet mérték, káprázással és megvilágítással. A glaukómás és az egészséges alanyok is átlagosan jobb eredményeket értek el klinikai körülmények között, mint az otthoni mérések során. A cikk kiemeli, hogy az otthoni világítások több mint 85%-a elmaradt az ajánlásoktól. A cikk konklúzióként az otthoni világítás optimalizálásának a fontosságára hívja fel a figyelmet.

Egy 2013-as kutatás céljául azt tűzte ki, hogy egy objektív, átfogó near-task otthoni megvilágítást értékelő rendszert hozzon létre gyengén látó időskorúak igényeihez igazodva. Az értékelő rendszert rehabilitációs szakemberek segítségével tesztelték gyengén látókon, így jött létre a HELA (Home Environment Lighting Assessment), amely a kidolgozó kutatók szerint eszközt ad az otthoni munkakörnyezetek megvilágításának minőségi és mennyiségi leírásához, és segítséget nyújt a világítás átalakításának a megtervezéséhez, de akár rehabilitációs célok elérésében is támpontot jelenthet a szakembereknek.

Gyenge látás alatt a vizuális funkciók szignifikáns romlását értik, ami nem korrigálható szemüveggel, kontaktlencsével vagy orvosi kezeléssel. Különböző okai lehetnek a gyengén látásnak, köztük a glaukóma. Számos, az életkorhoz kötődő változás befolyásolja a retinát értő fény mennyiségét, mint a pupilla méretének a csökkenése, vagy a lencse fényáteresztő képességének csökkenése. Habár szabványok foglalkoznak megvilágítási kérdésekkel, és 2013-ban The Illumination Engineering Society of North America ajánlásokat tett a különböző ottho-

ni feladatok elvégzéséhez szükséges világítások terén is, a felmérések mégis azt mutatják, hogy a lakások megvilágítása jóval elmarad az ajánlott megvilágítási értékektől. Fontos kiemelni, hogy az egészséges személyek számára ajánlott értékekhez képest készültek a felmérések. Ez gyengén látókra nézve még nagyobb hiányosságokat jelent, hiszen nekik gyakran többlet megvilágításra lenne szükségük az általános ajánlásokhoz képest. Glaukómás vagy szürkehályoggal élő személyek esetében kutatások kedvező eredményeket értek el pusztán kiegészítő fényforrások elhelyezésével. Kiemelt figyelmet kell fordítani a kiegészítő fényforrások megfelelő elhelyezésre is a káprázás elkerülése végett.

Az optimális megvilágítás előnyeit makula degenerációban szenvedő betegeken vizsgálták különböző kutatások: náluk a megfelelő megvilágítás növelte a mondatolvasási képességet, az olvasási sebességet és az általános közérzetet. A kritikus betűméretet és a különböző balesetek (elesés) kockázatát csökkentette. Mindezek ellenére az időskorúak jellemzően ellenzik a lakásuk megvilágításának az átalakítását, még ha az el is marad az optimálistól.

Korábbi (Linder et al 2001, idézi Perlmutter et al) kutatások alapján a felhasználók 70%-a mennyezeti fényforrást használt elsődleges fényforrásként olvasáshoz, és csak 40% használt kiegészítő fényforrásként olvasólámpát. Ez a korszerű, feladatokhoz létrehozott fényszigetes szemlélettől eltér. A megfelelő megvilágítás különösen fontos a nyugdíjas felhasználóknál, akik jellemzően a nap jelentős részét a lakásukban töltik.

A megvilágítási preferenciák egyéniek, a vizuális komfort objektív és szubjektív tényezőit is figyelembe kell venni az optimális megvilágítás meghatározásakor: mennyiség, pozíció, irány, káprázás, szín, kontraszt, idő függvényében változás...

A megvilágítás nagyságán túl a káprázás elkerülését emeli ki a cikk legfontosabb szempontként, melynek elkerülése érdekében szűrők használhatóak, illetve ajánlott az

1. táblázat. Megvilágítási adatok a HELA-t fejlesztő csoport által végezett átalakítások előtt és után gyengén látók otthonaiban (Perlmutter et al. 2013)

Változó:	**Lux, M±SD**	**Tartomány , Lux**
	Tesztcsoport	
Olvasás helye		
Átalakítás előtt	380,09 ± 153,43	130 - 616
Átalakítás után	1151,71 ± 1246,96	237 - 3669
Számlák fizetésének a helye		
Átalakítás előtt	391,17 ± 206,06	179 - 519
Átalakítás után	1130,86 ± 866,02	152 - 2240
	Kontrolcsoport	
Olvasás helye		
Átalakítás előtt	329,00 ± 58,12	131 - 408
Átalakítás után	380,85 ± 163,80	152 - 586
Számlák fizetésének a helye		
Átalakítás előtt	486,50 ± 99,70	416 - 557
Átalakítás után	546,50 ± 55,86	152 - 586

üvegfelületek kezelése és a reflektív asztal és pultfelületek letakarása.

Általánosságban jellemző, hogy a szubjekítv módon meghatározott optimális megvilágítási szint kisebb, mint az objektív módon meghatározott. Kutatások során előfordult, hogy nagy megvilágítási szint mellett hosszabb idő után szemfájdalomról panaszkodtak egyes alanyok.

A HELA kifejlesztése során részt vevő 25 alanyból 8 élt glaukómás megbetegedéssel. A számlák befizetési helyénél és az olvasás helyénél helyeztek el plusz fényforrásokat, míg a kontrolcsoportnál nem változtatták jelentősen a megvilágítást. A megvilágítási értékek az 1. táblázatban olvashatóak. Egy második fázisan további változtatásokat is eszközöltek, pl. a káprázás ellen.

Bár a cikk lényege a HELA értékelő rendszer kifejlesztése és értékelése, amely jelen összefoglaló szempontjából kevésbé releváns, viszont a benne szereplő ismeretanyag és konkrét megvilágítási értékek miatt hasznos a taglalása. (Perlmutter, és mtsai., 2013)

A fény minősége és az életminőség címmel jelentettek meg cikket svéd kutatók 2004-ben. A kutatás a megvilágítás hatását vizsgálta a mindennapi tevékenységek során gyengén látó emberekkel. A konyhában, a hallban és a fürdőben végeztek átalakításokat a világításon, és így hasonlították össze az egyes felhasználók átalakítások előtti és utáni életminőségét. A nappaliba a különböző feladatokhoz tartozó (task light) fényforrásokat helyeztek fel, és ennek is mérték az életminőségre gyakorolt hatását. A task light-okat a kontrolcsoport lakásaiban nem helyezték fel, míg a többi átalakítást ott is elvégezték. Az életminőség változást interjús módszerrel mérték, 6 hónappal a fényforrások felhelyezése után. A nappaliban felhelyezett világítás kapcsán markáns életminőség javulás volt megfigyelhető, az alapvető fény adaptáció a konyhában szignifikáns eltérést jelentett a munkafelületeken elvégzendő feladatok terén, egyéb tevékenységek terén is észlelhető volt javulás, de nem szignifikáns.

A kutatás egyértelműen mutatja, hogy gyengén látó emberek esetén javítható az életminőség a megvilágítási paraméterek javításával. Ez a javulás azzal magyarázható, hogy megfelelő megvilágítás mellett (elégséges mennyiségű fény, megfelelő irányítás, jó megvilágítás, jó kontraszt, minimális káprázás, megfelelő fénytársítások) a gyengén

2. táblázat. A lakásvilágítást mint életminőséget befolyásoló tényezőt vizsgáló kutatásban résztvevő otthonok átlagos megvilágítása az átalakítások előtt és után (Bunnström et al., 2004)

		Megvilágítás (lx, átlag)		
		előtt	után	változás
Konyha				
Munkafelület	n=46	220	800	580 (±80)
Mosogató	n=46	345	1000	655 (±90)
Tűzhely	n=46	350	800	450 (±70)
Konyhaszekrény	n=46	165	500	335 (±50)
Ebédlőasztal	n=46	255	400	145 (±25)
Fürdőszoba/hall				
Fürdőszoba	n=26	80	400	320 (±60)
Hall	n=24	100	450	350(±55)

látók több feladatot tudnak önállóan elvégezni, így kevésbé kiszolgáltatottak mások segítségének, magabiztosabbnak, értékesebbnek érzik önmagukat.

A kutatásban résztvevő 34 gyengén látó személy közül 5 szenvedett glaukómában.

A nappaliban 50 W-os 12 Voltos standard állólámpát alkalmaztak az olvasási feladatokhoz, amely hangulatvilágítási funkcióval is rendelkezett. Az optimális fényirányt tükörrel biztosították. Ez nagyjából 760 luxról 1200 luxra való megvilágítás növekedést jelent. A konyhaszekrény háttérvilágítása 165 luxról 500 luxra nőtt. A többi helyiségre vett megvilágítás változtatásokat 2. táblázatban mellékeljük.

A kutatás alapján elmondható, hogy egy jó megvilágítás nagymértékű és teljes körű javulást képes okozni a gyengén látók életminőségében.

A fentebb részletezett kutatások nyomán kijelenthető, hogy a világítás optimalizálása gyengénlátó, illetve glaukómás személyek számára, nagy mértékben segítheti a betegségben szenvedő személyek életminőségének a javítását, illetve ezzel közvetve a közvetlen környezetükben élőkét is. Úgy gondoljuk, hogy ilyen megoldásokra létezik mind társadalmi mind piaci igény.

Véleményünk szerint a valós megoldások nyújtásához átfogó ismeretekre lenne szükség annak terén, hogy glaukómás személyek a betegség különböző stádiumaiban milyen megvilágítási megoldások mellett tudnak kényelmesen látási feladatokat elvégezni, és hogy ezek miként egyeztethetőek a háztartásban élő ép látók megvilágítási igényeivel. Esetleges okos megoldások esetén fontosnak tartjuk annak a figyelembevételét, hogy a glaukóma jelentősen érinti az idősebb korosztály tagjait, akik bizonyos technikai megoldásoktól ódzhodhatnak, bonyolult kezelő felületek nehézségeket okozhatnak nekik.

Összefoglalás: Munkánk során a megvilágítás hatását vizsgáltuk glaukómával élő személyek életminőségére az elérhető szakirodalmak alapján. A témában számos kérdés nyitott, ezeket szeretnénk felvetni az olvasóknak, annak reményében, hogy elindulhat egy szakmai közös gondolkodás, ami hosszútávon számos ember életminőségén javíthat.

Irodalomjegyzék:

1. Anjali M. Bhorade, M. M., Monica S. Perlmutter, O. O., Brad Wilson, M., Kambarian, J., Sidney Chang, M., Melike Pekmezci, M., & Mae Gordon, P. (2013). Differences in Vision Between Clinic and Home and the Effect of Lighting in Older Adults With and Without Glaucoma. JAMA Ophthalmology, 1554-1562.
2. Bierings, R. A., de Boer, M. H., & Jansonius, N. M. (2018). Visual Performance as a Function of Luminance in Glaucoma: The De Vries-Rose, Weber's, and Ferry-Porter's Law. Investigative Ophthalmology & Visual Science, 3416-3423.
3. Bierings, R. A., Overkempe, T., van Berkel, C., Kuiper, M., & Jansonius, N. (2019). Spatial contrast sensitivity from star- to sunlight in healthy subjects and. Vision Research, 31-39.
4. Brunnström, G., Sörensen, S., Alsterstad, K., & Sjöstrand, J. (2004). Quality of light and quality of life--the effect of lighting adaptation among people with low vision. Ophthalmic Physiol Opt., 274-280. Dr. Radnót, M. (1988). A szemészet alapvonalai. Budapest: Medicina Könyvkiadó.
5. Egészségügyi Szakmai Kollégium. (2019). Egészségügyi szakmai irányelv - A glaucoma kezeléséről. Budapest: Emberi Erőforrások Minisztériuma - Egészségügyért Felelős Államtitkárság.
6. Enoch, J., Jones, L., Taylor, D. J., Bronze, C., Kirwan, J. F., Jones, P. R., & P., D. (2019). How do different lighting conditions affect the vision and quality of life of people with glaucoma? A systematic review. Eye, 138-154.
   Pécsi Tudományegyetem.
7. Perlmutter, M. S., Bhorade, A., Gordon, M., Hollingsworth, H., Engsberg, J. E., & Baum, M. (2013). Home Lighting Assessment for Clients With Low Vision. The American Journal of Occupational Therapy, 674-682.
8. Szabó, D., László, S. G., & Tóth, G. (2018). Visual impairment and blindness in Hungary. Acta Ophthalmologica, 168-173

Egy világításkorszerűsítési projekt megbízhatósági problémái

– Hegedüs János, Hantos Gusztáv, Szabó Péter Gábor, Poppe András –

Tartalmi kivonat

Napjaink műszaki termékeit a piaci verseny, valamint az emberi és gazdasági elvárások alapvetően meghatározzák. Az elektronikai eszközök fejlesztése során a megkapó külső ma már majdnem olyan fontos követelmény, mint maga a műszaki tartalom. Az elérhető funkciók bővítése, a termékre specifikus hatásfok javítása, a kedvezőbb vásárlói ár és természetesen a megbízhatóság növelése szintén a fő szempontok közé tartoznak; ez utóbbi azonban nem minden esetben a várt irányba módosul.

A BME Elektronikus Eszközök Tanszéke hosszú ideje foglalkozik tokozott félvezető eszközök termikus megbízhatósági tesztelésével és szimulációjával. Jelen cikkünkben egy világításkorszerűsítési projekt során felmerült élettartam problémák okainak felderítése érdekében végzett összetett vizsgálati eljárását mutatjuk be, mindazokkal a méréstechnikai és számítógéppel támogatott modellezési és szimulációs módszerekkel együtt, amelyek segítségével a LED-es világítótestek termikus eredetű problémái feltárhatók. Ennek során felhasználtunk kontaktmentes módszereket, úgy, mint vizuális, infrakamerás és fénysűrűségmérő kamerás méréseket, számítógépes termikus szimulációkat, valamint termikus tranziens tesztelésen alapuló laboratóriumi és in-situ méréseket is.

1. Bevezetés

Napjaink világítástechnikai fejlődési és fejlesztési irányait nem szükséges hosszasan ecsetelni: mára a félvezető egykristály alapú fényforrások szinte mindenütt teret hódítottak maguknak, legyen szó beltéri, kültéri vagy akár járműipari alkalmazásokról. Azonban még mindig kevésbé ismeretes, hogy a LED-ek esetében az eszköz felmelegedését okozó veszteségi hő nem csupán a villamos fogyasztást növeli szükségtelenül, de a fényforrás hatásfokát és élettartamát is egyaránt csökkenti [1]. Az úgynevezett retrofit fényforrások esetében a méret és fejelés szerinti korlátok miatt a gyártók jellemzően komoly kompromisszumokra kényszerülnek a termék hőelvezetését illetően, azonban a dedikált LED-es világítótestek kialakítása során már egészen más kényszer köti meg a tervezők kezeit, ami pedig nem más, mint az eladhatóság. A vásárló ugyanis nem „hőkamerás szemekkel" tekint a boltok polcain vagy a webes katalógusok oldalain található LED-es lámpákra [2], így a mind inkább kompakt méret, az alacsony ár és a vonzó termékkülső mellett az adott alkalmazási körülmények közt ténylegesen várható termékélettartam (fényáramtartás, pl. B50-L70 értelemben) kérdése elsikkad.

A világító diódák működése során meghatározó fontosságú paraméter a LED lapka, avagy az úgynevezett pn átmenet hőmérséklete, amelynek emelkedésével nem csupán az eszköz felvett elektromos teljesítménye csökken (állandó nyitóáramot feltételezve), de hatásfoka és fényhasznosítása is romlik, valamint felgyorsulnak a különféle öregedési folyamatok is [3]. A korábbi fényforrásokkal ellentétben ugyanis a LED-ekre nem a hirtelen, fatális meghibásodás a jellemző, hanem a sugárzott teljesítmény és az összfényáram folyamatos csökkenése. Egy alultervezett hőátadó képességű (vagy a termikus hatások figyelembevételét teljesen mellőzve tervezett) világítótest összfényárama tehát nagyobb meredekséggel csökken, de szélsőségesen rossz tervezés eredménye-

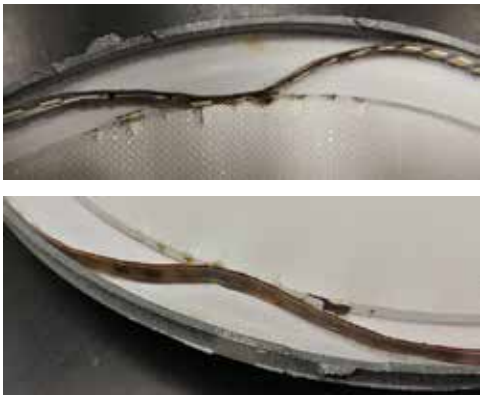
[1] Ez az írás a szerzők által a 2021. évi XII. LED konferencián tartott előadás során elmondottak bővített változata.

képpen a LED-ek hirtelen, fatális meghibásodása is bekövetkezhet. Tipikusnak tekinthető a termékadatlapon szereplő 50..100 ezer órás élettartam, amely kb. 10 év folyamatos üzemnek felel meg, míg a valóságban a termikusan rosszul tervezett, vagy a termikus szempontokra fittyet hányó módon installált LED-es világítótestek 30%-ot meghaladó összfényáram-csökkenése 1 éven belül is bekövetkezhet. Jelen írásunkban egy ilyen világítótest típus több példányának kb. 6..12 hónapon belüli teljes tönkremenetelének részletes gyökér-ok (root-cause) analízisével foglalkozunk.

1. ábra. A gipszkarton álmennyezet elemekre, a korábbi süllyesztett mélysugárzó kompaktfénycsöves lámpatestek kiváltására alkalmazott, ultravékony, köralakú LED-es világítótest a termikus mérőállomásunkhoz csatlakoztatva

2. A vizsgált világítótest

A BME Elektronikus Eszközök Tanszékén vizsgált LED-es világítótest típus egy új mintadarabja az 1. ábrán látható. A világításkorszerűsítési projekt során a mennyezeti, ultravékony, kör alakú világítótesteket gipszkarton álmennyezeten kivágott, csupán egy 8 cm átmérőjű lyukakon keresztül szerelték fel. Néhány hónappal a telepítés után azonban a világítótestek összfényárama szemmel is jól láthatóan csökkenni kezdett, nem sokkal később pedig több világítótest is fatálisan meghibásodott. Az egyik ilyen világítótestet szétszerelve nyilvánvaló volt, hogy a probléma elsődlegesen termikus eredetű.



2. ábra. A világítótest oldaláról levált LED-szalag és az elszenesedett belső diffúzor lemez

A gyártó a sorosan-párhuzamosan kapcsolt LED-eket a lámpatest hengerpalástjának belső peremére ragasztotta fel, illetve, a kívánt térbeli fényeloszlás kialakítása érdekében belső *diffúzor lemezeket* alkalmaztak. A többszörös műanyag diffúzor rétegek miatt a világítótest optikai hatásfoka 80% körüli, ami körülbelül 2W disszipációt okoz az optikai elemekben.

A meghibásodás fő oka a 2. ábrán jól megfigyelhető. A LED-ekkel szembe helyezett műanyag diffúzor lemez helyenként megolvadt, sőt, elszenesedett, egyes esetekben az elszenesedő LED tok-lencsékhez hozzá is égett. A LED-eket hordozó szalag a lámpatest oldaláról levált, megzsugorodott, megtöredezett és helyenként el is tört.

A meghibásodott világítótest szétszerelését és szemrevételezését követően először kontaktmentes in-situ vizsgálatokat végeztünk a még működőképes, de már láthatóan

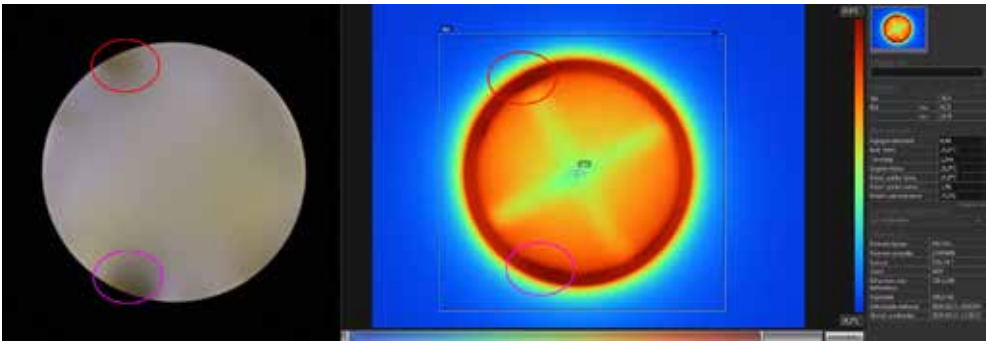
megromlott állapotú világítótesteken, majd termikus szimulációk és laboratóriumi mérések segítségével próbáltuk feltárni a hiba pontos okait.

3. Fényképezőgépes, infrakamerás és fénysűrűségmérő kamerás felvételek; in-situ mérések

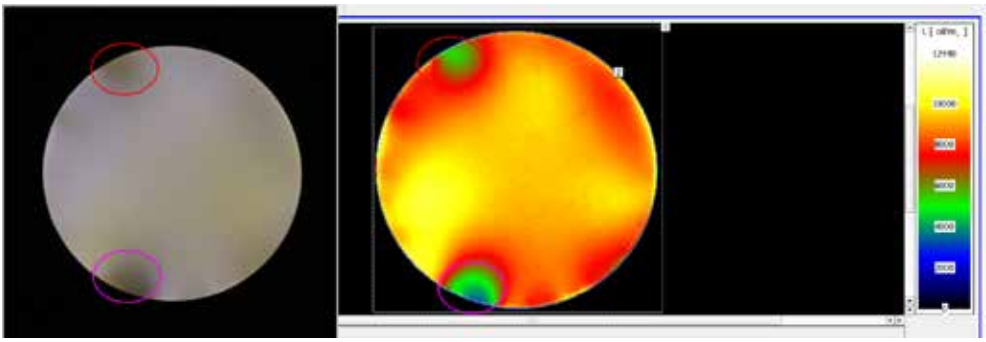
Először kontaktmentes eljárásokat alkalmaztunk a még üzemképes, de már szemmel láthatóan leromlott állapotú világítótestek vizsgálatára. A képek a jó összehasonlíthatóság érdekében a világítótest síkjával párhuzamosan és mindig ugyanabból a pozícióból készültek.

A világítótesteknél tapasztalt probléma már szemmel is jól látható volt, de pontosabb képet kaphatunk akár egy ad hoc rövid záridejű mobiltelefonos fotó elkészítésével is. A 3. és 4. ábrák bal oldalain a vizuális érzetet jól visszaadó normál fényképezőgépes fotók láthatók. Összehasonlításképpen, az ábrák jobb oldalai az infrakamerás [4] (3. ábra) és a fénysűrűségmérő kamerás [5] (4. ábra) felvételeket mutatják, pozícióhelyes beállításban. A sötét foltok jól láthatóan egybeesnek a legforróbb pontokkal; a lámpatest lokális túlmelegedése a LED-ek hatásfokcsökkenését és gyorsabb öregedését idézi elő, amely pozitívan visszacsatolt folyamat és az idő előrehaladtával egyre jobban erősíti önmagát.

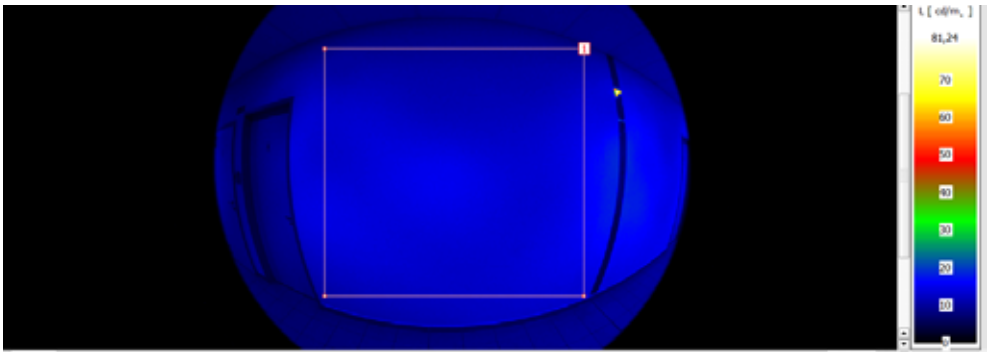
A világítótesten mért legmagasabb hőmérséklet 57 °C feletti. Ez első ránézésre nem is tűnne soknak, azonban a LED lap-



3. ábra. Normál és IR kamerás felvételek: a legforróbb pontok és a barnult foltok egybe esnek.



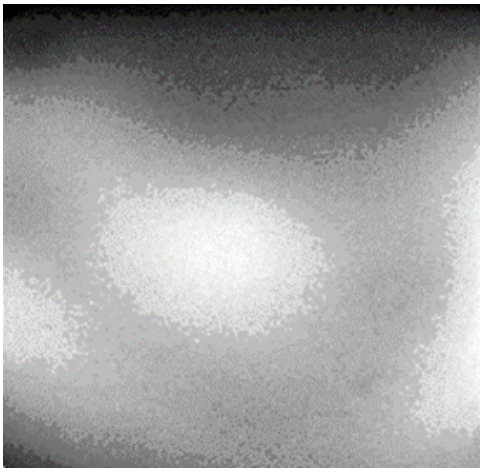
4. ábra. Normál és fénysűrűségmérő kamerás képek: a legforróbb pontok és a barnult foltok egybe esnek, lokálisan 50%-os fénysűrűségcsökkenést okoznak.



5. ábra. A világítótest melletti falfelület

kák normál üzemi hőmérséklete ennél jóval magasabb, különösen ott, ahol a hordozó szalag leválása miatt a hőellenállás drasztikusan meg is növekszik.

A fénysűrűségmérő kamerás felvételekről (a 4. ábra jobb oldala) leolvasható továbbá, hogy a túlmelegedett LED-ek helyén akár 50%-os fénysűrűségcsökkenés is mérhető. Ennél a világítótest típusnál tehát felmerül annak lehetősége, hogy az esetleges meghibásodás ilyen módszerrel már akár a kezdeti stádiumban is detektálható lehet. Hasonlóképpen, a hibajelenség indikátora lehet akár a degradálódó világítótest által megvilágított síkfelületek képe is. A fénysűrűségmérő kamera további felvételeiből (5. és 6. ábrák) látható, hogy a hibás világítótest térbeli fényeloszlása sem a kívánalmaknak megfelelő.



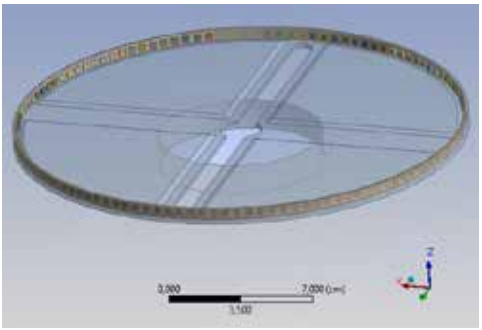
6. ábra. Az 5. ábrán bekeretezett terület kontrasztját digitálisan kiemelve kapott kép

4. A LED világítótest termikus szimulációja

Az érintésmentes vizsgálatokat a világítótest termikus szimulációi követték. Ezek elvégzéséhez elsődlegesen a világítótest 3D modelljére van szükség, ez az úgynevezett digitális iker. Itt érdemes mindenképpen megjegyezni, hogy ezek a digitális ikrek nem csupán a hiba-analízisben alkalmazhatók, hanem már a tervezési fázis során is hasznos visszacsatolást, visszajelzést adhatnak a fejlesztőknek. Ez az alapja az úgynevezett ipar 4.0 szemléletmódnak is [6]-[11].

A világítótestről részletes CAD modell készült, ennek látható egy részlete a 7. ábrán. Megjegyzendő, hogy a modellek elkészítésekor a geometria pontos leképzése mellett a CFD-alapú termikus szimulációk gyakorlatában szokásos életszerű közelítésekkel és elhanyagolásokkal éltünk (pl. a felületi érdesség vagy az anyagparaméterek, valamint a végeredmény szempontjából irreleváns részletek elhagyása tekintetében). Általánosan kijelentjük, hogy a becsült (standard anyagadatbázisokból származó)

anyagparaméterek és a részletes geometriai modellezés során alkalmazott méret bizonytalanságokat elfogadhatónak tekintjük, ha a termikus szimulációs eredmények a termikus mérési eredményeket tendenciaszerűen jól visszaadják, illetve ha a mért és szimulált eredmények eltérése 20%-on belüli, mert ezek alapján. már biztonsággal megfogalmazhatók a hiba-ok analízis szempontjából lényeges kvalitatív tanulságok.



7. ábra. A 3D CAD modell szerkesztése

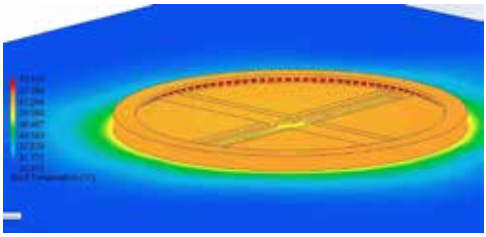
Az elvégzett szimulációknak kettős célja volt; egyfelől a CAD modell és a modellparaméterek verifikálása, másfelől pedig különféle álmennyezet kialakítások vizsgálata:

1. A hibás lámpák helyén felszerelt álmennyezet.
2. Módosított kialakítású álmennyezet, melynek során a mechanikai rögzítés számára kialakított kör alakú lyuk átmérőjét 15cm-re növeltük.
3. A gipszkarton helyett egy 3 mm vastag alumínium lemezből hajlított álmennyezetet definiáltunk, a közepén az eredetivel megegyező átmérőjű kivágással, amely kialakítás vélhetően jó konduktív hűtést biztosít a lámpatest számára.

Megjegyzendő, hogy abban az épületben, amelyben a vizsgált világítótesteket felszerelték, az épület egyes részein a 3. pont szerinti környezetbe telepítették a lámpákat. (A 3. pont szerinti környezetben 1 év folyamatos üzem után sem volt tapasztalható drasztikus, laikus szemmel is észrevehető összfényáram csökkenés.) A szimulációs eredményekre a 8. ábra mutat egy szemléltető példát.

Az eredeti elrendezést szimulálva az látható, hogy a lámpatest hőmérséklete 60-62 °C, míg a LED-ek hőmérséklete 73 °C körüli.

A nagyobb kivágást alkalmazva (2. eset) a lámpatest hőmérséklete 58-60 °C, míg a LED-ek hőmérséklete 71 °C körüli, vagyis a világítótestek méretéhezhez jobban illeszkedő kivágás jobb hűtést is biztosít, ahogyan az várható is volt.



8. ábra. A hibás lámpák helyén felszerelt álmennyezeti kialakításra végzett szimuláció eredményei

A jó hővezető álmennyezet panel esetén pedig (3. eset) a lámpatest hőmérséklete 34 °C, míg a LED-ek hőmérséklete 46 °C körüli, de nyilvánvaló is volt, hogy ez az elrendezés lesz a három közül a legjobb hűtési megoldás. Fontos megjegyezni, hogy a LED-ek hőmérséklete mindhárom esetben úgy lett meghatározva, hogy közben jó minőségű termikus kontaktust feltételeztünk a LED-ek és a lámpatest között.

4.1 Összegzés és konklúziók – 1. eset

A termikus szimulációkat összegezve elmondható, hogy alapesetben LED-ek maximális hőmérséklete kb. 10-15%-kal kisebb, mint a mért eredmények. Ennek valószínűsített okai az anyagparaméterbeli bizonytalanságok lehetnek, illetve az, hogy a szimulált térrészben jobb konvekciós hűtés alakult ki, mint a valós fizikai környezetben (az ál-

mennyezet és a teherhordó födém közötti szűk térben).

További bizonytalanságot okoz a LED tokok termikus modelljének hiánya. Ez a bizonytalanság a LED tokok termikus tranziens méréséből megállapítható ún. kompakt termikus tok modell alkalmazásával jelentősen csökkenthető. A későbbi laboratóriumi mérések során az ehhez szükséges mérések is megtörténtek és a kompakt termikus modellt is sikeresen előállítottuk.

A szimulációs eredmények a mért valós értékektől a lámpatest szállítója/gyártója szempontjából jó irányban térnek el (alacsonyabb hőmérsékletek), ezért a további két esettanulmány számára referenciaként tekinthetők.

4.2 Összegzés és konklúziók – 2. eset

A hőmérséklet kb. 2 °C-kal csökkent az első esethez képest:

– A LED-ek hőmérséklete:
73,1 °C → 71,9 °C
– A lámpatest hőmérséklete:
61,7 °C → 59,4 °C

Ezek alapján elmondható, hogy az álmennyezet közepén a kivágás nagysága javítja a környezet irányába a hőátadási képességet. Levonható az a következtetés, hogy a lehetségeshez képest kb. fele, vagy harmad akkora átmérőjű szerelő lyuk kialakítása és alkalmazása rontotta a termikus viszonyokat és hozzájárult a LED-ek öregedésének gyorsulásához.

4.3 Összegzés és konklúziók – 3. eset

A hőmérséklet kb. 27 °C-kal csökkent az első esethez képest:

– A LED-ek hőmérséklete:
73,1 °C → 46,1 °C
– A lámpatest hőmérséklete:
61,7 °C → 34,5 °C

Ezek alapján elmondható, hogy ha a gipszkarton álmennyezet lámpatesteket hordozó elemeit egy hasonló méretű 3 mm vastag alumínium lemezre cserélték volna, az nagyban segítette volna a világítótestek, és bennük a LED tokok hűtését. Az alacsonyabb hőmérsékletű LED-ek öregedése sokkal lassabb és jó hűtéssel a termikus határfelületi anyagok és az optikai elemek degradációja (delamináció, sárgulás/barnulás) elkerülhető lett volna, vagy az öregedési folyamat lassabb lehetett volna.

Általánosan kijelenthető, hogy az inkább hőszigetelő tulajdonságú gipszkarton álmennyezet modulok nyújtotta termikus környezet távol áll az ilyen típusú LED-es világítótestek hosszú élettartamát biztosító, ideális termikus környezettől. Fontos lenne, hogy az ilyen LED-es világítótestek alkalmazási útmutatói egyértelmű ajánlásokat fogalmazzanak meg a telepítési környezettől elvárt termikus tulajdonságokat illetően.

Egyúttal ez azt is jelenti, hogy a gyártói ajánlásokból fakadó többlet költségekkel (pl. az alumínium lemez ára) már a tervezés és a világítótest típus kiválasztása során számolni kell, avagy, az ajánlások figyelmen kívül hagyása esetén célszerű becsléseket végezni a várható élettartam csökkenésére, ezáltal pedig tekintetbe venni a várható karbantartás és/vagy csere újabb anyagi vonzatait is.

4.4 Fontos megjegyzések

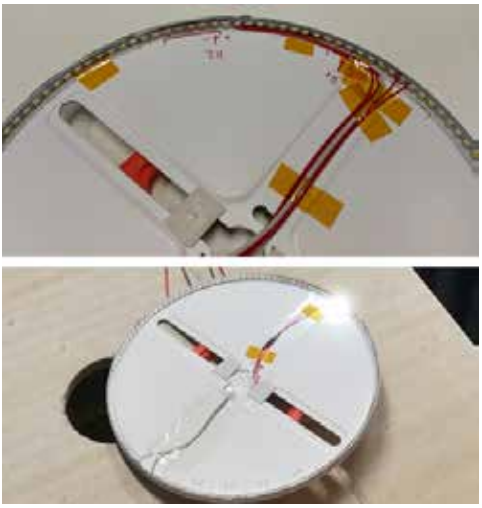
A világítótest optikájának 80%-os hatásfoka miatt az optikában fellépő kb. 2 W többlet disszipációval nem számoltunk, illetve a világítótest és az álmennyezet panel érintkező felületeinek egyenetlenségeit és az e miatt jelentkező extra kontakt hőellenállás hatását nem modelleztük.

5. A világítótestben található LED-ek laboratóriumi mérései

A vizsgálatokat egy fatálisan meghibásodott, beégett LED tokokat tartalmazó, az álmennyezetből kiszerelt és egy hibátlan világítótesten, illetve az ezekből származó LED-eken végeztük.

5.1 A mérések típusai

Először in-situ méréseket végeztünk, amelyek során csak az elektromos kontaktusokat késztettük el, de a vizsgált LED-eket a lámpatestben hagytuk (9. ábra). Termikus tranziens tesztelés [12] segítségével meghatároztuk a LED lapka és a környezet közötti úgynevezett valós hőellenállás értékét, vagyis az optikai teljesítménnyel való korrekció is megtörtént (lásd később). A nyitott lámpatest esetén az így kapott eredmények a szimulációs modellek pontosítására használhatók.



9. ábra. A kikapcsolt világítótest in-situ mérési elrendezése

Az in-situ méréseket elvégeztük zárt, az álmennyezetre szerelt világítótestben is. Még mindig egyszerre csak 1 LED-et kapcsoltunk be, vagyis az így kapott eredmények megadták egyetlen LED tok pn átmenete és a környezet között mérhető valós hőellenállás értékét. Az in-situ méréseket a JEDEC JESD 51-1-es [12] és 51-14-es [13] szabványoknak megfelelően végeztük el, kiegészítve a LED-ek optikai teljesítmény korrekciójával is (lásd később).

Ha a LED lapka üzemi hőmérsékletet is meg szeretnénk határozni, ahhoz a zárt lámpatest összes LED-jét be kell kapcsolnunk. Ehhez a mért mintát teljesen kikötöttük az adott szegmensből, és alkalmas ellenállással helyettesítettük azt (10. ábra). Ezután termikus tranziens teszteléssel meghatároztuk a LED üzemi pn átmenet hőmérsékletét [14], [15].

10. ábra. A bekapcsolt világítótest in-situ mérési elrendezése

Az in-situ mérések elvégzése után a vizsgált LED-eket kiszereltük a világítótestből és teljes multi-domian (elektromos, termikus, optikai) karakterizálásnak vetettük alá. Kifejezetten a LED-ek kombinált mérését a JEDEC JESD 51-5x szabványcsalád [16]-[19] valamint a CIE 127:2007 és az ennek utódjaként 4 éve publikált 225:2017 jelű műszaki bizottsági jelentés [20], [21] írja le. Az eljárással mind a hazai [22]-[25], mind pedig a külföldi [26]-[28] irodalom alapos részletességgel foglalkozik illetve a JEDEC szabványok is ingyenesen hozzáférhetőek a szervezet weboldalán történő regisztráció után.

A karakterizálás során megmértük a hőmérséklet érzékeny paramétert (az úgynevezett K-faktor reciprokát), amely a termikus tranziensek kiértékeléséhez is nélkülözhetetlen. A LED-ek lehűlése során valójában azok hőmérsékletfüggő nyitófeszültségét mérjük egy kis értékű, állandó nyitóáram mellett. A nyitófeszültség hőmérsékletfüggésének ismeretében a nyitófeszültség változást át lehet skálázni hőmérsékletváltozássá. Ezt követően elvégeztük a minták teljes izotermikus

11. ábra. A gipszkarton álmennyezetre szerelt és bekapcsolt világítótest hőmérékletének és a párhuzamos szegmensek feszültségének mérése (balra); a kiszerelt LED minták 4 vezetékes rögzítése (középen) és termosztált mérése (jobbra)

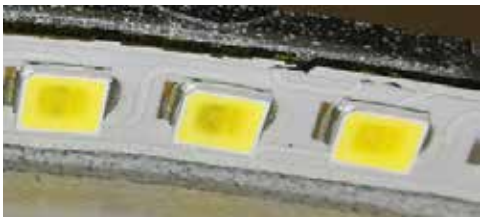
karakterizálását, amely eredményeinek felhasználásával elkészítettük a LED-ek multi-domain áramkör szimulációs modelljeit [29]-[31]. A modellek felhasználásával meghatároztuk az in-situ mérések során érvényes sugárzott teljesítmény értékeket, ezek segítségével pedig elvégezhető a fentebb említett optikai teljesítmény korrekció, vagyis a valós hőellenállás meghatározása.

Végül azt vizsgáltuk, hogy *az ötösével, soros munkaellenállások mellőzésével párhuzamosan kötött LED-ek* nyitóáramai mennyiben térhetnek el egymástól. Ehhez először megmértük az ötös szegmensek nyitófeszültségét, illetve, megmértük az adott szegmens mellett a lámpatest hőmérsékletét. Ezután a szegmenseket kiszereltük a lámpatestből, majd az adott szegmensnél mért nyitófeszültség és környezeti hőmérséklet mellett megmértük a LED minták nyitóáramát. A mérés menetét és a mérési összeállítást a 11. ábra szemlélteti.

Ennek kapcsán fontosnak tartjuk megjegyezni, hogy ez az elektromos bekötés (több LED egyedi munkaellenállás nélküli párhuzamosan kapcsolása) a tankönyvi mintapéldája annak, hogy hogy NEM SZABAD a LED tokok elektromos táplálását kialakítani.

5.2 A mérésekhez kiválasztott minták

A meghibásodott világítótestben kiválasztottunk egy jó állapotban maradt és jó termikus kontaktussal rendelkező LED mintát, illetve, egy erősen degradálódott, rossz állapotú, de még működőképes LED-et (12. ábra).



12. ábra. Erősen degradálódott, de még működőképes LED-ek a meghibásodott világítótestben

Ugyanebből a világítótestből a párhuzamosíthatóság vizsgálatához egy erősen degradálódott és delaminálódott (a világítótest test fém pereméről felvált) ötös szegmenst is megmértünk (13. ábra).

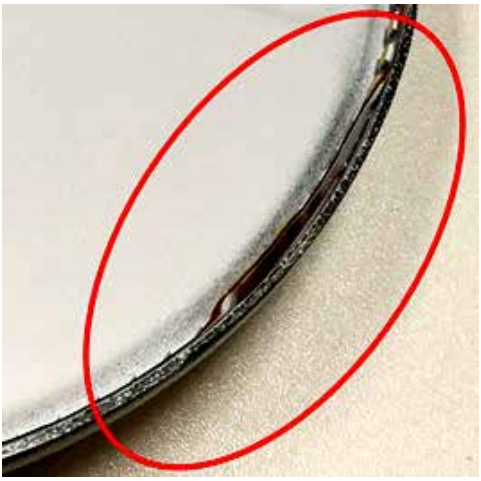
Az új, még nem használt világítótest esetén arra voltunk kíváncsiak, hogy miként alakulnak a LED-ek üzemi paraméterei azok gyárból kikerült állapotában, ezért az

in-situ mérésekhez egy jó termikus kontaktusú LED-et mértünk, a párhuzamosság vizsgálatához pedig 4 db, jól kontaktáló ötös szegmenst választottunk ki (14. ábra).

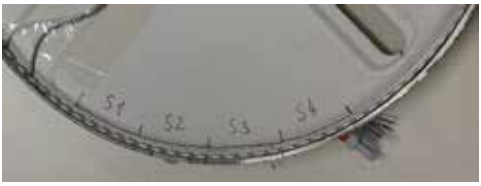
6. A mért és számított eredmények

6.1 In-situ mérések

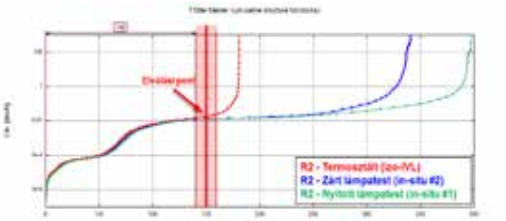
A 15. ábrán a termikus tranziensekből származtatott úgynevezett struktúrafüggvény látható, amely az 1 dimenziós fő hővezetési útvonalat írja le. A koorditánatengely origója maga a LED lapka aktív területe, az ábrán látható aszimptoták pedig a környezetnek, vagyis a végtelen hőnyelőnek felelnek meg, az e kettő közötti görbék pedig a fő hővezetési útvonal hőellenállás-hőkapacitás térképét jelenítik meg. Ha valamelyik szerkezeti réteg megváltozik, vagy szándékoltan lecseréljük azt, akkor a referenciának tekintett szerkezet struktúra függvénye és a vizsgált LED tok struktúra függvénye elválik [13], mivel az adott szerkezeti részhez tartozó szakasz vízszintes irányban „megnyúlik", avagy „összezsugorodik", vagyis az adott szerkezeti rétegben ugyanahhoz a hőkapacitás értékhez arányosan kisebb, vagy nagyobb hőellenállás érték párosul. A struktúrafüggvényből készíthető el a LED tokok úgynevezett kompakt termikus modellje is.



13. ábra. Egy erősen degradálódott és delaminálódott ötös szegmens a meghibásodott világítótestben



14. ábra. 4 db, jól kontaktáló ötös szegmens az új világítótestben



15. ábra. A hibás világítótest egy delaminálódott mintájának struktúra-függvényei

Megjegyzendő, hogy méréseink szerint a lámpatest termikus időállandói legalább egy nagyságrenddel a LED tok + hordozó szalag időállandói fölött vannak, a 15. ábrán látható eredményeket pedig az utóbbinak megfelelő mérési idővel kaptuk, ahol tehát a végtelen hőnyelőnek a lámpatest ház tekinthető.

A meghibásodott világítótestben, jó termikus kontaktus esetén a LED lapkától a hordozó szalag aljáig mért valós hőellenállás értéke kb. 160 K/W, míg a lámpatestig mért valós hőellenállás kb. 200 K/W Ehhez nagyon közeli értéket sikerült megállapítanunk a gyári, teljesen új világítótest esetén is. Egy delaminálódott LED esetében teljesen más a helyzet (15. ábra); a hordozó szalag aljáig értelmezett hőellenállás itt is hasonló értékű, azonban a lámpatestig tekintett valós hőellenállás drasztikusan megemelkedik, eléri akár a 340 K/W értéket is.

6.2 A LED-ek üzemi paraméterei, a multi-domain LED modellek felhasználása

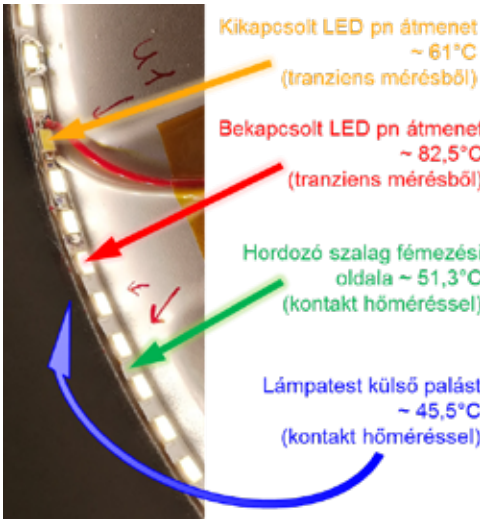
A bekapcsolt lámpatestben lévő LED-ek üzemi paramétereit tehát azok in-situ mérései és multi-domain modelljei segítségével határoztuk meg. A lámpatest különböző pontjai vizsgálhatók ugyan kontakt hőméréssel, a LED lapka hőmérsékletének meghatározása azonban ennél jóval összetettebb, köszönhetően a LED-ek erősen hőmérsékletfüggő működésének. A közvetlen és közvetett módon meghatározott értékeket az új lámpatest esetére a 16. ábra szemlélteti.

A multi-domain LED modellezés technikai részleteit mellőzve, csak a kapott eredményeket mutatjuk be. Az 1. táblázat egyes sorai a különböző eseteket különítik el: új, vagy használt állapotú LED minta, illetve jó, vagy delaminálódott termikus határfelület. A táblázatban zöld színnel jelöltük a mért értékeket, illetve ide kell sorolni a LED-ek izotermikus karakterisztikáit is. Piros színnel jelöltük a nem egységesen mérhető, de a mérésekből becsülhető értékeket, mint például a LED-ek nyitóáramát, illetve az elméletileg feltételezett értékeket, mint például az új LED minta esetén a megnövekedett hőellenállást. A táblázat kék értékei a szimulációkból kapott működési paramétereket mutatják. Ezeknél az értékeknél fontos megemlíteni, hogy ezen paraméterek közvetlen, in-situ mérése jelenleg nem minden esetben lehetséges, viszont egy multi-domain LED modell segítségével ezek nagy pontossággal meghatározhatók. A táblázatból láthatjuk, hogy a termikus határfelületek degradálódása, vagyis a LED-eket hordozó szalag leválása a LED lapka 15-20 °C-os hőmérséklet emelkedését okozza még a jó állapotú LED tokok esetében is.

A számítások során a pn átmenet – lámpatest hőellenállás (vagyis a palást belső oldalának) referencia hőmérsékletét 59,7 °C-nak tekintettük, mivel a mért minta esetében ez felel meg a 82,5 °C-os üzemi pn átmenet hőmérsékletnek a teljes 200 K/W-os hőellenállás érték mellett.

6.3 A párhuzamosíthatóság vizsgálata

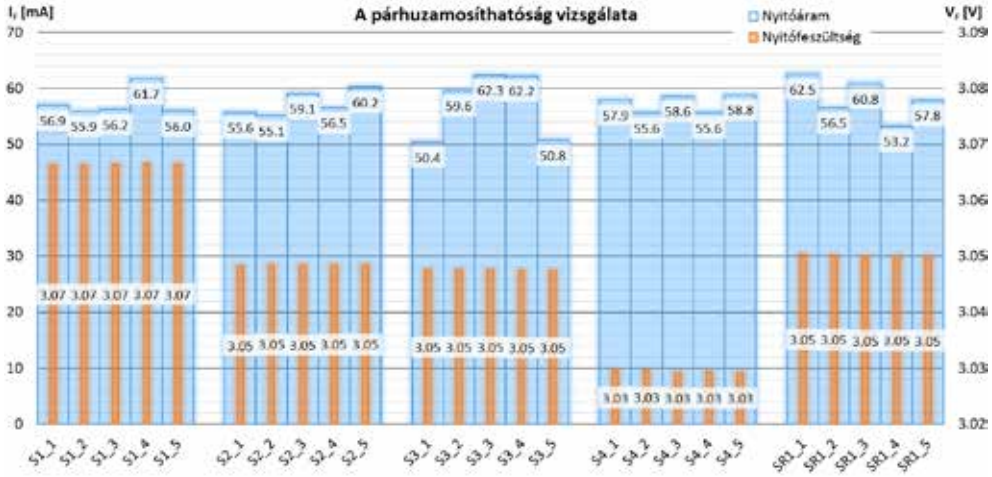
A mérés menetét még egyszer röviden összefoglalva: először megmértük az ötös szegmensek nyitófeszültségeit és az adott szegmens hátoldalán a lemez hőmérsékletét. Ezután a szegmenseket kiszereltük a lámpatestből, majd az adott szegmensnél mért nyitófeszültség és talpponti hőmérséklet mellett megmértük az egyes LED minták nyitóáramát.



16. ábra. Az új lámpatesten mért hőmérsékletek

1. táblázat: A LED-ek üzemi paraméterei

Minta	R_{th}	T_A	I_F	T_J	P_{el}	Φ_e	Φ_v	Megjegyzés
	[K/W]	[°C]	[mA]	[°C]	[mW]	[mW]	[lm]	
R1, használt, jó állapotú	200	59,7	60	83,2	183,6	66,3	21,3	59,7°C-os lámpatestet feltételezve
R1, használt, jó állapotú	200	70	60	93,6	182,7	64,7	20,8	Öregedett, 70°C-os lámpatestet feltételezve
R2, levált, rossz állapotú	340	59,7	60	105,8	180,1	44,5	13,5	59,7°C-os lámpatestet feltételezve
R2, levált, rossz állapotú	340	70	60	116,3	179,6	43,5	13,2	Öregedett, 70°C-os lámpatestet feltételezve
J1, új minta	205	59,7	60	82,5	183,7	72,4	23,1	A mért valós hőellenállással számolva
J1, új minta	340	59,7	60	97,8	182,5	70,4	22,3	Delaminálódott új LED minta, szimulációja



17. ábra. A párhuzamosíthatóság vizsgálata

2. táblázat: A delaminálódott termikus határfelületek és a párhuzamosításból adódó megnövekedett nyitóáram hatásait is figyelembe vevő esettanulmány eredményei

	R_{th} [K/W]	I ráta [%]	V_F [V]	I_F [mA]	T_J [°C]	P_{el} [mW]	Φ_e [mW]	Φ_v [lm]
Azonos LED-ek	205	100%	3.047	**57.48**	**81.2**	175.1	70.0	22.3
	205	100%	3.047	**57.48**	**81.2**	175.1	70.0	22.3
100%-os áram,	205	100%	3.043	**56.79**	**80.9**	172.8	69.4	22.1
nagy R_{th}	**340**	100%	3.043	**60.22**	**98.0**	183.3	70.6	22.4
110%-os áram,	205	100%	3.039	**56.22**	**80.6**	170.9	68.8	21.9
normál R_{th}	205	**110%**	3.039	**62.50**	**83.4**	190.0	74.1	23.6
110%-os áram,	205	100%	3.035	**55.44**	**80.2**	168.3	68.0	21.7
nagy R_{th}	**340**	**110%**	3.035	**65.62**	**102.0**	199.1	74.7	23.7
120%-os áram,	205	100%	3.032	**55.00**	**80.0**	166.8	67.6	21.6
normál R_{th}	205	**120%**	3.032	**67.39**	**85.6**	204.3	77.8	24.8
120%-os áram,	205	100%	3.027	**54.13**	**79.6**	163.8	66.7	21.3
nagy R_{th}	**340**	**120%**	3.027	**70.87**	**106.0**	214.5	78.3	24.8

A bekapcsolt világítótesten végzett hőmérséklet és nyitófeszültség méréseket vertikálisan elhelyezett álmennyezeti lapra szerelt és nyitott világítótest esetére végeztük el, illetve a lámpatest üzemi hőmérsékletének mérése az alsó hordozó lemez külső palástján történt. A világítótest ilyen szerelése nem felel meg az üzemi körülményeknek, de a zárt világítótestben a párhuzamos tagok normál, üzemi feszültségének szegmensenként történő mérése túlságosan körülményes lett volna, amit viszont a mérés jellege nem is tett szükségessé. A hordozó lemez külső palástján mindegyik szegmens mellett 49,7 °C-os hőmérsékletet mértünk.

A zárt lámpatest teljes üzemi áramát még a módosítások előtt megmértük, ennek értéke 287,4 mA-re adódott.

A mérési eredményeket a 17. ábra szemlélteti. Az egyes diagram csoportok az egyes szegmenseket jelölik, a bal oldali 4 csoport az új, a jobb oldali „SR1" jelölésű csoport pedig a tönkrement világítótestből származik. A narancssárga oszlopok a közös nyitófeszültséget, a magasabb kék oszlopok pedig a szegmenseken belüli eltérő nyitóáramokat jelölik. Látható, hogy a nyitóáram értékek között akár 20%-os eltérések is előfordulhatnak, ami egy ilyen konstrukció esetében nem feltétlenül szerencsés.

6.4 Esettanulmány

A vizsgálatok lezárásaként elkészítettünk egy esettanulmányt, ahol a korábbi szimulációs paramétereket kombináltuk a párhuzamos bekötésből adódó, esetleges 20%-os nyitóáram eltérések hatásával is.

A 110 és 120%-os áramhoz tartozó LED modelleket teoretikusan állítottuk elő a „J1"

minta valós méréseire illesztett modellből, amely során a nyitófeszültség karakterisztikához tartozó áramértékeket 10, és 20%-al felskáláztuk.

Az optikai paramétereket átszámítottuk úgy, hogy az adott nyitófeszültséghez és pn átmenet hőmérsékletekhez tartozó hatásfok illetve sugárzás fényhasznosítása értékek állandók maradjanak. A szimuláció során minden esetben csak egyetlen LED üzemi körülményeit állítottuk be "szélsőségesnek", míg a szegmens többi 4 LED-jét normál, a „J1" mintának megfelelő LED-ként tekintettük. A kapott eredményeket 2. táblázat szemlélteti. A táblázat páratlan sorai a szegmens 4 azonos, „J1"-nek megfelelő LED-jeinek üzemi paramétereit tartalmazzák, a páros sorok pedig a kirívó körülmények között üzemelő „szerencsétlen" ötödik LED-hez tartoznak.

7. Összefoglalás

A meghibásodáshoz vezető lehetséges okok:

- A vizsgált világítótest tervezésével kapcsolatos általános, alapvető koncepcionális problémák (pl. 20%-os optikai veszteség[2], több LED tok direkt módú párhuzamos kapcsolása, az üzemeltetés számára nem definiált termikus környezet). Ezek együttese az eleve a legrosszabb termikus kontaktussal rendelkező egyedi LED-ek, illetve ötös LED csoportok ún. termikus megfutásához vezetnek, drasztikusan felgyorsítva ezen LED-ek öregedését. Ezen túl, további, egyéb konstrukciós problémát tártunk fel:
- A kétoldalú ragasztó – vélhetően az egyidejű, tartósan magas hőmérséklet és az önsúly okozta enyhe mechanikai terhelés együttes hatására – üzem közben elenged, vagy gyárilag hibásan van felragasztva.
- A LED-szalag és a hordozó lemez eltérő hőtágulási együtthatói mechanikai feszültséget kelthetnek, amely elősegíti a LED-szalag leválását a hordozóról.
- A diffúzorként alkalmazott műanyag lemez hajlamos a barnulásra, ami tovább rontja annak optikai hatásfokát, erősítve a világítótestben a termikus megfutási folyamatokat.

A fentiken túl, a mérések és szimulációk alapján elmondhatjuk, hogy a LED-ek normál üzemi lapka hőmérséklete 80-85 °C körüli, ez azonban néhány fokkal tovább növekedhet a párhuzamos bekötés okozta többlet disszipáció miatt, illetve a LED-eket hordozó szalag leválása további 15-20 °C-os pn átmenet hőmérséklet emelkedést idézhet elő. A magasabb hőmérsékleten üzemelő LED-ek hatásfoka is romlik, ez a hatásfok romlás pedig még tovább növeli a LED-ek üzemi hőmérsékletét. Becsléseink szerint az emiatt gyorsabban öregedő LED-ek hőmérséklete végül elérheti akár a 116 °C-os értéket is. A vizsgált világítótest típusban összesen 120 db LED foglal helyet, így a „worst case" üzemi körülmények bekövetkeztének is elég nagy a valószínűsége, amit a típusnál tapasztalt nagyszámú meghibásodás is teljes mértékben igazol.

Összefoglaló következtetésünk az, hogy minden egyes LED-es világítótest konstrukciója esetében fontos a termikus hatások figyelembevétele már a termektervezés fázisában is. Egy ilyen, a termikus szempontokat figyelembe vevő tervezési folyamat eredményeképpen feltárhatók a világítótest lehetséges üzemeltetési körül-

[2] Ezt az értéket a veszprémi LightingLab Kalibrálólaboratórium Kft. felkérésünk alapján végzett, egy gyári intakt, illetve diffúzor nélküli világítótest goniofotometriás méréseiből meghatározott teljes üzemi fényáram értékekből számítottuk.

ményeinek a termék hosszútávú fényáramtartására (várható élettartamára) gyakorolt hatásai is. Ilyen módon, az üzemeltetési körülményektől függő várható élettartam adatokat specifikálhat a gyártó, a végfelhasználó pedig tudhatja, hogy egy beltéri világítótest adott installációja esetében (pl. gipszkarton, vagy fém álmennyezet elemekre szerelve) mekkora a kérdéses világítótest várható élettartama.

Ilyen, a termikus környezet kialakítására vonatkozó alkalmazástechnikai útmutató gyártó általi közlése és egy ilyen útmutató előírásainak a végfelhasználó általi betartása lehet a kulcsa a LED-es világítótestek kapcsán fel-felbukkanó szavatossági viták elkerülésének. Fontos továbbá, hogy az ilyen jellegű alkalmazástechnikai útmutatók ajánlásaira a világítástervezők is a világítótesteket telepítő szakemberek is figyelemmel legyenek; ezek betartása mind a tervdokumentációkban, mind a kész installációk átadás-átvételi jegyzőkönyveiben dokumentálva legyenek.

Köszönetnyilvánítás

A vizsgálatokhoz a fénysűrűségmérő kamerát a MEE Világítástechnikai Társasága biztosította számunkra, amelyet ezúton is hálásan köszönünk.

Irodalomjegyzék

[1] J. Hegedüs, "LED-es lámpatestek többlet energia megta-karítási lehetőségei termikus és élettartam szempontokat figyelembe vevő, modell alapú tervezéssel", ELEKTROTECHNIKA, 111(6-7-8): 21-26. (2018) http://www.mee.hu/files/files/et2018-06.pdf#page=21 (Legutóbbi hozzáférés: 2021.03.22)

[2] J. Hegedüs, G. Hantos, "A LED-ekben rejlő lehetőségek: Okos fényforrások", ÉLET ÉS TUDOMÁNY LXXV. : 28. pp. 878-880. , 3 p. (2020)

[3] J. Hegedüs, "Fénykibocsátó diódák multi-fizikai élettartam modellezése", doktori értekezés, BME (2020) https://repozitorium.omikk.bme.hu/handle/10890/15129 (Legutóbbi hozzáférés: 2021.03.22)

[4] Flir P65 IR kamera https://www.manualslib.com/manual/870129/Flir-Thermacam-P65.html (Legutóbbi hozzáférés: 2021.03.22)

[5] Canon 450D fénysűrűségmérő műszer; objektív fókusz: 18-50mm; kiértékelő szoftver: LMK Laboratory Soft-ware 4, http://www.technoteam.de (Legutóbbi hozzáférés: 2021.03.22)

[6] A. Poppe, M. Rencz, G. Hantos, J. Hegedüs, G. Farkas, L. Gaál, "Virtual Prototyping of LED Applications thro-ugh Multi-Domain Models of LED Packages: The "In-dustry 4. 0"-Like Approach of the Delphi4LED Project", In: Proc. of the VII. IEEE Lighting Conference of the Visegrad Countries LUMEN V4, 18-20 September 2018, Třebíč, Czech Republic, pp. 91-94., doi: 10.1109/LUMENV.2018.8521026

[7] A. Poppe, "Industry 4.0" Approach to LED luminaire design: as developed and proposed by the Delphi4LED H2020 ECSEL project (LED-es lámpatest tervezés "Ipar 4.0" megközelítésben: ahogy a Delphi4LED H2020 ECSEL projektben kifejlesztettük és javasoljuk), meghívott előadás, Lux et Color Vespremiensis konferencia, Veszprém, 2018. október 11.

[8] A. Poppe, "Ipar 4.0 szerű folyamat LED-es lámpatestek tervezésére: a Delphi4LED projekt legújabb eredmé-nyei", In: Némethné dr. Vidovszky, Ágnes; Poppe, András (szerk.) Világítástechnikai Évkönyv 2018-2019, Bu-dapest: MEE

Világítástechnikai Társaság, 2019 pp. 83-89 https://www.eet.bme.hu/~poppe/MTMT-DOCs/VTT_Evkonyv2018-2019_Poppe_Delphi4LED.pdf (Legutóbbi hozzáférés: 2021.03.22)

[9] A. Poppe, G. Farkas, L. Gaál, G. Hantos, J. Hegedüs, M. Rencz, "Multi-domain modelling of LEDs for supporting virtual prototyping of luminaires", ENERGIES, 2019, 12(10), 1909, DOI:10.3390/en12101909

[10] A. Poppe, B. Robin, G. Hantos, J. Hegedüs, "Virtual prototyping of LED products across the supply chain speeds development - Part 1", In: LEDS MAGAZINE 16 (2019) pp. 21-24.

[11] A. Poppe, B. Robin, G. Hantos, J. Hegedüs, "Virtual prototyping of LED products across the supply chain speeds development - Part 2", In: LEDS MAGAZINE (2019) pp. 14-16.

[12] JEDEC JESD51-1 Standard "Integrated Circuit Thermal Measurement Method - Electrical Test Method" (1995) http://www.jedec.org/sites/default/files/docs/jesd51-1.pdf (Legutóbbi hozzáférés: 2020.03.20.)

[13] JEDEC JESD51-14 Standard "Tranisent Dual Interface Test Method for the Measurement of the Thermal Re-sistance Junction-To-Case of Semiconductor Devices with Heat Flow Through a Single Path" (2010) http://www.jedec.org/sites/default/files/docs/JESD51-14_1.pdf (Legutóbbi hozzáférés: 2020.03.20.)

[14] G. Hantos, J. Hegedus, "K-factor calibration issues of high power LEDs", In: Proc. of the 23rd THERMINIC Workshop, 27-29 September 2017, Amsterdam, Nether-lands, pp. 182-187 DOI: 10.1109/THERMINIC.2017.8233798

[15] G. Hantos, J. Hegedüs, A. Poppe, "Different questions of today's LED thermal testing procedures", In: Proc. of the 34th IEEE SEMI-THERM Symp., 19-23 March 2018, San Jose, USA, pp. 63-70 DOI:10.1109/SEMI-THERM.2018.8357354

[16] JEDEC JESD51-50 Standard "Overview of Methodo-logies for the Thermal Measurement of Single- and Mul-ti-Chip, Single- and Multi-PNJunction Light-Emitting Diodes (LEDs)" (2012) https://www.jedec.org/system/files/docs/JESD51-50.pdf (Legutóbbi hozzáférés: 2020.03.20.)

[17] JEDEC JESD51-51 Standard „Implementation of the Electrical Test Method for the Measurement of Real Thermal Resistance and Impedance of Light-Emitting Diodes with Exposed Cooling" (2012) https://www.jedec.org/system/files/docs/JESD51-51.pdf (Legutóbbi hozzáférés: 2020.03.20.)

[18] JEDEC JESD51-52 Standard "Guidelines for Combining CIE 127:2007 Total Flux Measurements with Thermal Measurements of LEDs with Exposed Cooling Surface" (2012) https://www.jedec.org/system/files/docs/JESD51-52.pdf (Legutóbbi hozzáférés: 2020.03.20.)

[19] JEDEC JESD51-53 Standard "Terms, Definitions and Units Glossary for LED Thermal Testing" (2012) https://www.jedec.org/system/files/docs/JESD51-53.pdf (Legutóbbi hozzáférés: 2020.03.20.)

[20] "Measurement of LEDs", CIE 127:2007 Technical Report (ISBN 978 3 901 906 58 9) http://cie.co.at/publications/measurement-leds (Legutóbbi hozzáférés: 2020.03.20.)

[21] "Optical measurement of high-power LEDs", CIE 225:2017 Technical Report (ISBN 978-3-902842-12-1), DOI: 10.25039/TR.225.2017, http://cie.co.at/publications/optical-measurement-high-power-leds (Legutóbbi hozzáférés: 2020.08.26.)

[22] A. Poppe, "Félvezető eszközök multi-domain karakteri-zációja", Akadémiai doktori értekezés, 2017 szeptem-ber, Budapest, http://real-d.mtak.hu/id/eprint/1053 (Legutóbbi hozzáférés: 2020.08.26.)

[23] Kovács Z., Marosy G., Poppe A., "LED-es közvilágítási lámpatestek termikus tranziens teszteléssel való diag-nosztikai vizsgálatának lehetőségei", ELEKTROTECHNIKA 104(9) pp. 30–36, (2011) http://www.mee.hu/files/images/files2/u9/Elektrotechnika-2011-09.pdf#page=28 (Legutóbbi hozzáférés: 2020.03.20.)

[24] Temesvölgyi T., Farkas G., Poppe A., "AC LED-ek termikus impedanciájának mérése", ELEKTROTECHNIKA 104(7-8):10-14. (2011) http://www.mee.hu/files/images/files2/u9/Elekktrotechnika-2011-07-08.pdf#page=12 (Legutóbbi hozzáférés: 2020.03.20.)

[25] Poppe A., "Teljesítmény LED-ek új termikus mérési szabványai", In: Barkóczi G., Bolvári G., Dr Szabó F. (szerk.), Világítástechnikai Évkönyv 2012-2013: A fény és élettani hatásai, 208 p. Budapest: MEE Világítás-technikai Társaság, 2012. pp. 96-102, http://www.vilagitas.org/stuff/evkonyv/2012-2013/Led/Poppe%20Andras%20-%20Teljesitmeny%20LED-ek%20uj%20termikus%20meresi%20szabvanyai.pdf (Legutóbbi hozzáférés: 2020.03.20.)

[26] A. Poppe, G. Farkas, V. Székely, Gy. Horváth, M. Rencz, "Multi-domain simulation and measurement of power LED-s and power LED assemblies", In: Proc. of the 22nd IEEE SEMI-THERM Symp., 14-16 March 2006, Dallas, USA, pp. 191-198, DOI: 10.1109/STHERM.2006.1625227

[27] V. Székely, T. van Bien, "Fine structure of heat flow path in semiconductor devices: a measurement and identi-fication method", SOLID-STATE ELECTRONICS 31(9): 1363-1368 (1988) DOI: 10.1016/0038-1101(88)90099-8

[28] A. Poppe, G. Molnár, T. Temesvölgyi, "Temperature dependent thermal resistance in power LED assemblies and a way to cope with it", In: Proc. of the 26th IEEE SEMI-THERM Symp., 21-25 February 2010, Santa Clara, USA, pp. 283-288, DOI: 10.1109/STHERM.2010.5444276

[29] Poppe A., Szalai A., Hegedüs J., "LED-ek multi-domain szimulációs modelljei és azok gyakorlati vonatkozásai", In: Németh Z., Nagy B. V. (szerk.), Világítástechnikai Évkönyv 2014-2015: Fények és tények, 208 p., Buda-pest: MEE Világítástechnikai Társaság, 2015. pp. 112-121

[30] A. Poppe, G. Farkas, L. Gaál, G. Hantos, J. Hegedüs, M. Rencz, "Multi-domain modelling of LEDs for supporting virtual prototyping of luminaires", ENERGIES, 2019, 12(10), 1909, DOI:10.3390/en12101909

[31] J. Hegedüs, G. Hantos, R. Bornoff, M. Rencz, A. Poppe, "Implementation of a multi-domain LED model and its application for optimized LED luminaire design", In: Proc. of the 35th SEMI-THERM Symp., 18-22 March 2019, San Jose, USA, pp. 12-17

Villamosmérnöki szakterületek találkozása: épületvilágítás és infokommunikáció

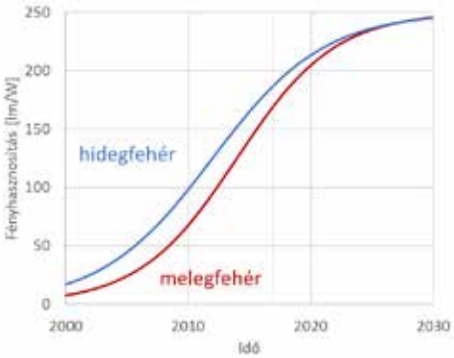
– Varga Péter János[1], Wühlr Tibor[1], Balázs László[2] –

Tartalmi kivonat

A LED-ek fokozatosan kiszorítják a hagyományos fényforrásokat a világítási piacról és ennek nem csak kiemelkedő fényhasznosításuk az oka. A világítódiódák, mint félvezető alapú fényforrások könnyen integrálhatók villamos hálózatokba. A LED technológia lehetővé teszi, hogy a világítótest fényáramát és színét a felhasználó igényei szerint változtassuk. A korszerű világításszabályozás előfeltétele, hogy a világítótest digitális adathálózathoz kapcsolódjon. Az általános világítás vezérlésére kifejlesztett DALI mellett több új technológia is feltűnt, amelyek gyors terjedésére számíthatunk a közeljövőben. Munkánkban a Power-over-Ehternet (PoE) és néhány vezetéknélküli, világításvezérlésre alkalmas megoldást ismertetünk.

1. Bevezetés

Miután 1996-ban a fehér LED-ek megjelentek a piacon, a világítástechnikai ipar szerkezete fokokozatosan átalakul. A régóta használt izzólámpákat és gázkisülő fényforrásokat felváltják a világítódióda alapú eszközök. A LED-ek fényhasznosítása megtízszereződött az elmúlt húsz évben és ma már a LED technológia energiahatékonyságban megelőz minden más fénykeltési megoldást. 2018-ban a piaci forgalomba került fehér fényű tokozott világítódiódák fényhasznosítása elérte a 200 lm/W értéket. Az Egyesült Államok Energiaügyi Minisztériuma által készített előrejelzés [1] szerint a fehér LED-ek fényhasznosítása még tovább javul és várhatóan 2030 körül éri el az elméleti maximum 80%-át jelentő 250 lm/W szintet (1. ábra) amikorra a hideg- és melegfehér LED-ek fényhasznosítása közötti különbség is eltűnik. A fényhasznosítás jelentős növekedése töredékére csökkentette a háztartásokban használt fényforrások villamosenergia-fogyasztását. Ugyanaz a fényáram, amelyet



1.ábra. A melegfehér és hidegfehér LED-ek fényhaszosításának növekedése az Egyesült Államok Energiaügyi Minisztériumának előrejelzése alapján[1]

korábban egy 100 wattos izzólámpa adott, ma egy 10 wattos LED fényforrásból kinyerhető. A professzionális világításnál, ahol az izzóknál sokkal jobb, 80-100 lm/W fényhasznosítású kisülőlámpák jelentik a viszonyítási alapot, még mindig kétszeres energiahatásfok javulással számolunk. Egy irodavilágításban használt, 60 cm × 60 cm méretű 80 wattos fénycsöves rendszer napjainkban mintegy 35 W teljesítményű LED világítótesttel váltható ki.

A végfelhasználó szemszögéből a LED világítás alkalmazása nem csak az energiahatékonyság miatt előnyös. A fénycsövekhez és nagynyomású kisülőlámpákhoz viszonyítva

[1] Óbudai Egyetem, Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar, Híradástechnika Intézet
[2] Óbudai Egyetem, Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar, Mikroelektronikai és Technológia Intézet

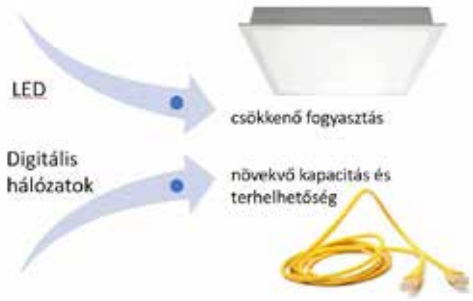
a LED technológiával sokkal rugalmasabban tudjuk a felhasználó igényeinek megfelelően alakítani a mesterséges világítást. A világítódiódák fényáramát folyamatosan tudjuk változtatni a kikapcsolt állapot és a maximális érték között, ami jelentős előrelépés a csak szűk teljesítménytartományban dimmelhető gázkisülőlámpákhoz képest. A LED-ek időkorlát nélkül újrakapcsolhatók, szemben a nagynyomású kisülőlámpákkal (nátrium lámpa, fémhalogén lámpa), amelyek működésképtelenné vállnak kikapcsolás után egészen addig, amíg a kisülőcsőben a gáznyomás le nem csökken arra az értékre, amelyen az előtét elektronika újra tudja indítani a gázkisülést.

A fény spektrális eloszlása dinamikusan változtatható, ha a világítótestbe beépített, széles hullámhossz tartományban sugárzó fehér és keskenysávú, színes világítódiódák fényáramát a felhasználó igényei szerint vezéreljük. A LED-ek alkalmazásával a fény intenzitása és a fény színe egymástól függetlenül, széles tartományban állítható.

A fényszín jelentős mértékben befolyásolja közérzetünket. Az intenzív, hidegfehér, kék hullámhosszakban gazdag megvilágítás közvetlenül hat az ember cirkadián ritmusára. A kék fény blokkolja az alvási ciklust szabályozó hormon, a melatonin termelődését a tobozmirigyben, emiatt a kék fény élénkítő hatású. Ezzel szemben a kék hullámhosszakban szegény melegfehér megvilágítás segíti az ellazulást és a pihenést. A a hagyományos fotometriai mérőszámok mellett a fény spektrumának változását és annak közvetlen biológiai hatását is figyelembe vesszük az emberközpontú világítás kialakításakor.

A fényintenzitás és fényszín vezérléséhez a világítótesteket digitális adatátvitelre alkalmas hálózatba szükséges kötni. Épületek világításának tervezésekor gyakori feladat a természetes fény és a mesterséges megvilágítás összehangolása. Hálózatba kapcsolt szenzorok érzékelik a természetes fény intenzitását és spektrális tulajdonságait. Az érzékelők jele alapján szabályozható a hálózatba kötött világítótestek fényárama és fényszíne.

Az izzólámpákkal és gázkisülő fényforrásokkal szemben a világítódiódák élettartamát nem rontja a gyakori kapcsolás. A LED-ek fényáramának válaszideje 100 ns nagyságrendjébe esik, ezért a LED fény nagyfrekvenciás modulációjával kialakíthatók olyan világítórendszerek, amelyek az általános világításon túl nagysebességű adatátvitelre is használhatók. A fény intenzitásának változása szemmel nem észlelhető ugyanakkor megfelelő modulációs eljárás alkalmazásával 10 MBit/s adatáviteli sebesség is megvalósítható, ami akár video letöltésre is alkalmas. Keskenysávú, színes LED-ekkel vagy diódalézerekkel párhuzamos kommunikációs csatornák alakíthatók ki világítótestekben, amelyekkel 100 GBit/s adatátviteli sebesség is elérhető. A világítódiódák fényének modulációja számos érdekes alkalmazásban jelent meg a piacon. Ilyen az épületeken belül megvalósított helymeghatározás, ahol a GPS műholdak szerepét a világítás veszi át. A mennyezetben rögzített világítótest fénye folyamatosan egy egyedi digitális kódot sugároz, amely egy mobiltelefonnal érzékelhető és feldolgozható. A kód alapján a mobiltelefon helyzetét lehet meghatározni. A fénnyel megvalósított nagysebességű



2. ábra. Villamosmérnöki szakterületek konvergenciája

adatkommunikációra példa a Wi-Fi alternatívájaként bemutatott Li-Fi technológia, amely elsősorban az adatbiztonság szempontjából vonzó vezetéknélküli kommunikációs megoldás.

A LED technológiában rejlő lehetőségeket csak akkor tudjuk kiaknázni, ha a világítótesteket digitális adatátviteli hálózatba szervezzük. A világítótestek energiafogyasztásának jelentős csökkenése és a kommunikációs hálózatok adatátviteli sebességének növekedése új alkalmazások megjelenését teszi lehetővé és korábban egymástól elszigetelten fejlődő villamosmérnöki szakterületek közeledését eredményezi. (2. ábra). Munkánkban összefoglaljuk a vezetékes és vezeték nélküli kommunikációs megoldások legfontosabb irányzatait és rámutatunk a LED technológia és az adatkommunikáció összeházasításából adódó új alkalmazásokra.

2. DALI

Mielőtt a világítástechnika felé konvergáló technológiákat sorra vennénk, röviden összefoglaljuk a kifejezetten világítóeszközök számára kifejlesztett DALI (Digital Addressable Lighting Interface) protokollal kapcsolatos alapismereteket [2]. A DALI fejlesztését a kilencvenes években fénycsőelőtétek gyártói kezdték el. Nemzetközi szabvány formájában először 2002-ben jelent meg az EN60929 szabvány Annex E függelékében. Azóta a DALI többször bővült és új funkciókkal egészült ki. Jelenleg az IEC 62386 szabvány írja le a DALI elemeit és annak javított, második generációját a DALI-2-t.

A DALI szabványosított kommunikációs protokoll világítási eszközök közötti kétirányú adatforgalom kialakítására. Az egyedileg címezhető és a digitális címek szerint csoportokba rendezhető lámpatestek és egyéb DALI eszközök (érzékelők, kapcsolók, vezérlő stb.) a DALI hálózatra (DALI-busz) kapcsolódnak. Az eszközöket vezetékpár köti össze, amelynek a bekötése polaritásfüggetlen. A DALI hálózaton a feszültség tipikusan 16 V amelyet egy DALI tápegység biztosít. A DALI hálózaton az adatátviteli sebesség 1200 bit/s, ami elegendő ahhoz, hogy egy terem világítását időben vezéreljük, folyamatos fényátmeneteket, különböző világítási jeleneteket hozzunk létre.

A DALI legfontosabb és leggyakrabban alkalmazott funkciója a fényáramvezérlés. A DALI-2 szabványhoz kapcsolódó termékkalibráció és minősítési eljárás biztosítja, hogy a vezérlő által kiadott parancs minden DALI-2 minősítésű terméken ugyanazt az arányú fényáramváltozást eredményezi. A DALI-2 a fényáramvezérlésen túl lehetőséget ad arra is, hogy a világítótestek színhőmérsékletét, vagy színpontját pontosan és reprodukálhatóan szabályozzuk.

3. ábra. Régi analóg telefonkészülék

4. ábra. Távtáplált erősítő

A DALI rendszerhez átjárók (gateway) kapcsolhatók, amelyekkel a világítási rendszer egy nagyobb épületautomatizálás rendszerbe integrálható. A DALI vezetékes rendszerként ismert, de ahhoz, hogy a rohamosan fejlődő internetalapú megoldásokkal (IoT) lépést tartson, a DALI szabványokat kezelő nemzetközi konzorcium, a DALI Alliance, két irányba is bővíti a DALI protokollt:

1. Szabványosított átjárókat fejlesztettek ki, amelyekkel a vezetékes DALI rendszer vezetéknélküli megoldásokhoz (Bluetooth, Zigbee) kapcsolódhat.

2. Elindult a vezetéknélküli, IP alapú DALI+ kidolgozása, amely a jelenlegi vezetékes DALI megoldások alternatívája lehet a jövőben.

3. Vezetékes megoldások

A távtáplálás története

A távközlésben régóta elterjedt, hogy az egyes távközlési végberendezéseket vagy a hálózatban működő aktív eszközöket a távközlési kábelen keresztül látják el elektromos árammal. Jó példák erre az analóg telefonkészülékek (3. ábra), vagy hálózaton alkalmazott jelregenerátorok és jelerősítők (4. ábra). A mai modern távközlési berendezések is használják ezt a fajta megoldást a tápellátás biztosítására. Így működnek a modern nagyfelbontású kamerák (5. ábra) és a digitális videókonferencia-telefonok (6. ábra).

A távtáplálás napjainkban

Az adatinterfészeken talán a legismertebb távtáplálás az Ethernet interfészen valósul meg. Ennek a megoldásnak a neve Power over Ethernet – PoE. Szabványosítása már 2003-ban megtörtént, és folyamatos fejlesztés alatt áll. Számos ethernet-alapú megoldás IEEE szabványként terjedt el: IEEE 802.3 af, at, bt.

A PoE módszer az adatátvitelhez nulla DC tartalommal rendelkező vonalikódoláson alapul. Ez lehetővé teszi az adatfolyam egyenáramú szintre állítását anélkül, hogy az átvitt adatinformációt a távtápláló áram befolyásolná. Az áramellátást egyenáram biztosítja.

A sodrott érpárú adatkábelek, mint például a CAT5e, CAT6 stb., négy független rézpárt tartalmaznak. A Fast Ethernet (100BASE-x) [3] esetében ebből a rézpárból

5. ábra. Távtáplált HD kamera

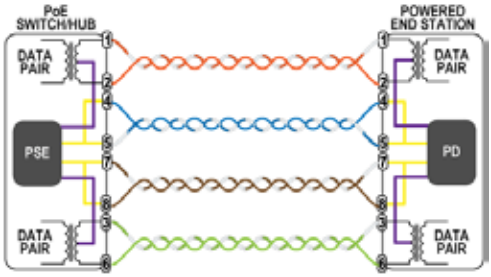
csak kettőt használtak adatátvitelre. A Gigabit Ethernet (1000BASE-T) [4] interfész esetében viszont minden rézpár használatra kerül az adás és vétel kialakítására.

Az Ethernet szabványoknál fontos a kompatibilitás. A 10/100/1000 megoldásokat egyforma csatlakozóra fejlesztik. Ezt a kompatibilitást szem előtt tartották a PoE tervezésénél is.

A Fast Ethernet megoldásban (7. ábra), két rézpárt használnak adatátvitelre, melyből az egyik pár az adási, a másik a vételi irány.

Ebben az esetben két rézpárt nem hasz-

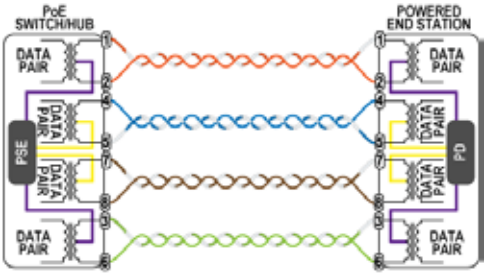
6. ábra. Modern videókonferencia-telefon PoE-vel



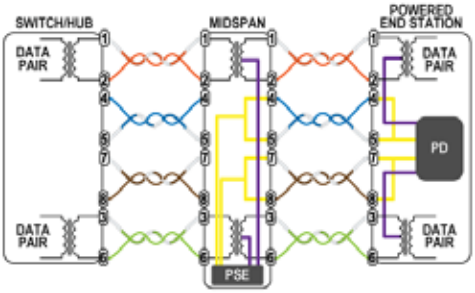
7. ábra. Fast Ethernet PoE megoldás

nálnak adatátvitelre, ezek szabadon alkalmazhatóak a távtáplálásra. Ugyanakkor az adatátvitel rézpárján úgynevezett fantomtáplálással lehet tápfeszültséget létesíteni.

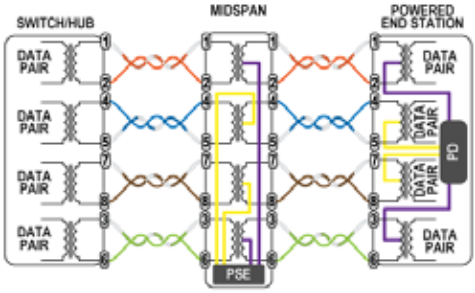
A Gigabit Ethernet esetében nincs szabad rézpár. Ebben az esetben mind a négy rézpárt használták adatátvitelre. További probléma, hogy az összes rézpár egyidejűleg továbbít full-duplex módon adatokat. Az adás és a vétel szétválasztása csak akkor lehetséges, ha a rézpár hullámimpedanciára illesztetten van lezárva, vagyis a végződések reflexiómentesek. Ezt az állapotot a



8. ábra. Gigabit Ethernet PoE megoldás



9. ábra. Midspan PoE injector – Fast Ethernet megoldás



10. ábra. Midspan PoE injctor – Gigabit Ethernet megoldás

távtáplálási megoldásnak sem szabad befolyásolni.

Gigabit Ethernet interfész esetén a tápellátást fantomtáplálásként csak egy középmegcsapolású tekerccsel kialakított transzformátor tudja biztosítani. (8.ábra)

A jelenlegi PoE szabványok is közel 100 W teljesítmény átvitelére képesek.

A gyakorlatban a switch-ek a második rétegben (adatkapcsolat) működnek, gyakran PoE-képesek. Vannak azonban a szabvány által támogatott „midspan" és „injector-os" eszközök, amelyek távtáplálást valósítanak meg úgy, hogy azt a kommunikációs út közepére helyezik.

A Fast Ethernet midspan injector opcionálisan használhatja az adatátvitelre nem használt két szabad rézpárt, vagy fantomtáp megoldással az adatátvitelre használt két eret (9. ábra). A midspan injector használatával nem szükséges lecserélni a nem PoE-képes switch-eket, ezzel a PoE utólagos felszerelése költséghatékony lehet. Költséghatékony a midspan eszköz használata akkor is, ha például egy 48 portos switch esetén csak néhány interfészhez szükséges a PoE.

A Gigabit Ethernet megoldásokhoz is alkalmazható a midspan. Ezt mutatja a 10. ábra.

Mivel a LED-es fényforrások kis villamosenergia-igény mellett is képesek nagy fénykibocsátást biztosítani, megvalósíthatóvá vált, hogy az épületek és otthonok

világítási megoldásai kommunikációs kábeleken valósuljanak meg. Ebben az esetben az adatátviteli csatorna magának a fényforrásnak a vezérlésére is rendelkezésre áll, pl. a fényforrások kommunikációs hálózatba szervezhetők és Etherneten keresztül intelligens módon vezérelhetők.

A PoE interfésszel ellátott LED lámpatestek már megjelentek lakossági és professzionális világítási alkalmazásokban. A mai napig nincs technikai akadálya annak, hogy a PoE világítás piaci részesedése növekedjék. Vonzó üzleti modellel és árazással a PoE technológia a közeljövőben várhatóan egyre népszerűbb lesz ezen a területen is.

4. Vezeték nélküli hálózati megoldások

A vezetékes adatkommunikációs hálózatok utólagos telepítése költséges. A korábban épített családi házak, épületek világításához szinte minden esetben 230 V AC-ról üzemelő világítási hálózatot alakítottak ki.

Bár ezen a hálózaton az adatátvitel megvalósítható úgynevezett „powerline" megoldásokkal (Ethernet over power, IEEE 1901, nem tévesztendő össze a PoE-vel), ezek beüzemelése is költséges. Számos technikai probléma merül fel, mint például az adatátvitel és az információvédelem, valamint az elektromágneses kompatibilitás (EMC) stb.

A vezeték nélküli hálózatok megoldást jelentenek a lámpatestek „okos" vezérlésére. A kommunikációhoz többnyire az Industrial, Scientific and Medical (ISM) sávban működő rádiós interfészt használjuk. Az ISM sáv használata ingyenes. Az ISM sáv használatakor be kell tartani a műszaki paraméterhatárokat. Ebben a sávban a kisugárzott teljesítmény és az átviteli idő korlátozott. Az ISM sáv szabályait számos szabványos rádiointerfész használja. Ilyen például a Zigbee, a Bluetooth és a WirelessLAN (WLAN – nem professzionális nyelven gyakran "Wi-Fi"-ként emlegetik).

A lámpatestek vezérlésére, paramétereinek beállítására létrehozható egy egyedi, ISM sávban működő rádiós interfész, de célszerűbb a jól bevált, szabványosított rádiós interfészek alkalmazása (11.ábra).

Az interfész kiválasztása kompatibilitási problémákat is felvet. Röviden néhány fontos paraméter az egyes ISM sávokhoz illeszkedő kommunikációs szabványokról.

Zigbee interfész

A Zigbee műszaki paramétereit az IEEE 802.15.4 szabvány tartalmazza. Az alapokat 1998-ban helyezték el, és először 2003-ban szabványosították. Felülvizsgálták 2006-ban.

Rádiókapcsolat az ISM sávban [5]:

868 MHz (868,00–868,6 MHz) EU (20 kbit/s)

915 MHz sáv – USA (40 kbit/s)

2,4 GHz-es sáv (2400–2483,5 MHz) (max. 250 kbit/s)

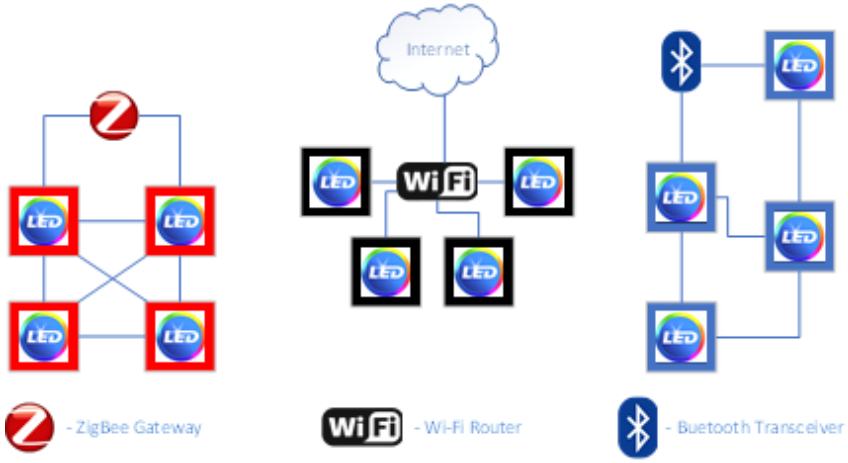
A Zigbee rádiók BPSK (Binary Phase Shift Keying) modulációt használnak 868 MHz és 915 MHz ISM sávokban, valamint O-QPSK - Offset Quadrature Phase Shift Keying megoldást 2,4 GHz-en.

Bluetooth interfész

A Bluetooth szórt spektrumú átvitelt használ az ISM sávban (2,4 GHz 2,402 GHz – 2,480 GHz 79x1 MHz sáv). Csatorna hozzáférés egy előre meghatározott ugrássorozat szerint. Az interfész háromféle adatsebességet használ, egy BR-t és két EDR-t. [6]

Alapsebességű (BR) módban a Bluetooth

11. ábra. Fényforrások rádióvezérléssel



12. ábra. Tipikus adathálózati megoldások

interfész GSFK (Gaussian FSK) 1 Msym/s szimbólumsebességet használ, amikor az „1" átvitt adatbit vivő + fd frekvenciájú harmonikus jellel, a „0" pedig vivő – fd jellel van ábrázolva.

Enhanced Data Rate (EDR) módban a moduláció változik a csomagátvitel során. A hozzáférési kód és a BR csomagfejléc a GFSK szerint és átvitelkor az adatsebesség 2Mbit/s, a modulációs séma pedig π / 4-DQPSK. EDR módban azonban 3 Mbit/s adatsebesség érhető el a 8DPSK modulációs séma használatával.

WLAN („Wi-Fi") interfész

A WLAN interfészek az ISM sáv 2,4 GHz-es és 5 GHz-es sávjában is működhetnek DSSS, FHSS és OFDM szórt spektrumú módszerekkel. Működését az IEEE 802.11 b, g, n, ac, ax szabványok határozzák meg.

Mindhárom rádiómegoldás (Zigbee, Bluetooth és WLAN) közül a WLAN a legátfogóbb és talán a legfunkcionálisabb. Ennek az interfésznek a működtetéséhez szükséges jellemző adatátviteli képesség a legmagasabb. Szinte minden épületben elérhető, így kézenfekvő a meglévő infrastruktúra felhasználása lámpatestek vezérlésére, fényáram és színhőmérséklet beállítására.

Az eszközök hálózatba kapcsolása gyakorlatilag egy vagy több WLAN hozzáférési pont (AP) használatával megvalósítható.

5. Hálózat és adatbiztonság, sebezhetőség

A rádiós interfésszel rendelkező vagy PoE-ről táplált lámpatestek hálózatba köthetők. Az adathálózatba szervezett eszközök segítségével számos kényelmi szolgáltatás fejleszthető (12. ábra)

A rádiós interfészek használatakor vagy vezeték nélküli hálózat kialakításánál fokozott figyelmet kell fordítani az információ védelmére. Információs társadalomban élünk, és az információ hatalmat jelent [7]. Minden esetben ügyelni kell a továbbított információ védelmére, ezért minden továbbított adatot titkosítani kell. A titkosításhoz ajánlott bevált algoritmusok használata. Tudatában kell lennünk annak a veszélynek, hogy ha világítási rendszerünket adatkommunikációs hálózathoz kötjük, eszközeink kibertámadás célpontjai lehetnek.

Ebben a cikkben nem célunk az egyes titkosítási algoritmusok megbízhatóságának elemzése vagy értékelése.

6. Összefoglalás

Cikkünkben rámutattunk arra, hogy az elektrotechnikai tudományágak hogyan közelednek egymáshoz. Megmutattuk, hogy a világítástechnika és a távközlés, valamint az adatátviteli adatbiztonság egy szakterületté kapcsolódik össze. A fejlesztések és a trendek azt mutatják, hogy a mai villamosmérnöknek széles körű ismeretekkel kell rendelkeznie. Az egyes területek mérnökeinek meg kell érteniük egymást, és közös nyelvet kell kialakítaniuk egymással.

Irodalom

[1] P. M. Pattison et al. "2018 DOE Solid-State Lighting R&D Opportunities", Technical Report, US Department of Energy, January 2019.

[2] DALI: The standard for smart lighting control in the IOT era https://www.dali-alliance.org/

[3] IEEE standard – IEEE 802.3u-1995 - https://ieeexplore.ieee.org/

[4] IEEE standard – IEEE 802.3z-1998- https://ieeexplore.ieee.org/

[5] IEEE standard – IEEE 802.15.4 - https://ieeexplore.ieee.org/

[6] Bluetooth specification 5.2 (2019) https://www.bluetooth.com/specifications/bluetooth-core-specification/

[7] Haig Zsolt Információ, társadalom, biztonság, NKE 2015 ISBN: 9786155527081

Évszázados tapasztalat –

évszázados szakmai tudás

VILÁGÍTÁSTECHNIKAI TÁRSASÁG MEE VTT

Rendszeres szakmai programjainkkal biztosítjuk

közösségünk színvonalas továbbképzését

Figyelje honlapunkat, vagy kövessen

minket a facebook-on soron következő

rendezvényünk részleteit illetően!

www.vilagitas.org

Tudjon meg többet a VILÁGÍTÁSRÓL a VTT rendezvényein!

Intelligensen vezérelhető robbanásbiztos LED-lámpa fejlesztése

A LED technológia az ipari világítástechnika számos területén kezdi felváltani, kiszorítani a hagyományos fényforrásokkal üzemelő eszközöket. Az újonnan épülő létesítmények esetében pedig a legtöbb esetben már a tervezési fázisban a LED-es megoldások kerülnek kiválasztásra. Ez a tendencia, bár lassabb ütemben, de a potenciálisan robbanásveszélyes területeken is jelentkezik. Ilyenek például az olajfinomítók, a fűrészüzemek, gabonatároló silók.

A LED technológiával párhuzamosan fejlődnek, és az elmúlt néhány évben egyre jobban nyernek teret az intelligens megoldások is, amelyek lehetővé teszik a lámpák vezérlését, szabályozását, monitorozását. Klasszikus példa erre az irodákban alkalmazott természetes fényhez, illetve napszakokhoz igazodó megvilágítás. Az ipari környezetben ezek a megoldások egyelőre kevésbé terjedtek el, mivel a fejlődés jelen szakaszában az ehhez szükséges robosztusság, üzembiztosság még vagy nagyon költséges, vagy nem elérhető.

Mi e két irányvonalat kívánjuk egyesíteni, a legmodernebb LED-es technológiával szerelt robbanásbiztos lámpatest fejlesztéssel, ami ipari környezetben működő intelligens rendszerbe illeszthető. A fejlesztés során mind a lámpatest, mind a vezérlőrendszer elemei működő prototípus fázisig kifejlesztésre kerülnek.

A robbanásbiztos eszközöket, így a lámpákat is úgy kell kialakítani, hogy azok a működésük során ne váljanak egy esetleges robbanás okozójává, még hibás működési állapot mellett sem. Ennek megvalósulásához a tervezés és kivitelezés során a 2014/34/EU direktíva, illetve az alá tartozó, MSZ EN 60079 szabványsorozat előírásait kell betartani. Ez többféle robbanásvédelmi módszert ismertet, ezek azonban nem konkrét megoldások, csupán tervezési irányelvek. Ezek konkrét, termékekre vonatkozó interpretációja minden esetben a termék gyártójának felelőssége.

Az általunk fejlesztett eszköz célja az egyik leggyakoribb hagyományos típus, a fénycsöves lámpatestek kiváltása, Zóna1 illetve Zóna21 zónabesorolásban (A robbanásbiztos területeket a robbanás valószínűsége alapján zónákba sorolják, a fent említett zónák igen szigorú besorolásúak). A robbanásbiztos lámpatestek fényhasznosítása ebben a kategóriában általában az ipari átlag alatt marad (egy 110-115 lm/W rendszerszintű fényhasznosítású Zóna1 lámpatest már igen jónak számít), illetve a piaci szereplők zöme nem kínál különböző optikai megoldásokat. A Kermann lámpánk kiemelkedő rendszerszintű fényhasznosítással rendelkezik, ez eléri a 143 lm/W értéket. A lámpacsalád egyes tagjai alkalmasak a 2x18W; 2x36W és 2x58W fénycsöves lámpák kiváltására úgy, hogy hálózatból felvett teljesítményük az emlí-

tett hagyományos termékeknél jóval kisebb (25W; 50W és 65W), emellett maximális kilépő fényáramuk is 25%-kal nagyobb. A lámpákat egyedülálló módon 5 különböző optikával kínáljuk úgy, hogy akár egy lámpatesten belül is lehetséges több optika kombinálása. Ez azért jelentős, mert ezen a módon lehetőség nyílik az olyan térrészek, zugok megvilágítására külön lámpatest nélkül, mint a folyosókból nyíló beugrók, polcsorok közötti terek, stb. A lámpa külső tokozása fém, amelyet a megfelelő felületkezeléssel láttunk el, így még a legagresszívabb környezetben is biztonságosan üzemeltethető. A lámpatest búrája UV-védett polikarbonát (mindkét oldalán UV-védelemmel ellátott), amely ellenáll 10 J ütőenergiának. A lámpát opcionálisan antisztatikus kivitelű búrával is kínáljuk olyan helyekre, ahol fennáll az elektrosztatikus feltöltődésből adódó gyújtóhatás veszélye.

Legyen Ön is disztribútoraink egyike!

Külföldi kereskedelmi kapcsolatokat keresünk.

Lámpa fejlesztési kihívásai vannak?

Forduljon hozzánk bizalommal!
A Kermann mérnökei 2008 óta foglalkoznak LED világítástechnikai termékek fejlesztésével.

Web: kermann-ex.com
H-1139 Budapest, Röppentyű u. 48.
E-mail: kermann-ex@kermann-ex.com
Tel: +36 70 640 2342

ExProof Easylight
Z1/Z21 - Z2/Z22
Zóna 1-es, zóna 2-es besorolású, robbanásbiztos környezetben alkalmazható.

ExProof Industrial
Z2/Z22
Nagyteljesítményű LED-es lámpatest, Zóna 2 és Zóna 22 besorolású robbanásveszélyes környezetben.

ExProof Linear
X3-X6-X8 Z1/Z21
X3-X6-X8 Z2/Z22
Kiemelkedő hatásfokú lineáris LED-es lámpatest, Zóna 1/2 és Zóna 21/22 besorolású robbanásveszélyes környezetben.

KERMANN EX

A kiváló LED-es lámpatest már önmagában is sok előnnyel rendelkezik hagyományos alternatíváival szemben, azonban a LED-es technológia valódi előnyeit az intelligens megoldásokkal aknázhatjuk ki teljesen. Olyan intelligens rendszert fejlesztünk lámpánkhoz, amely lehetővé teszi a felhasználók számára a lámpák üzemeltetését távoli vezérléssel, valós időben, mindezt ráadásul a felhasználó által meghatározott logikai egységenként (lámpacsoportok). Ez nem csupán a fényáramszabályozásban nyilvánul meg. A rendszer képes a lámpák, lámpacsoportok teljesítményadatait monitorozni, amelyből pl. egy esetleges meghibásodás valós időben észlelhető. A karbantartási költségeket tovább csökkenti az eszközök telepítését támogató mobil alkalmazás, amely lehetővé teszi az egyes lámpák (és azok részletes adatainak) pontos, térképes megjelenítését, illetve azonosítását is az eszközök irányított felvillantásának segítségével. Ez nagyban megkönnyítheti a rendszeres leltár és műszaki ellenőrzések menetét. Minden lámpába beépítésre kerül egy helyi adatgyűjtő és továbbító eszköz, amely egyúttal segít a vezérlő jelek továbbításában, lehetővé téve nagyszámú eszköz kommunikációját, nagy távolságokban. Az eszközök telepítéséhez, rendszerbe integrálásához nincs szükség külön a vezérlés számára vezetékezés kialakítására, ez a már meglévő létesítmények esetén a beruházási költségeket nagyban csökkenti. Ezen kívül a már felvitt eszközök címzése, adatai, csoportbeosztása bármikor újrakonfigurálható. A rendszer ipari léptékben is alkalmazható, üzembiztos és az illetéktelen behatolókkal szemben védett hálózat.

A projekt eredménye tehát nem csupán egy lámpa vagy lámpacsalád, hanem egy szolgáltatáscsomag, amely segítségével a létesítmények megvilágítása, és annak valós idejű vezérlése, monitorozása, azonosítása, üzemeltetése költséghatékony módon megvalósítható az ipari szektor résztvevői számára. (X)

Pontosítás a Planck görbékre alapozott, tömörített fényforrás jellemzők meghatározásához

– Erbeszkorn Lajos –

Bevezetés

Nyugdíjasként, a Budapesti Műszaki Egyetemen szerzett – még el nem felejtett – előképzettségeim és munkahelyi gyakorlataim birtokában egy-két fura dolgot tapasztaltam a világítástechnika területén.

Példák:

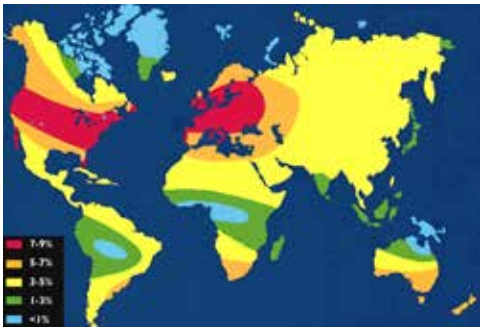
- A „fényáram" megnevezés (szolgalelkűen fordítva a német „Lichtstrom"-ból), amely ténylegesen fényteljesítmény azaz SI egységekkel kifejezve például [W/m^2]-el (watt/négyzetméterrel) jellemezhető!
- A látható, azaz a fény-fotonok jellemzésére a mérőeszköz, a spektrométer kialakításából adódó hullámhossz értékeket adják meg. Én a foton-energiát, mint jellemzőt elektronvoltban [eV] mérve kedvezőbbnek tartom. (Nyilván ez a nukleáris területű tevékenységemből is adódik, bár ott keV és MeV nagyságrendek jellemzik a fotonokat.) Így sokkal érthetőbb az anyaggal való kölcsönhatásuk mikéntje.
- A fényforrások emissziós spektrumának jellemzésére a korrelált színhőmérsékletet (correlated colour temperature) alakították ki. Ez az a színérzet, amely adott hőmérsékletű fekete test sugárzásának színérzetéhez a legközelebb van. De ezzel az a baj, hogy egy szubjektív és több szempontból bizonytalan érzet alapján „mérik meg" az objektív valóságot. A gyakorlatban a fekete test helyettesítésére izzólámpákat és napfényt használnak. Az átfedési tartományban kisebb-nagyobb eltérések adódnak.

Véleményemet részletesebb indokolással és bizonyos megoldási lehetőségekkel már írásban, szóban kifejtettem. Lásd: irodalomjegyzék: [1] - [7].

Tények, amelyeket érdemes figyelembe venni

A világítástechnika eszköztára rohamosan bővül. Újabb és fejlettebb technológiák jelennek meg, ahol a fejlesztő, mérő szakemberek – esetleg figyelembe véve az orvosoknak az emberi szemre vonatkozó legújabb ismereteit – eltérnek az eddig szokásos elképzelésektől.

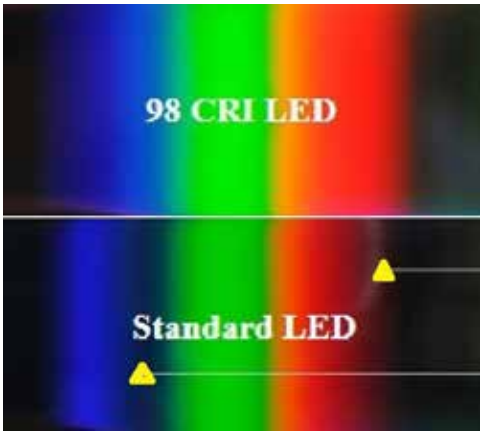
- Itt szeretnék egy gondolkodásra késztető, 2000-ben közölt térképet bemutatni [8]. Vajon a világítástechnika befolyásolja-e a színvakság létrejöttét vagy ez csupán más tényezőktől, például a genetikától függ? A bébik fejletlen védekező reflexe (belebámulás a nagy fénysűrűségű fényforrásokba) okozhat-e elváltozást a látórendszerükben?



1. ábra. A bolygónk színvakságí térképe

- A LED-ek gyártási technológiája alapvetően két különböző irányzatot követ. Az egyiknél az a cél, hogy az emberi szem számára minél vilá-

gosabb eszközt hozzon létre, mert az bizony könnyebben eladható. A másik irányzat – alkalmazkodva az emberi szem kialakulását befolyásoló, a Naphoz kötődő spektrumokhoz – lényegében a fekete-test emissziós eloszlásait valósítja meg. Jól szemlélteti ezt a 2. ábra [9]. Az alsó sáv eszköze a jó hatásfokú, a szemet nagyobb valószínűséggel károsító, erőteljes kék-érzetű spektrumtartományt részesíti előnyben, míg a rossz hatásfokú, vörös-érzetű tartományt hanyagolja. A pupilla összehúzódását eredményező, azaz a biológiai védelmet szolgáló 480 nm környezetű, világoskék-érzetű sáv viszont hiányzik a spektrumából. Az összeredmény: egy vakítóan világos, fehér-érzetű LED. A felső sávban a szintén „fehér" színérzetű, szemre kevésbé káros hatású és nagyon jó színvisszaadást eredményező LED spektruma.

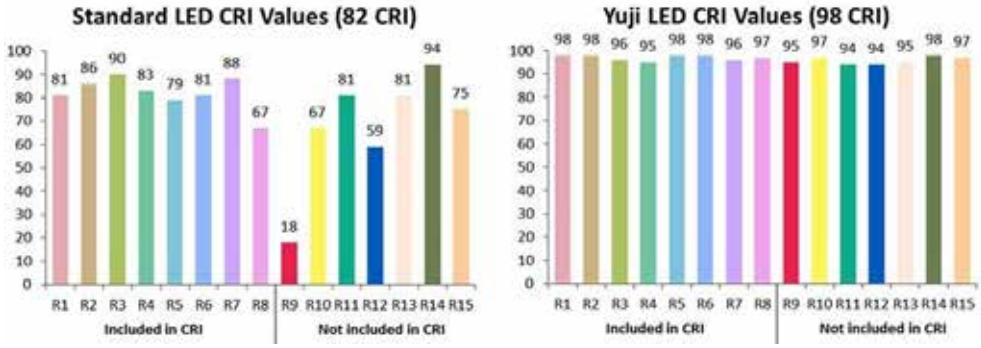


2. ábra. Felül: A fekete-test sugárzását közelítő, jó színvisszaadású LED spektruma. Alul: A nagyon világos érzetű, „fehér LED" spektruma

- A szem számára kedvező technológia már nem a CIE CCT-re alapoz, hanem a fekete-test adott hőmérsékletű sugárzásához közelíti a fényforrásának a spektrumát. Ennek értékelésére kidolgoztak egy az energia spektrumra vonatkozó módszert[10], amely eredményül a spektrum hasonlósági indexet (spectrum similarity index, rövidítve SSI) adja. A Sekonic C-800 mérőműszere [11] már tartalmazza is a spektrumra vonatkozó SSI számítását (3. ábra).

3. ábra. A SEKONIC C800 spectromaster mérőműszer, amely méri a spektrum eltérését a fekete-test emissziós spektrumától, és kijelzi az SSI (spectrum similarity index) értékét (piros körrel bejelölve)

- Lényeges előnye a spektrum hasonlóságának a fekete-test sugárzásához, hogy az egyedi színvisszaadási indexek akárhány mintára meghatározva is mindegyikre 100 % közelében vannak (4. ábra) [9]. Az R1-R15 színminta vizsgálata szükséges és elégséges feltétele a színvisszaadási index meghatározásának. Átlaguk (R) adhatja az álalános színvisszaadási index értékét, ha a színmintákra alapozva a meglévő, megszokott eljárásokat kívánják erre a célra felhasználni.
- A CIE 1976-ban szűkítette a fénynek



4. ábra. Színvisszaadási indexek (colour rendering index, CRI), baloldalt egy normál LED-re (az Ra értékébe a 9-es színminta már nem számítható be!!!); jobboldalt a spektrum hasonlóságot megvalósító technológiájú LED jellemző értékei

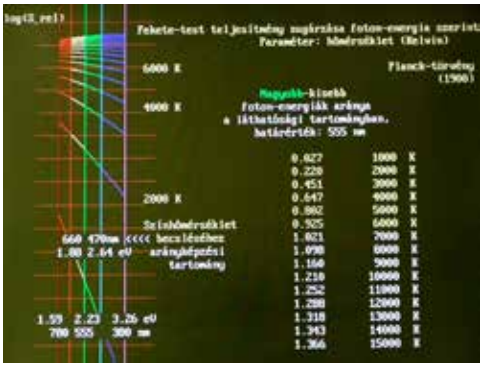
nevezett azaz a normált ember szeme által észlelhetőnek tartott elektromágneses sugárzási tartományt. Az u′ v′ színérzet diagramja 400 és 700 nm-es hullámhosszakra – mint szélső értékekre – épül. Összehasonlításul a láthatósági függvények értékeit az 5. ábra [12] szemlélteti.

5. ábra. A CIE láthatósági függvények sejtetik, hogy a CIE 1976-os u′ v′ színérzet diagramja miért csak 400 és 700 nm-es tartományban van értelmezve.

(Lektor megjegyzése: Csak V(λ) meghatározása történt villogásos fotometriával)

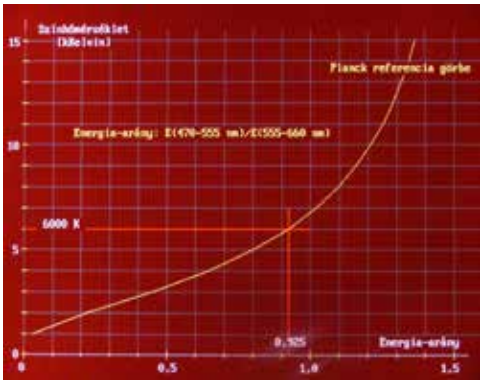
A javasolt ekvivalans színhőmérsékleti módszerem pontosítása

Egypár spektrum értékelési tapasztalata alapján módosítottam a legelső elképzelésemet [7]. A Planck eloszlások szűkebb tartományát (470-660 nm) választottam referenciaként a kiválasztott fényforrás spektrumával történő összehasonlításra. 470 nm-nek megfelelő foton-energiánál nagyobb energiájú fotonok az emberi szemet



6. ábra. A 470-555 és az 555-660 nm energiasávok aránya adja az adott spektrum színhőmérsékletét. A 9. ábra lineáris koordináta rendszere – 555 nm-nél normálva – jól szemlélteti az arányokat.

már jelentősen károsíthatják. A referencia tartományt 555 nm-nél két részre osztva a részek energia aránya szintén jellemző kell, hogy legyen az adott energia-eloszlás színhőmérsékletére (6. ábra). Ez az arány képezi az összehasonlítás alapját és rögtön megadja a kérdéses spektrum ekvivalens színhőmérsékletét (7. ábra).

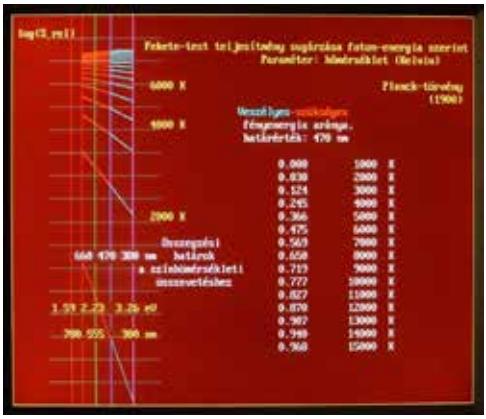


7. ábra. Az átszámítási függvény a 6. ábra arányai alapján (abszcissza) az ordinátán adja a színhőmérsékleti értékeket.

Javaslat a fényforrás veszélyességi indexére

A szem számára erős, fehér színérzetű fényforrások spektruma jelentős mennyiségű „kék" fényt tartalmaz, amely a szem hosszú-távú károsodásához vezethet. Nem árt, hogyha a fényforrást alkalmazó ismeri ennek a veszélyforrásnak a mértékét. A természetet matematikailag jól leíró Planck görbesereg megadja az adott színhőmérséklethez tartozó, 470 nm-nél kisebb hullámhosszú azaz 1,59 eV-nál nagyobb energiájú fotonok energiájának összegét is. Ha a vizsgált spektrum túllépi ezt a határértéket, akkor az már nyilván veszélyezteti a szemet (8. ábra).

De nem ez az egyedüli tényező. Ha a pupilla nem szűkül, mert az adott spektrumból hiányzik a pupilla vezérléséhez szükséges tartomány energiája, akkor ez a szem



8. ábra. A 470 nm-hez tartozó foton-energia a választóvonal. Az ennél nagyobb energiájú fotonok sávja különösen veszélyes az emberi szemre. Ezen sáv energiájának százalékos aránya látható az ábrán a 470-660 referenciasáv energiájához képest. Ezek az arányok képezik a megengedhető szintet.

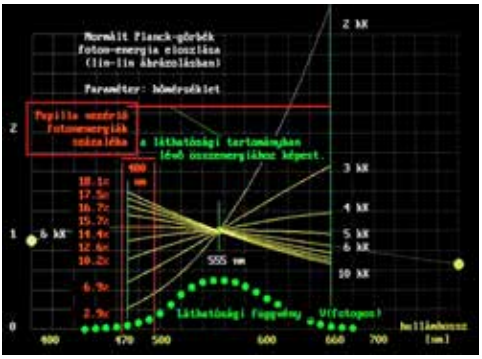
veszélyeztetésének a másik komponense (9. ábra).

A vizsgált és a referencia spektrum normálása után az összefüggés:

Veszélyességi index = $(E_{max}/E_{maxP})/(E/E_P)$, ahol:

- E_{max} a vizsgált spektrum 470 nm alatt kisugárzott energiája,
- E_{maxP} a Planck eloszlás 470 nm alatt kisugárzott energiája,
- E a vizsgált spektrum 465-495 nm sávban emittált energiája,
- E_P a Planck eloszlás 465-495 nm sávban emittált energiája.

Példák: ha a vizsgált spektrum tökéletesen egyezik a fekete-test adott színhőmérsékletű spektrumával, akkor a veszélyességi index a képletből 1/1 azaz 1 értékű. Viszont, ha a vizsgált fényforrás a 470 nm alatti, nagyobb energiájú fotonok tartományában a fekete test sugárzásához képest 20 %-kal nagyobb energiát bocsát ki és ugyanakkor a 465-495 nm-es tartományban csak az elvárható energia negyedét emittálja, akkor



9. ábra. A pupillát vezérlő, 465-495 nm-es energiasáv energiája százalékosan a 470-660 nm-es tartomány energiájához képest. Paraméter a színhőmérséklet

a veszélyességi index értéke: 1,2/0,25 azaz 4,8. Nyilván az emberi szem számára azok a legkedvezőbb fényforrások, amelyeknek veszélyességi indexe 1 alatt van, vagy éppen eléri ezt a határértéket.

A hamis szín index alkalmazása

Az ekvivalens színhőmérséklet a spektrum adott sávjainak energia-arányaiból adódik (6., 7. ábra). Az adott, vizsgált spektrum és az ekvivalens színhőmérsékletű Planck-görbe abszolút értékű eltéréseinek súlyozott összege adja a hamis szín indexet. Az nyilvánvaló, hogyha a két energia-eloszlás között nincs eltérés, akkor a hamis szín index értéke nulla. A poszteren [6] a láthatósági függvényből kiindulva a 470-660 nm sávban az eltéréseket a két spektrum illesztésekor a széleken a szem érzékenységének csökkenése miatti súlytényezők csökkentésével illeszthetem. Ez azonban csak egy méréssel nem igazolt feltételezés. Mindenesetre az illesztéskor a szokásos legkisebb négyzetek módszerét nem illik alkalmazni!

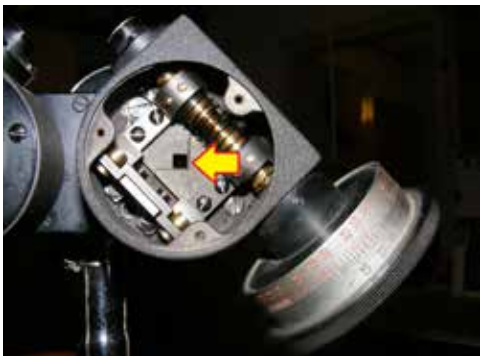
Az interneten nem találtam olyan publikációt, ahol meghatározták, megmérték volna, hogy adott Kelvin hőmérsékletű fekete-test egy szűk sávjában emittált energiáját hány százalékban kell módosítani (növelni esetleg csökkenteni) ahhoz, hogy egy nem színvak, hanem normál észlelőnek kiválasztott egyén ezt az eltérést még éppen észlelje. Mert ez a függvény jelentené a valódi súlytényezőt az illesztéskor, és a hamis szín index tényleges, reális értékének a kiszámításához. Ugyanis az emberi színérzet kialakulása nagyon bonyolult. Nem árt, ha feltételezések helyett mérésekre alapozott jellemzőket használunk.

Nekem is van egy „háztáji" Pulfrich fotométerem, amely kiegészítésekkel alkalmassá tehető fekete-test spektrum-közeli színárnyalat-eltérések meghatározására.

10. ábra. Pulfricht fotométer az észlelő felől. A műszer sematikus vázlata a bal felső sarokban látható.

A fotométer egyszemű látómezeje – közelítőleg 10° átmérőben – középen prizmával függőlegesen kettéosztott. Ezért az egymás mellé kerülő két sugárút világossága, színi eltérései jól összehasonlíthatóak. A fénymennyiségeket a két belépő sugárútban található négyzetes karakterisztikájú, kotyogásmentes blenderendszerrel lehet szabályozni (9. ábra). Így a mérőműszer a szem logaritmikus jellegű világosság érzékeléséhez jobban alkalmazkodik.

A súlyfüggvény méréséhez mindkét sugárútba adott színhőmérsékletű fényforrás (izzólámpa) fényét juttatva, azokat teljesen

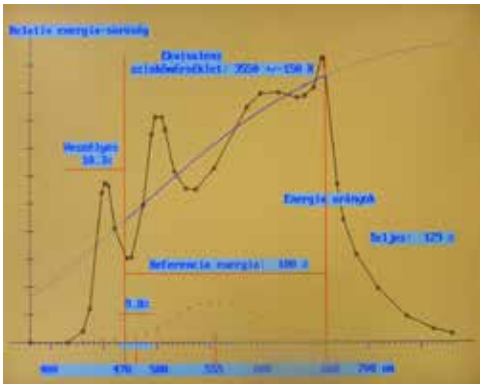


11. ábra. A Pulfricht fotométer fénymenynyiség szabályozása egymással szemben mozgó reteszekkel. A lineáris skálázott szögelfordulás – homogén fénynyaláb esetén – négyzetes karakterisztikát eredményez

egyforma fénysűrűségűre beállítva kezdődhet a súlyfüggvény kimérése. Az egyik sugárnyalábhoz szűk emissziós sávú fényforrások (pl. LED-ek) fényét keverve megállapíthatók azok az energia mennyiségek, amelyek érzékelhető különbséget okoznak a látótérben. A körülményeim és a rendelkezésre álló időm rövidsége miatt csak egy-két tájékozódó mérésre van lehetőségem.

Alkalmazás

Vegyük példaként egy, a VTT tagjai által megvalósított és publikált világítás [13] spektrumát. Megállapítható, hogy alapvetően a jó színvisszaadásra törekedtek és ennek következtében – bár teljesen más elgondolással – de egy adott hőmérsékletű fekete-test sugárzását közelítették meg az akkori lehetőségekhez igazodva. Az általuk meghatározott CCT (correlated colour temperature) értéke 3496 K. A cikkük 7. ábráját – az egyszerű feldolgozás céljából – egyenes szakaszokkal közelítettem (12. ábra). A módszer nyílván növelte az így számított eredmény bizonytalanságát. A veszélyes „kék" tartomány energiája jelentősen alatta marad a fekete test sugárzásának (3000 K-nél is ez az arány 0,124 azaz nagyobb értékű, 8. ábra). A színhűség biztosítása érdekében a „vörös" tartomány megfelelő emissziója is biztosított. A pupilla összehúzódását vezérlő energiasávban is közel megfelelő energia kibocsátás van. A kis eltérésnek a freskók megvilágításánál nincs jelentősége.



12. ábra. A [13] irodalomban részletezett, a vatikáni Sixtus-kápolna freskói számára megvalósított LED megvilágítás energia-spektruma egyenes szakaszokkal közelítve. Az ábra az energia-arányokat százalékos értékekben jelzi

Következtetés

A vizsgálandó spektrum **ekvivalens színhőmérsékletének,** a **veszélyességi és a hamis szín indexének** meghatározása a fekete-test azaz az azt matematikailag jól leíró Planck eloszlásokkal történő közvetlen **energetikai** összehasonlításokra alapozottak. A szem-agy együttes bonyolultsága miatt egy **súlytényező függvény** meghatározása szükséges, amely jelenleg a Mac Adam ellipszisek alapján becsülhető. Ennek a súlyfüggvénynek egy adott hőmérsékletű fekete test sugárzó spektrumának szűk tartományaiban meg kell mutatnia a normál színlátók által még éppen, hogy észlelhető színi eltérést okozó energia-hányadot.

Irodalomjegyzék

[1] Erbeszkorn Lajos: A Planck-eloszlásokról és a fényforrások ekvivalens színhőmérsékleteiről, Világítástechnikai Évkönyv 2016-2017, 166-172. oldal

[2] Erbeszkorn Lajos: Elmélet és gyakorlat a színek, a megvilágítás világából, Világítástechnikai Évkönyv 2018-2019, 49-52. oldal

[3] Erbeszkorn Lajos: A LED-ek fényének minőségi jellemzőit tömörítő paraméterekről, előadás: MEE VTT IX. LED Konferencia, Budapest, 2018. február 6-7.

[4] Erbeszkorn Lajos: A Planck energia eloszlások mint referenciák az OLED-ek, LED-ek gyártásához, előadás: MEE VTT X. LED Konferencia, Budapest, 2019. február 5-6.

[5] Erbeszkorn Lajos: Javaslat a színekhez kötődő tömörített fényforrás-paraméterek változtatására, Elektrotechnika, 112. évfolyam, 2019/4-5 szám, 44-47 oldal

[6] Erbeszkorn Lajos (poszter): LED-es, OLED-es fényforrások új értékelési javaslata emissziós spektrumaik alapján, XI. LED Konferencia, 2020. február 5-6.; Óbudai Egyetem, Budapest, Bécsi út 96/B

[7] Erbeszkorn Lajos: Kritikusan a fényforrások színi jellemzőiről, különös tekintettel a LED, OLED fényforrásokra, Elektrotechnika, 113. évfolyam, 2020/4 szám, 23-26 oldal

[8] L. Sharpe, H. Jägle: Ergonomic consequences of dichromacy I used to be color blind, Published 2000, Corpus ID: 53380436

[9] https://www.yujiintl.com/high-cri-led-lighting.html

[10] https://www.oscars.org/sciende-technology/project/spectral-similarity-index-SSI

[11] https://www.sekonic.com/color-meters/C-800

[12] 2D-3D számítógépes grafika – ppt; BME Építészeti Geometria és Informatika Tanszék

[13] Szabó Ferenc, Csuti Péter, Schanda János: LED4ART: LED világítás a Sixtus-kápolna freskói számára, Világítástechnikai Évkönyv 2014-2015, 125-131 oldal

LUMILAB

A Szőnyi Fényerő utódja

Megvilágításmérők és fénysűrűségmérők *akkreditált* laboratóriumi kalibrálása

LUMILAB Kalibráló Laboratórium Kft.
1029 Budapest, Géza fejedelem útja 57.

Kertész Tibor
+36-30/337-2120

www.lumilab.hu
info@lumilab.hu

Dr. Réti István
+36-30/970-3087

Tíz éves az ISA (International Solid-State Lighting Alliance)

– Bársony István
https://www.isa-world.org/ –

A népességrobbanás, a világ energiafogyasztásának növekedése, az ipari hulladékok okozta környezeti katasztrófák és a klímaváltozás közepette a felnövekvő nemzedék legnagyobb félelme a fejlődés fenntarthatatlansága. Erre a napokban megjelent tanulmány szerint meg is van minden okuk, hiszen a Római Klub 50 évvel ezelőtt felvázolt globális fejlődési alternatívái közül pontosan a legpesszimistább változat megvalósulása látszik beigazolódni a riasztó adatok alapján [1].

Az elektromos világítástechnika első évszázadát az Edison-féle izzólámpák uralták. A XIX. században gyártott szénszálas izzó az ún. Centennial Light, még ma is működik a Fire Station #6, 4550 East Ave, Livermore, CA. telephelyén.

1. ábra. The Centennial Light már több, mint 115 éve világít (Credit: Bill Nale/Panoramio/Wikipedia)

Csakhogy az izzólámpák túlságosan megbízható működése hamarosan a lámpa-gyártás profitabilitásának gátjává vált. A tömeges felvevő piac felpezsdítése érdekében más üzleti modellre kellett átállni. A világ élenjáró izzólámpa-gyártói, köztük a német Osram, a brit Associated Electrical Industries, és az USA-beli General Electric (GE) 1920-as találkozójukon a hirhedt „Phoebus cartelbe" tömörülve megállapodtak, hogy az izzók élettartamát mesterségesen 1000 órában maximálják. Ez a tisztességesnek aligha mondható gyakorlat **tervezett avulás** néven vált ismertté és az ipari termékgyártásban nagyon gyorsan általánosan elfogadottá. Ezzel vetették meg a mai pazarló, "hulladékgyártó" társadalom alapjait. A következmények mára nyilvánvalók: a szeméthegyek, a jobbára veszélyes ipari hulladékok "mentesítésére" szolgáló depók tönkreteszik a környezetünket, a természeti erőforrásainkat és egészségünket.

A 90-es évek derekán az E-MRS konferencián, Strassbourgban az akkor nagy jövő előtt álló MOCVD technológia kapcsán hallottam a vendégként meghívott tajvani ipari miniszter előadását arról, hogyan kívánja Tajvan koncentrálni fejlesztési forrásainak felhasználását. A Hsinchu Science Parkban sorra épülő Fab-jai révén akkor volt kibontakozóban a világ mára meghatározó IC-chipgyártója, a TSMC globális dominanciája. A miniszter kijelentette, hogy a jövő egyik legperspektivikusabb beruházási területe a fénykibocsátó félvezető eszközök tömeggyártása lesz, ahol a 25 milliós szigetgazdaság a következő 15-20 évben a világpiac 13%-át fogja megszerezni. Még az ázsiai szemlélethez, a hosszú távú gondolkodáshoz szokott hallgatóságnak is mellbevágó volt ez a határozottság és céltudatosság. Ez a perspektivikus beruházás ugyanis óriási üzletet jelentett a félvezető piaci területen már akkor egyre inkább visszaszoruló, de a berendezésgyártásban mégis élvonalbeli európai vállalatoknak. Elsősorban az MOCVD területen máig piacvezető berendezésgyártó, az aacheni AIXTRON cég örülhetett a kezdetben beszerzett ca. 150 berendezés tajvani installációjának. Azóta a német kormány rendre sikerrel akadályozta meg az

AIXTRON berendezésgyártó cég felvásárlására irányuló USA és kínai próbálkozásokat. A terv tehát ázsiai következetességgel meg is valósult. 2012-ben magam is jártam az Industrial Technology Research Institute által kifejlesztett, a kormányzati segítséggel indult spin-off vállalkozásnál. Az Epistar mára Tajvan vezető LED gyártója a világpiacon. A tervezett avulással szemben a környezettudatosság a világítástechnikában is az élettartam-növelést, az energia- és anyagtakarékosságot, a minőségi javulást helyezte előtérbe. Az élettartam és megbízhatóság nagyságrendi növelésével a félvezető alapú világítástechnika elterjedése képes biztosítani az egymásnak sokszor ellentmondó követelmények kielégítésének megoldását.

Hasonló távlatos, stratégiai gondolkodásra vezethető vissza az a lelkesedés, amivel az óriási belső piaccal rendelkező Kínai Népköztársaságban értékelték az új iparág lehetőségeit. Óriási léptékű beruházásokkal százas nagyságrendben jöttek létre a szilárdtest-világító eszközöket, majd ezekből lámpatesteket és később integrált smart-lighting rendszereket, LED kijelzőket gyártó cégek.

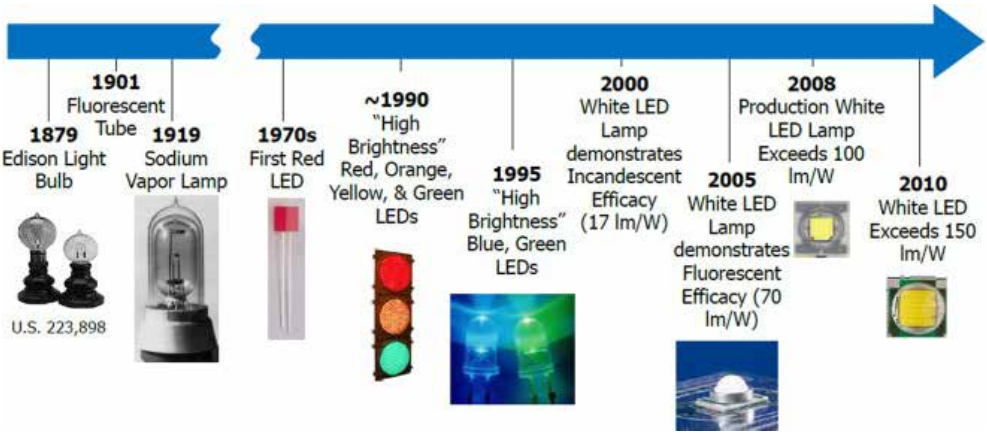
A világítástechnika és a vonatkozó alkalmazások fejlődése óriási ívet írt le az elmúlt évszázadban. [2]

https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032114001506

A világpiac rendkívül heterogén, a korszerű, energiatakarékos LED termékek hatékony használatát sok kötöttség gátolja. Elegendő, ha a 230/220/110V-os váltakozóáramú hálózatokra, a csavaros Edison-foglalatokra utalunk, amelyek elterjedtsége a világon megkerülhetetlen alkalmazkodási kényszert jelent a gyártóknak. Egyben élettartam-csökkentő veszéllyel is jár, hiszen így végső soron a foglalatba építendő meghajtó elektronika és nem a fénykibocsátó eszköz megbízhatósága korlátozza a termék élettartamát.

A kontinentális Kína ezen a területen aktív cégeinek érdekképviseletét vállalta fel a kiváló Ms. Ling Wu által hathatós kormányzati támogatással megszervezett **China Solid-State Lighting Alliance.** A CSL évente rendezi meg a hatalmas belső piac tájékoztatására a tudományos konferenciával egybekötött *SSL China* országos kiállítást és vásárt. Az utóbbi években a szintén Ms. Ling Wu által elnökölt **China Advanced Semiconductor Industry Innovation Alliance** tudományos rendezvénye is ehhez csatlakozik.

Bő tíz éve ugyancsak ő kezdeményezte tevékenységük nemzetközi szintre emelését. Ez vezetett a Hong-Kongban bejegyzett non-profit szervezet, az **International Solid-State Lighting Alliance** létreho-



2. ábra. A fényforrások fejlődési íve

zatalához. A nagy testvér, a CSL árnyékában felnövekvő ISA-t pár éve már a korábbi miniszterhelyettes, **Dr. Jianlin Cao** vezeti.

Az ISA deklarált küldetése a globális lehetőségek koordinálásával, és a nemzetközi együttműködés támogatásával:

- világszerte gyorsítani az SSL ipar fejlődését, a termékek alkalmazásának elterjesztését;
- javítani a fogyasztók életminőségét egy zöld és fenntartható társadalom érdekében.

Az SSL piac szervezése, az igények felmérése és nem utolsó sorban a kínai termékek minőségjavítása érdekében folytatott sokoldalú tevékenységével a 10 éves évfordulóját ünneplő ISA mára elismerést vívott ki világszerte.

3. ábra. Fényforrás fajták piaca 2011-2021 között

A világítástechnikai eszközök kereskedelme bevételeinek alakulását jól mutatja ez a tíz éves előrejelzés. A különböző technológiák szerepe a világítástechnikában változik. Az izzólámpák (alul) gyors kiszorulása, a fluoreszcens részesedés csökkenése a LED termékek piacbővülése (legfelül) javára mind az arányok, mind a bevételek tekintetében egyértelmű. *http://nenmore.blogspot.com/2011/12/bright-lights-big-savings.html*

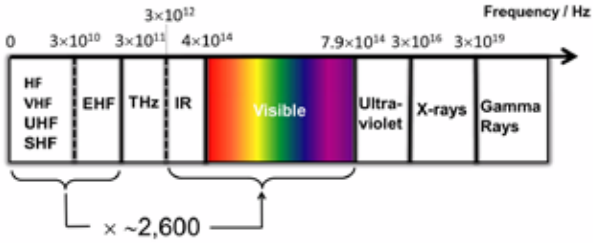
A globális LED világítási piac geográfiai megoszlása 2014-ben azt mutatta, hogy az USA részesedése 19%, Japáné csupán 9%

4. ábra. A globális LED piac geográfiai megoszlása
http://www.semiconductor-today.com/news_items/2014/NOV/LEDINSIDE_061114.shtml

volt. A beltéri világításban akkor már általánosnak tekinthető volt a LED elterjedése, de az ipari szegmens, és a kültéri világítás területén nagy fejlődési lehetőségek mutatkoztak a két technológiailag legfejlettebb piacon is. Feltűnő, hogy a világ LED-világítási piacának 28%-a a feltörekvő gazdaságokban található, az ázsiai- Csendes-óceáni régióban (13%), Latin Amerikában (8%) a Közép-Keleten és Afrikában (7%).

Ennek felismerése nyomán döntött az ISA vezetése úgy, hogy a szövetség befolyását, piacbővítési törekvéseit tagvállalatai érdekében ezekre a fejlődő piacokra koncentrálja. Így került a törekvések fókusza a nagy népességű fejlettebb infrastruktúrájú BRICS országokra (Brazília, Oroszország, India, Kína, Dél-Afrika). Deklarált cél lett általában a feltörekvő ázsiai, közel-keleti majd afrikai gazdaságok bevonása az együttműködésbe és tájékoztatása az SSL technológia előnyeiről.

A vezeték nélküli kommunikációban a WiFi-vel elérhető rádiófrekvenciás sávszélesség nem képes a növekvő adatátviteli sebesség biztosítására. Speciális területeken belátható időn belül szükség lesz a fény-kommunikáció, a LiFi képességeinek kiaknázására. A LiFi technológia bevezeté-



5. ábra. WiFi/LiFi.[151] Haas, H., Elmirghani, J., and Haas, H. 2020 Optical Wireless Communication, Phil.Trans.R.Soc. A.; http//doi.org/10.1098/rsta.2020.0051

se, a fényhírközlés, nagysebességű adatátvitel a maga természetes alkalmazási korlátai ellenére nagy perspektívát jelenthet pl. az épületen belüli gyors adatmegosztásban, de a vezető nélküli közlekedésben is. Mindez - integrálva az épületekben amúgy is installált világítási rendszerekbe - egymástól viszonylag távoli, nagy hozzáadott értékű ipari fejlesztések fúziójával kecsegtet.

A félvezető-alapú világítástechnika fejlődése, integrációja előtérbe helyezett korábban nem evidens fejlesztéseket is. A nagy fényerősségű, mikroLED-es kijelző óriáspa-

6. ábra. https://agilitypr.news/Micro-LED-%E2%80%93-Lighting-the-Way-for-Display-13402

nelek tömeggyártása pl. forradalmasítani fogja a video-display technológiát akár a háztartásokban is. Ezek a nagy hozzáadott értékű termékek a kínai gyártók számára is óriási fejlődési perspektívát jelentenek.

A most tíz éves ISA tehát egy olyan non-profit szervezet, amelynek célja az SSL technológia széleskörű alkalmazásával a fenntartható fejlődés propagálása világszerte. Tagjai olyan nemzetközi szakmai szervezetek, akadémiai intézmények és világítástechnikával foglalkozó vállalkozások, amelyek a teljes értéklánc területén tevékenykednek a félvezető technológiától a világító dióda és integrált kijelző gyártáson át a komplett intelligens világítástechnikai alapú szolgáltató rendszerekig. Jelenleg 77 tagja és 4,000 feletti társult tagja van, amelyek a világ SSL termelésének több mint 70%-át adják. Az ISA tagjai közt megtaláljuk valamennyi fontos szereplőjét a nemzetközi SSL közösségnek beleértve vezető ipari cégeket, akadémiai intézményeket és a legfontosabb felhasználó vállalkozásokat a gazdaság valamennyi területéről. A 7. ábra a végrehajtó nemzetközi szervezetek mellett a tag- intézmények ill. -vállalatok logóit mutatja.

Az ISA tevékenységének egyik kiemelkedő területe a műszaki, szabványosítási ajánlások kidolgozása a nemzetközi felhasználók számára. 2011 novemberében hozták létre az ISA Műszaki Szabványosítási Bizottságát (Technical Committee on Standardization) azzal a céllal, hogy sztenderdeket és specifikációkat javasoljon a nemzetközi szervezeteknek (ISO/IEC/CIE stb.) és a megfelelő nemzeti szervezeteknek. Ezzel a lépéssel kívánják elősegíteni a szervezetek együttműködésén keresztül a technológia elterjesztését. A TSC élenjáró LED világítástechnikai cégek (Abilumi, Cree, OSRAM, NIST) szabványosítási szakembereinek irányításával évente kétszer ülésezik. Eddig tíz év alatt 20 munkacsoportban 12 szabványosítási ajánlást dolgoztak ki különböző műszaki, alkalmazási területre. A főbb kiemelt témák:

- e LED Recycling and Full Life Cycle;
- D Road Lighting Products in Cold Region;
- Research on the Index of Healthy and Comfortable Lighting;
- Recommendation on the Specification of Light Quality Performance Parameters;
- Recommendation on the Color Shifting of LED Lighting Product;
- n LED Lighting for Poultry Farm Application;

7. ábra. Az ISA tagintézmények és vállalatok logoi

- report of control protocols for LED smart home lighting;
- General technical specification of LED lamps and luminaires for plant lighting;
- Narrow Band Internet of Things technology based street lighting;
- LED Lighting System for Classrooms - Product Requirements and Testing Methods;
- r intelligent street lighting controller;
- Technical Specifications for Solar Street Light with Lithium Battery.

Az iparág és a fejlődő alkalmazási területek áttekintésével számos helyzetfelmérés, tanulmány, előrejelzés és orientáló trend-analízis jelenik meg az ISA kiadásában szinte éves szinten. Ezek:

- ISA Global SSL Industry reports
- Strategic Research Agenda (English version)
- Global Solid State Lighting Outlook 1(English version)
- Global SSL Performance Specification (English version)
- White Paper on LED General Lighting and the Blue Light (English & Chinese version)
- Global SSL Industry reports 2014 (English & Chinese version,)
- Global SSL Industry Status Report and Market 2015-2016 (focus on BRICS countries) (English & Chinese version)
- Global SSL Special Report 2017 (English & Chinese version) Volume 1: LiFi-the Catalyst for New LED Applications
- ISA has published the following reports:
- Applications of Solid-State Lighting to Horticulture
- Global SSL Industry Status Report and Market Trends 2018 (English & Chinese version)
- Global SSL Special Report 2019: Lighting for Healthy People and a Healthy Planet (English & Chinese version)
- Global SSL Special Report 2020: The Key Technology of DUV LEDs and Its Application in the Field of Sterilization and Disinfection (English & Chinese version)

Az ajánlások és felmérések az ISA tagok számára közvetlenül, érdeklődők számára megfelelő költség kifizetésével hozzáférhetők.

A szakmai promóció egyik fontos eszköze a teljesítmények erkölcsi elismerése, amit a szervezet a megfelelő pályázatokkal és azok értékelésével gyakorol. Az éves közgyűlések alkalmával, általában nagy szakmai grémium, az SSL China rendezvényen kerül sor a LED világítás kialakulásában, fejlesztésében és technológiai előrevitelében, valamint az alkalmazások kidolgozásában élenjáró személyiségek, úttörő hozzájárulások elismerésére. Számos nemzetközi kiválóság részesült a „Global SSL Award of Outstanding Achievement" elismerésben, melyre az ajánlásokat egy szakmai zsűri panel döntése alapján értékelik. Így az ISA kitüntetettje a Nobel Díjas Professor Shuji Nakamura (Blue LED inventor), Professor Nick Holonyak (Red LED inventor), Professor Ching Wan Tang (OLED inventor), Professor Magnus George Craford (Yellow LED inventor) and Dr. Jianlin Cao (Fomer Vice Minister, Ministry of Science and Technology, China).

A piaci résztvevők számára meghirdetett **„Global SSL Showcase Top 100 Award"** az első tíz év alatt 105 esetben olyan megvalósított, kiemelkedő megvilágítási projekteket díjazott, melyek hozzájárultak a technika általános elterjesztéséhez. Ezzel az ISA nagyon nagymértékben járult hozzá a piac bővüléséhez, környezeti tudatosság, az energiatakarékosság elterjesztéséhez, még akkor is ha jelenleg sokszor látványos, de pazarló város és objektum megvilágítási projektek vannak előtérben. Turisztikai látványosságként Kínában gya-

kori pl. egész hegyoldalak impozáns, de energiafaló díszvilágítása. A műszaki ajánlásokban, szabványosítási javaslatokban elsősorban a szilárdtest-világítás ökológiai lábnyomának csökkentésével, az élettartam növelésével, a fényminőség javításával a fenntartható fejlődést szolgálta.

Hazánk a TUNGSRAM úttörő technológiai újításai révén nagy múlttal rendelkezik a világítástechnikai eszközök gyártása területén. Ennek máig ható nimbusza van főleg az ázsiai országokban, ahol valamikor 5-10%-os részesedése volt a kiváló hazai izzólámpa termékeknek. Némileg talán ennek is köszönhető, hogy a cikk írója félvezető technológusként már a kezdetektől fogva részt vett az ISA közgyűlés munkájában, és a mára nemzetközileg is jegyzett ISA Tanácsadó Testületének tagja. Hazánkat az ISA tagjai közt az Energiatudományi Kutatóközpont Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Intézete (MFA) képviseli. A néhai Schanda János, a Pannon Egyetem nagy tekintélyű professzora több alkalommal tartott nagy érdeklődéssel kísért előadást az SSL China konferenciáin, és beszámolt többek között a Sixtus-Kápolna freskóinak színhű, korszerű LED-es megvilágítását megvalósító európai projekt tapasztalatairól. Az előadók közt szerepelt Poppe András professzor is a BME Elektronikus Eszközök tanszékéről.

Egy a Tateyama Kagaku japán céggel közös sikeres mezőgazdasági célú világítástechnológiai fejlesztésünkkel: *LED Lighting System for Plant Cultivation* az MFA is elismerést nyert 2014-ben. Ezt követően a japán ipari partnernél a felhasználói megkeresések ugrásszerűen megnőttek és számos üzletet kötöttek.

A fentiekben ezért próbáltam a hazai aktorok figyelmét felhívni az ISA szabványosítási ajánlások, a szervezet nyújtotta kapcsolatépítési lehetőségek és az évente kiosztott díjak, elismerések piaci promóciós lehetőségeinek kihasználására. Az aktuális eseményekről, pályázati lehetőségekről a szervezet honlapján tájékozódhatnak az érdeklődők: https://www.isa-world.org/

Irodalom

[1] Herrington G. Update to limits to growth: Comparing the world3 model with empirical data. J Ind Ecol. 2020; pp. 1–13. https://doi.org/10.1111/jiec.13084

[2] Aníbal De Almeida, Bruno Santos, Bertoldi Paolo, Michel Quicheron, Solid state lighting review – Potential and challenges in Europe, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 34, (2014) pp. 30-48, ISSN 1364-0321, https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.02.029.

[3] Haas,H., Elmirghani, J., and Haas, H. 2020 Optical Wireless Communication, Phil.Trans.R.Soc. A.; https//doi.org/10.1098/rsta.2020.0051

MEE Világítástechnikai Társaság

facebook.com/meevtt

Adatok Túry Pál (1894–1975) életéből

Kassán született 1894. január 20-án ikertestvérével, Rozáliával. Édesapját dr. Túry Sándort 1890. június 12-én nevezték ki a kassai törvényszékhez bírának, előtte Tapolcán volt albíró. Kassán született 1892-ben bátyja is dr. Túry Sándor Kornél, aki neves jogtudósként az MTA levelező tagja volt. Édesapját, saját kérésére, 1894. április 21-én, a budapesti törvényszékre helyezték át.

Fiatal koráról nem sikerült adatokat fellelni. Első szigorlatát a Magyar királyi József Műegyetemen gépészmérnöki szakosztályban 1915 tette le.

A budapesti műegyetem technológiai tanszékére 1916. november 1-től, 1918. augusztus 31-ig II. tanársegéddé megválasztották. A M. Kir. Vallás- és Közoktatásügyi Minisztérium megerősítette 1916. december 11-én. Éves fizetése 1400.- Korona és 800.- Korona lakáspénz. Második szigorlatát a gépészmérnöki szakosztályban 1917-ben tette le. A Műegyetem rektora a tanévnyitó beszédében említi: A szigorlatokon kitűnő oklevelet kaptak […] Túry Pál a gépészmérnöki osztályban. Érdekes adatot találtam a Magyar Textiltechnológusok Egyesületének 1917. évi szeptember hó 16-án, a Kir. József-Műegyetem mech.-techn. szertárában Rejtő Sándor udvari tanácsos, műegyetemi tanár elnöklete alatt tartott választmányi üléséről: „Elnök jelenti, hogy a legutóbbi választmányi ülésünk óta négyen jelentkeztek azon szándékkal, hogy Egyesületünk tagjainak sorába belépjenek, név szerint a következők: […] „Túry Pál műegyetemi tanársegéd, Budapest (ajánlja Bárány Béla titkár) […] rendes tagként való felvételüket kérik."

Előléptették I-ső tanársegéddé 1917. szeptember 1-től, 1918. augusztus 31-ig szóló időre. A miniszteri jóváhagyás 1917. október 26-án kelt. Második adjunktussá választották a mechanikai-technológiai tanszéken 1918. szeptember 1-től, 1919. augusztus 31-ig, jóváhagyva 1918. október 13-án. Adjunktusi kinevezést kapott 1920. szeptember 1-től 1920. augusztus 31-ig, amelyet a rákövetkező években megerősítettek és meghosszabbították 1921. augusztus 31-ig, illetve 1922. augusztus 31-ig.

Az Egyesült Izzó kutató intézetében 1922-től dolgozott. A Pfeifer Ignácz vezette intézményben folytatott anyagvizsgálati módszeréről számolt be 1924-ben írt „A Röntgen- (X-) sugarak újabb alkalmazási köre az anyagvizsgálatban" címmel. A cikk utal arra, hogy a röntgen segítségével az ötvözetek kristályszerkezete vizsgálható. A volfrám huzalok feldolgozásánál a megmunkálások és hőkezelések okozta újrakristályosodás nyomon követésére alkalmazható. Felvételt nyer a Budapesti Mérnöki Kamarába 1925-ben (lakása VII. Rákóczi út 8/a).

A Magyar Tudományos Akadémia 1938. június 20-án tartott ülésén a vendég előadóként a „Molybdénben oldódó nitrogén technológiai effektusa" címmel tartott előadást. Az előadót Bay Zoltán az akadémia levelezőtagja mutatta be. Az előadás anyaga a Matematikai és Természettudományi Értesítőben jelent meg.

Más fontos kutatás, fejlesztés területén is hozzájárult a vákuumtechnikai ipar magyarországi sikeréhez. A háború alatt stratégiailag fontos anyagok, így a molibdén és dumet fém huzalok is nehezen beszerezhetővé váltak. Ezekre a munkáira emlékezik vissza a gyár, és saját 75. születésnapján. „A második világháború idején a dumetdrótot

szállító külföldi cég, értesítést küldött, hogy többé ne számítsunk rá. Pedig ha dumetdrót nincs, mely a külső levegőtől zárja el a lámpa belsejét, nincs gyártás [...] – Aschner Lipót vezérigazgató odajött hozzám: – Túry úr! Három hónap alatt csinálja meg, különben leáll a gyár [...] – Éjjel-nappal dolgoztam rajta. Sikerült. Mire elfogyott a raktárkészlet, folytatódhatott a gyártás az új dróttal. A háború közepén, 1942-ben nagy dolog volt ez."

Nem tudni pontosan, mely tevékenységével vívta ki az elismerést, hogy 1944. március 15-én a Polgári Honvédelmi Ezüst Érdemkeresztet megkapta. A méltatás szerint „a honvédelem érdekében kiváló buzgalommal és áldozatkészséggel teljesített hasznos munkásságért" érdemelte ki.

A II. Világháború után a vállalat aligazgatói minőségben alkalmazta. 1951-ben a Magyar Népköztársasági Érdem Érem ezüst fokozatával tüntették ki, ekkor az Egyesült Izzó főmérnöke volt.

Az 1954. május 7-én az MTA Híradástechnikai Konferenciáján Millner Tivadar: Beszámoló a Wolfram területén végzett kutatásokról szóló előadásában méltatta azt a munkásságot, amelyet az Egyesült Izzó kutatói végeztek. Ebben az előadásban áttekinti az izzólámpákban alkalmazott wolframszál fejlődés történetét. Érdemes feleleveníteni, mivel a magyar kutatók dolgozták ki azokat az eljárásokat, amely a mai napig is a wolfram gyártás alapja. Egyesült Izzó újpesti telepén 1904-ben Just és Hanaman, (akik nem született magyarok) kidolgozták a wolframszál gyártás technológiáját. A technológiát az amerikai Coolidge 1908-ban tökéletesítette a fémporból zsugorított rudak 1500 C°-on történő kovácsolásával. Pácz Aladár (az Egyesült Államokban) felismerte, hogy adalékolással 1% alkáli és kovasav tartalmú fémporból már javítható az alakíthatóság, spiralizálható szál húzható. Eljárását 1917. március 22-én szabadalmazta, a C218 wolfram az izzólámpa teljes élettartama alatt behajlás mentes maradt. 1922–1932 között az Egyesült Izzóban is az adalékanyagok szerepének kérdése állott a kutatás és fejlesztés középpontjában, amelyet Túry Pál és Tarján Imre végzett, kidolgozták a Na, K, Si adalékos UC wolframot. Ennek tovább fejlesztését Millner Tivadarral 1928-ban kidolgozott GK wolfram jelentette. Szabadalmukban az adalékok az eddig használtak mellet az Al-ot is tartalmazzák. Mind a mai napig kutatják az adalékok szerepét és a gyártástechnológia folyamatos fejlesztése folyik.

A molibdén fejlesztés már a háború után vált égetően szükségessé. Ugyanis molibdén huzalra tekercselik a wolfram szálat, így készül a spirál, de a rádiócsövek rácsainak huzalja is molibdén huzal. az 1955-ös évben így emlékezik vissza „A magyar vácuumtechnikai ipar új távlatai" című cikkében: Az „Egyesült Izzó vezetősége ennek az évnek az elején bízott meg azzal, hogy munkatársaimmal dolgozzam ki a molibdén-huzalok hazai gyártásának technológiáját. […] Célunk az volt, hogy a hazai úton előállított huzal minél előbb kikerüljön a kísérletezés világából – a tömeggyártásba. Ezért munkatársaimmal – dr. Neugebauer Jenő, Vass Endre, Szalay Sándor, Mersva Imre és dr. Tiles Barnabás mérnökökkel – úgy határoztunk, hogy a kísérleteket és a tömeggyártásra való felfejlesztést úgyszólván egy időben, egymással párhuzamosan végezzük el. A gyárban a kísérlet céljaira értékes molibdénhulladék állt rendelkezésünkre. Ezt a hulladékot húsz év alatt gyűjtötték."

Az 1955-1956 években a tudományos életben, teret kapott a hazai wolfram kutatásról szóló beszámoló. A napi sajtó figyelme is az Egyesült Izzóra irányult, hiszen a magyar ipar egyik kiemelt, exportra is képes termékeket gyártott. A cég alapításának hatvanadik évfordulója is indokolta, hogy megemlékezzenek a cég, kutatásban, fejlesztésben elért sikereire, többek közt Túry Pál nevére.

Túry Pál 1956-ban a Kossuth díj II. fokozatát kapta, ennek kapcsán több szaklapban

jelent meg tudósítás érdemeiről. Az Újítók Lapja terjedelmes cikket szentel pályája leírására. A Magyar Híradástechnika az Izzóban 1922 óta végzet munkásságát méltatva „a legjobb minőségűnek elismert GK jelű wolfram anyag, valamint a dumet-fém gyártási technológiájának és a wolfram sav tisztítási módszerének kidolgozása" áll a felsorolásban. A Műszaki Élet egysoros fényképes hírt közölt.

A tóriumos wolfram megmunkálására Millner Tivadarral közösen kidolgozott eljárást 1957-ben szabadalmaztatta az Egyesült Izzó.

Szabadalmazták a rádiócsövek indirekt fűtésű katódjának fűtőtestét is.

Az Egyesült Izzó alapításának 75 éves évfordulója alkalmával A Munka Érdemrend arany fokozatával tüntette ki az Elnöki Tanács, és kiemelték a gyár történetében fontos szerepét.

A műszaki tudományok doktora címet, 1975 májusában kapta: „Az izzólámpák és rádiócsövek gyártásában használatos fémek technológiájának egyes kérdései" című műszaki alkotás leírása alapján. Opponensei: Barta István levelező tag, Szigeti György rendes tag, és Stefán Mihály a műszaki tudományok doktora voltak.

Haláláról szóló hírt lehozta az Amerikai Magyar Népszava is, 1975. július 4-én Halálozások rovatában mindössze „Túry Pál a műszaki tudományok doktora;" közléssel.

A tudományos kutatás területén végzett munkáját méltatták a II. világháború előtti nagy vállalatok K+F tevékenységét elemző „Dobó Andor: A kutatás és fejlesztés gondjai visszapillantó tükörben" című cikkben. Túry Pál neve is szerepel a Pfeifer Ignác által az Egyesült Izzóba az egyetemről toborzott munkatársak közt. Részletesen taglalja a munkásságukat fémjelző eredményeket, köztük „A volfrám minőségi javítása, a csökkentett szennyezésű nagykristályos volfrám-izzószál kikísérletezése Millner Tivadar és munkatársai Tarján Imre és Túry Pál nevéhez fűződik."

Sajnálatos, hogy neve kissé hátra sorolódott, nagyobb szakmai karriert befutó kollegái elhalványították érdemét. Ez jól kiolvasható Prohászka János: Millner Tivadar 1899-1988 halálakor írt megemlékezéséből.

Az adatok áttekintése után ide kívánkozik két megjegyzés. Az egyik a személyes indíttatás, miért szenteltem időt Túry Pali bácsi emlékére folytatott kutatásra. Kezdő technikus koromban a rádiócsövek egyik alkatrészének, a rácsgyártásának technológusa voltam. A rácsok huzaljai molibdén huzalból készültek és ahhoz, hogy a megkívánt szilárdságot visszanyerjék, a kész rács huzaljait feszítéssel keményítették fel. Valami oknál fogva, a molibdén huzal, a szokásos feszítés mellett, ridegen törékennyé vált, elpattant. Miután kifogytunk az ötletekből „elzarándokoltunk" Túry bácsihoz tanácsért. Azt javasolta, csináljunk egy 800 C°-os hőkezelést 5 %-os formáló gázban (95% hidrogén és 5% nitrogén). A kísérletet elvégeztük, aminek „eredményeként" szinte felrobbantak a rácsok. Ezzel a hírrel kellett

volna visszamenni Túry bácsihoz, immáron egyedül, mert a rosszhírvivő szerep nem hálás. Felkészülésképpen az Izzó műszaki könyvtárában (ilyen is volt!), keresgéltem irodalmat. Örömömre a 30-as évekből találtam egy tanulmányt, melyben a volfrámra és molibdénre „méregként" ható nitrogén atomok beépülését ecsetelte a szerző, Túry Pál. Boldogan mentem az írással Pali bácsihoz, hiszen nem nekem kellett a sikertelenséget magyarázni. Ekkor tájt szervezték a Tungsram 75 éves, tudományos konferenciával egybe kötött születésnapját. Erre az alkalomra Túry Pál ezt a tanulmányt is bele szőtte előadásába.

A másik említésre méltó dolog, hogy dr. Túry Pál munkásságát hogyan becsülte meg az Egyesült Izzólámpa és Villamossági Rt. (EIVIRT) vezetősége, kiemelve Dienes Béla vezérigazgató személyét. Túry Úr, műszaki vezérigazgató helyettesi státuszban dolgozott, szinte élete végéig. A cég gondoskodott a személye körüli feladatok ellátásáról, ehhez egy titkárnő, gépkocsivezető (vállalati autóval) és egy „postázó" (a napi beszerzések, apró feladatok ellátására) állt rendelkezésére, biztosítva ellátását és munkáját segítve. Mielőtt bárki is megütközne, és elítélné ezt a „kiszolgálást" ne feledje el, hogy részese volt annak a munkának, ami a TUNGSRAM nevet világhírűvé tette, s gondoljunk arra, hogy más területen (sport, művészet, stb.) is kiemelt gondoskodást kapnak a kiemelkedő teljesítményt elért személyek.

Felhasznált irodalom:

Kassai református egyház anyakönyve. 32. lap.
Budapesti Közlöny, 1890, 1894. 1925, 1944 évi számai.
Hivatalos Közlöny 1915, 1917, 1918, 1920, 1921, 1944, évi számai.
Építő Ipar - Építő Művészet, 1917 évi száma.
Fonó-Szövő-Ipar, 1917 évi száma.
A Magyar Mérnök- és Építész-Egylet Közlönye 1924 évi száma.
Akadémiai Értesítő, 48. kötet 1938. évfolyam.
Mathematikai és Természettudományi Értesítő, 57. kötet, 1938.
Ország-Világ, 1971. évi szám.
Központi Értesítő, 1945. évi száma.
Magyar Közlöny - Hivatalos lap, 1951. évi száma.
A MTA műszaki tudományok osztályának közleményei 16. kötet (1955).
http://fizikaiszemle.hu/archivum/fsz9205/mi9205.html
Magyar Nemzet, 1955. évi száma.
Szabad Nép, 1956. évi száma.
Újítók Lapja 1957, 1961 évi számai.
Magyar Híradástechnika, (7. évfolyam) 1956évi száma.
Műszaki Élet, 1956, 1957, 1961, 1971 évi számai.
Magyar Tudomány – A MTA Értesítője, 1975, 1984, 1989 évi számai.
Amerikai Magyar Népszava, 1975. évi száma.

MEE Világítástechnikai Társaság

facebook.com/meevtt

Fényéveim
Életem a villamosiparban

– Láng Antal –

1934. XII. 2-án születtem Baján, ott érettségiztem a III. Béla Gimnáziumban (reál) majd a Budapesti Műszaki Egyetem Villamosmérnöki Karán Erősáramú műves szakon végeztem.

1958-ban a Műszaki Egyetem elvégzése után az ÉDÁSZ, Győri Üzletigazgatóság Mosonmagyaróvári Üzemvezetőségén kezdtem el dolgozni üzemmérnöki beosztásban. Kis- és nagyfeszültségű (35 kV-ig) hálózatok, transzformátorállomások (kapcsoló állomás) tervezése, létesítése és üzemeltetése volt a feladatom. Az üzemvezetőség hálózatszerelő csoportja részére készítettem terveket és azokat kiviteleztük. A gyárak villamos berendezéseit a szabványosság szempontjából felülvizsgáltuk, később az már nem volt feladatunk, viszont a kisiparosok munkáját (belső villanyszerelés) ugyancsak ellenőriztük és segítséget adtunk nekik. 1960-ban a város nagyobb központi pénzösszeget kapott, mint határváros a közvilágítás-fejlesztésére, a főútvonalakat fénycsővel világítottuk meg, akkor kezdtem el a közvilágítás tervezésével, létesítésével külön foglalkozni.

Az Elektrotechnikai Egyesületnek 1962 óta vagyok tagja, a győri területi szervezetben rendszeresen vettem részt az előadásokon és én is beszámoltam többször az üzemi tapasztalatokról.

1960. januárban megjelent a NIMSZ 214-59 közvilágítási szabvány, amely sokat segített a tervezési és létesítési munkákban.

1965-ben üzemvezető lettem a Magyaróvári Üzemvezetőségen 1970-ig.

1970-ben a vállalatot átszervezték, az üzemvezetőség helyett két kirendeltség alakult a városinak lettem egy évig a vezetője. A kirendeltségi szint már nem követelt mérnöki képzettséget, ezért vállalati javaslatra Tatabányára kerültem szerelési osztályvezetőnek, majd fél év múlva Esztergomba ugyancsak hálózatszerelési osztályvezetőnek, ahol 1975-ig dolgoztam. Az osztálynak volt egy tervező és egy kivitelező csoportja. Így a tervezési és kivitelezési munkákban még jobban elmélyültem, mint az üzemvezetőségen. Közben megalakult az Energia Felügyelet szervezésében az Egyesület Világítástechnikai Bizottságán belül a Közvilágítási munkabizottság, amelynek alapítása óta tagja vagyok. Az összejövetelek Budapesten a Világítástechnikai Állomáson voltak, ezeken rendszeresen megjelentem és 1970-től minden évben vidéken 1-1 helyen kihelyezett ülés van, ahol segítséget ad a bizottság a közvilágítási feladatok ellátásához. A bizottság tanulmányokat készít, és ezeket eljuttatja tervezőknek, üzemeltetőknek. Ezeknek a készítésében részt veszek. (pld. a közvilágítási berendezések karbantartási kérdései 1974. útvilágítás mérési segédlete 1987.)

1975-ben Budapestre kerültem a MÉLYBER Vállalathoz, ahol mint beruházó villamos műszaki ellenőr dolgoztam. 17 éves üzemi, gyakorlati, tervezési ismereteimnek itt hasznát vettem. Nagy munkák indultak meg a Fővárosban, utak, hidak átépítése, ezzel kapcsolatban a világítás, díszvilágítás, kis- és nagyfeszültségű kábelek, szabadvezetékek, transzformátorállomások átépítése, a tervezés felülvizsgálatától a kivitelezés ellenőrzésén keresztül az átadásig. 1978-tól a Fővárosi Közterület-fenntartó Vállalatnál mint a MÉLYBER jogutódjánál dolgozom, mint villamos létesítményfelelős.

Nagyobb kiemelt munkák: E5-ös út, (sosroksári), 11-es út, BAH csomópont – Alkotás u – Mártírok útja, Irinyi –Schönherz u, Hősök tere, az összes Duna – híd, legutóbb a Lánchíd és Alagút köz- és díszvilágítása, a belső berendezések teljes átépítése.

Ezen kívül nagyon sok kisebb munka.

1985-től a létesített közvilágítás mérését végezzük az Ipari Miniszter rendeletének megfelelően. A méréseket a VEIKI vég-

zi, ezeken részt veszek. (megvilágítás- és fénysűrűségmérések) A VEIKI útvilágítási szabadtéri laboratóriumot épített ki, annak szervezésében, a mérések végzésében részt vettem.

Az utak létesítése, anyagának minősége, világos sötét, stb. lényeges a fénysűrűség méréseknél, ezeket rendszeresen kiértékeljük a VEIKI-vel.

A villamosberendezések létesítésével, karbantartásával foglalkozó kisszervezeteknél, szövetkezeteknél felmerült a szakmai továbbképzés, a szakmai szabványok ismerete, konkrét igény esetén, miután megkeresnek segítséget szoktam adni.

1989-ben villamos műszaki szakértő lettem az Ipari Minisztérium igazolásával.

Munkáim:

1. 1962. Mosonmagyaróvár fénycsöves közvilágítás tervezése, kivitelezése
2. 1975-től hidak, utak felüljárók, váralagút, aluljárók világítási berendezések létesítése, tervek bírálata
3. BAH csomópont - Hegyalja út,
4. 11-es út,
5. Soroksári út,
6. Hősök tere köz- és díszvilágítás,
7. Váralagút,
8. Lánchíd,
9. Lágymányosi híd köz- és díszvilágítás
10. többi híd közvilágítás
11. A hidakon a hajóút-világítási lámpák lecserélése LED-es világítási lámpákra

Részvétel minden közvilágítási Ankéton az első 1970-es Szegedi Ankéttól kezdve.

Jelenleg már nyugdíjas, de ha a körülmények engedik, állandó résztvevője a konferenciáknak, szemináriumoknak.

ÉPÍTSEN A SZAKTUDÁSRA!

Legyen a Világítástechnikai Társaság tagja!

Amire számíthat:

- jelentős kedvezmény a részvételi díjakból
- kivételes hangulatú szakmai rendezvények
- színvonalas továbbképzések

Tájékozódjék honlapunkon, keressen minket elérhetőségeinken:

Világítás Háza - 1042 Budapest, Árpád út 67.

www.vilagitas.org

+36 30 537 98 97

Mit jelent számomra a világítástechnika?

– Bengyel Gyuláné –

Híradásipari technikusként a Veszprémi Bakony Műveknél kezdtem dolgozni, ahova az NB I-es – élvonalbeli - kézilabda csapata leigazolása által kerültem. „Testhezálló" feladatként kismegszakítók termikus kioldójának beszabályozását, mérőműszeres ellenőrzését végeztem. Ez olyan monoton, unalmas munka volt, hogy majd leszédültem a székről.

Pár nap múlva a Villamos Kísérleti Laborba helyeztek, ahol akkor indult a Zsiguli (VAZ 2107) program autóvillamossági termékeinek a tesztelése, tartampróbája, sorozatgyártása. Kürt, ablaktörlő motor, gyújtáselosztó, gyújtáskapcsoló. Az én termékem a gyújtáskapcsoló volt, ehhez terveztem mérőgépet, amelyet a gyártás folyamán a végellenőrzésnél használtak. Itt igazán nem lehetett unatkozni, mindig akadt váratlan esemény, amikor be kellett avatkozni, meg kellett oldani.

Jöttek a szovjet szakemberek és Ők is tesztelték pld. a kürtöt: felhevítették majd beledobták a jeges vízbe. Nem bírta ki. A szállítási kötelezettsége megvolt a gyárnak, így Olaszországból a Magnetti Marellitől hozattuk be az előírt mennyiséget, majd kiküldtük a szovjet autógyárba.

Pár év múlva a házasságom révén kerültem Nyíregyházára az Agrober Beruházási és Tervező Vállalathoz a Tervezési Osztály Villamos csoportjába.

Levelező tagozaton villamos üzemmérnöki diplomát szereztem a Kandó Kálmán Műszaki Főiskolán, majd szintén ugyanitt Világítástechnikai szaküzemmérnök diplomát 1989-ben. Tanáraim Dr. Borsányi János, Dr. Lantos Tibor, Dr. Horváth József, Jáni Józsefné, Valika, akik már sajnos nincsenek köztünk, de Poppe Kornélné, Magdika, Némethné Vidovszky Ágnes dr. is a tanáraim voltak.

Eleinte, elsősorban a megyei mezőgazdasági beruházások gabona- feldolgozó/ szárító, dohányszárító, sertéstelep, szarvasmarha telep, fejőház, Brojlercsirke telep, almalé üzem, hűtőtároló, húsüzem stb. technológiájához és kiszolgáló épületeinek a teljes körű elektromos tervei készítésében vettem részt, beleértve a technológiai elektromos terveket, energiaellátást, elosztóhálózatot, valamint a belső terek és a külső térvilágítási terveket is.

Tervezői majd vezetőtervezői (1986) minősítést szereztem.

Itt találkoztam olyan feladatokkal is,

- amikor a mesterséges világítást nem a látáskomfort kielégítésére használtuk, hanem például a Brojler csirke/ tyúk tojáshozama növelésére. A sötét és világos periódusokat, a természetes világítással szemben felgyorsítva, a megvilágítás szabályozásával, a baromfit így becsapva, több tojást produkált.
- A másik, amikor a növények növekedését és terméshozamát lehet mesterséges fény segítségével befolyásolni. A 70-es évek közepe táján volt, amikor a nyíregyházi Mezőgazdasági Főiskola kezdett ilyen kísérletbe, és az igazgatóm kért meg, hogy segítsek ebben. Különböző színhőmérsékletű fénycsöveket egy függőlegesen mozgatható keretbe helyezve a távolság változtatásával, a megvilágítás szintje is változott. Egy-egy keretbe több azonos színhőmérsékletű fénycső került. F3, F34, F7 stb. Paradicsom és paprika palánták voltak a kísérleti növények és szignifikáns változások történtek a növekedésben, szárerősségben, levélszínben.

Ma már lehet válogatni növényházi célra speciális fénycsövekből vagy Led-es lámpatestekből, attól függően, hogy a tulipánok virágzását vagy a paradicsom érlelését befolyásolják.

Később a megyébe több helyre terveztünk óvodákat, iskolákat, társasházakat, raktárházakat, bevásárló központokat, ABC-t vagy Posta-műszaki épületet, határátkelő állomást, közvilágítási hálózatot stb.

A 80-as évek közepe táján néhány településen a meglévő közvilágítási berendezések korszerűsítését is terveztem. A hálózaton lévő higanylámpás lámpatesteket (előfordult még izzólámpás, zománcos tányérú lámpatest is) a szerelvények cseréjével, nátriumlámpával lehetett üzemeltetni, amennyiben a lámpatest megfelelő állapotban volt. Ezáltal jobb hatásfokú, hosszú élettartamú, fényáram-csökkenésnek kevésbé kitett és kisebb teljesítménynyel működő berendezéseket kaptunk. A meglévő hálózat állapotának teljes körű felmérése után, a javasolt korszerűsítés az energia-megtakarításból elvégezhető volt, kedvező megtérülési idővel.

Az EKA és az ELCO a lámpatesteihez átszerelő készletet is forgalmazott. Ezek mind más-más tudást és felkészültséget igényeltek. A Gergely Pál világítástechnikai könyvei, a szabványok előírásai, a tervezési segédletek, műszaki előírások, gyártók és termékeik ismerete, előadások, kiállítások és természetesen a világítástechnikai szakmérnöki oktatás segítették, hogy az állandóan változó feladatokat meg lehessen oldani. Az Energiafelügyelet, az EKA Fénylabor és a gyártók is sok segítséget adtak.

A rendszerváltással a vidéki munkahelyek többségében megszűntek. Felszámolták a mi tervező irodánkat is. Munkanélküliség volt minden területen. Önkormányzati megbízásként kaptam néha közvilágítási tervező munkát, de nem voltak akkoriban nagyobb beruházások. Még ebben az időszakban sok gyalogátkelő megvilágítás tervezésem is volt. A meglévő hálózat többnyire higanylámpás volt, így egy jó kiemelő világítást lehetett létrehozni a sárga fényű nátriumlámpákkal. Vasúti kereszteződésnél a MÁV szabványt is tanulmányozni kellett, hogy pld. milyen színű világítás, milyen távolságban lehet, hogy ne tévessze meg a mozdonyvezetőt.

Az Ártándi határátkelő-állomás komplett felújítási- és bővítési tervei 1993-ban készültek. 12 db okmányellenőrző- és vámos fülke telepítés és kiszolgáló épületek. A terület nagysága adott volt, itt nem fértek volna el oszlopos lámpatestek így 3 db MODULO típusú, 25 méter magas, leereszthető koronás fényvető oszloppal oldottam meg a térvilágítást. Így a fényforráscsere és karbantartás is kosaras darus kocsi nélkül elvégezhető lett. 2-2 oszlopon 12-12 RT4 fényvető volt, 1000 W-os TCF nátriumlámpával, a 3.-on 9 db-al. A fényvetők beállítását és a megvilágítási értékeket Major Gyula futtatta le számítógépen. Ilyen oszlop akkor még csak Feri-hegyen és a Budapesti buszpályaudvaron volt. Olyan jól bevált ez a megoldás, hogy a Vám- és Pénzügyőrség az ezután következő határállomásoknál is ezeket építtette be. Folyamatos tervezési feladatok nem voltak és ezt a bizonytalanságot megunva pályáztam meg a Dunántúlon lévő egyik Philips cég vezető beosztását. A feladatom az autórádió- és CD váltó gyártás Franciaországból való idetelepítése, gyártás beindítása, mérnökség vezetése, majd a gyár üzemeltetési feladatai.

A helyes világítás kialakítására itt is ügyeltem!- mert a gyártócsarnokot korszerű általános világítással és a szerelősorokat helyi világítással is el kellett látni.

5 év múlva elvitték a gyártást Kínába (elsőként mentek el tőlünk), mert ott még nálunk is olcsóbb volt a munkaerő.

Ezután a Lisys Fényrendszer Rt-nél kezdtem dolgozni újra tervezési területen. A műemlék épületekkel, templomokkal ekkor kerültem kapcsolatba. Rögtön, Kőszegen

1. ábra. Gyügye ref. templom esti megvilágításban

15-19 műemlék épületet, templomot, szobrot, vár- és várfalat stb. kellett díszvilágítással és villamos-energiával ellátni. Szép feladat volt.

A következő munka az Esztergomi Főszékesegyház Bazilika díszvilágítása, amely munkában részt vettem. Összetett, változatos, kemény munka volt. A végeredmény a Dunán hajókázva is élvezhető.

2002-ben a Gazdasági Minisztérium pályázatot hirdetett 50 műemlék templom külső díszvilágítási beruházási költségeire, de a templom fenntartójának vállalni kellett a fenntartási, üzemeltetési és karbantartási költségeket. 15-16 tervezésében vettem részt, a Nyugati határtól, a Szentgotthárdi Ciszterci Templomtól a Keleti határ - közeli kis településen lévő különleges, kis falusi, XIII. századi Gyügyei Református templomig, ahol Haász Ferenc is közreműködött. A Gyügyei ref. templom Europa Nostra díjat nyert a magas szintű építészeti /műemlék/ helyreállításért 2004-ben (építész: Kaló Judit ÁMRK).

Rövidesen az Állami Műemlékhelyreállítási És Restaurálási Központhoz kerültem (ÁMRK majd KÖSZ majd NÖKM lett a neve.) Kastélyok, várak, templomok belső világítása és külső díszvilágítása, elektromos hálózat, padfűtés, villámvédelem stb. terveit készítettem. Mind-mind igényelt valami egyedi, különleges megoldást.

Kastélyok:

Fertőd, Esterházy kastély belső díszudvari homlokzatok díszvilágítása:

A tervek elkészítését megelőzte - a Megrendelő, Üzemeltető és Tulajdonos, Projectmanager valamint neves építészek beleértve a rekonstrukciót tervező építészt, művészettörténész bevonásával - különböző hatású próbavilágítás bemutatása.

Közös döntés született, hogy milyennek szeretnénk látni a megvilágított épületet, ismerve a kastély történetét, figyelembe véve a már elkészült udvari szökőkút és a kétoldalt lévő épületrészen lévő 1-1 szökőkutat. A tervek ez alapján készültek.

A homlokzatok a rekonstrukció után nem sárga, hanem az Eszterházy „Fényes" Miklós idején alkalmazott fehér színű lett. A főhomlokzat erősebb fényárvilágítást kapott nátriumlámpákkal, hogy a tekintetet oda vonzza.

A kétoldali karéj épületei - a bejárati kapuig - enyhébb fényárvilágítást szintén nátriumlámpákkal. A főhomlokzat áttört attika falát fehér színű xenon lámpás vonalsugárzókkal emeltem ki. Az itt lévő szobrokat az attika takarásában elhelyezett kis fémhalogén fényvetőkkel világítottam meg.

A Belvedere homlokzati áttört attika kiemelésére szintén xenonlámpák kerültek fel.

A timpanont és a rajta lévő szoborcsoportot a xenonlámpás vonalsugárzóval és kisteljesítményű fényvetők megfelelő elhelyezésével lehetett kiemelni.

A további részek megvilágítását nem részletezem. Sajnos a kivitelező megváltoz-

tatta a timpanon fölötti világítást így a szoborcsoport nem emelkedik ki, viszont ott van két erőszakos fényfolt, ami megbontja a harmóniát. Más helyen is változtatott, ami hátrányosan mutatkozott a homlokzaton. Abban az időben a tervezői művezetés nem volt kötelező a kivitelezés folyamán. (Most láttam az Interneten egy másik fényképet, ahol a főhomlokzat más megvilágítású, sötét „foltos", talán a most divatos dinamikus világításnak mondható.)

Ez nem illik a pompát, ragyogást kedvelő Esterházy „Fényes" Miklós épületéhez. Különösen igaz ez, ha még azt is figyelembe vesszük, hogy az utóbbi időkben megújult belső terek is elegánsak, gazdagságot, fényt árasztanak.

Az én véleményem, hogy ezt az épületet egyben kell megmutatni mintha nappali világításban látnánk és nem széttördelni.

Műemlékekkel foglalkozó művészettörténész véleményét is meg kellene kérdezni a műemlékek világításánál és nem dinamikus, főleg színes világítással ízléstelenné, hivalkodóvá tenni.

A Körmendi Batthyány kastély összes épületének a rekonstrukciós tervezésénél én voltam az elektromos tervező beleértve a világítást is. A megvalósításra akkor nem volt pénz, de nemrégiben a mi terveink felhasználásával vagy részbeni felhasználással a főépület és a színházterem elkészült.

A másik különleges, nagyszabású munka a műemléki Pécsi Nick udvar kb. 4000 m^2 Zsolnai Vilmos I. árucsarnoka volt, Zsolnai kerámiákkal díszítve, kékfestő mintákkal ellátott helyiség további értékekkel, amelyet az Európa Kulturális Fővárosa 2010 tiszteletére akartak helyreállítani. A tervek elkészültek, megfeszített munkával, de kivitelezésre akkor nem kerültek, elsősorban anyagi okok miatt. 2013-ban részben újították fel.

Várak:

A várak, amelyeket terveztem, új funkcióval ellátott belső terei speciális megvilágítást igényelnek, a külső díszvilágításnak a kialakított világítási koncepción kívül még környezetvédelmi szempontoknak is meg kell felelni.

Pár példa:

A Füzéri vár díszvilágítás tervezésénél például figyelembe kellett venni az alsó bástya világításánál, hogy a mesterséges fény hullámhossza befolyásolja a környéken élő vetési bagolylepkék és más éjszakai vándorlepkék útvonalát. A fényvetők magukhoz vonzzák és megégnek, vagy zsákmány állattá válnak.

2. ábra. Füzéri vár Déli oldal látványterv.

Ennek megakadályozására szükséges volt olyan fényforrásokat alkalmazni, amely 500nm-nél nagyobb hullámhosszúságú fényt bocsát ki, így nem vonzza olyan nagymértékben a rovarokat, hogy elpusztulnának. E miatt az alsó bástya világítását LED-es fényvetőkkel terveztem, ennek az üvegfelülete nem hevül fel és élettartama akkor kb. 60.000 óra volt. Igaz, hogy drága, de az előzőkön túlmenően még nehezen hozzáférhető helyeken

is voltak, és jól jött, hogy kevés karbantartási beavatkozást igényel.

A Rezi várnál szintén környezetvédelmi okok miatt született, akkoriban szokatlannak minősülő megoldás. Natura 2000-es területen nem vezethettünk se szabadvezetéket, se földkábelt, így napelemek elhelyezésével biztosítottuk a kiállítótermek világításához szükséges villamos energiát.

A Cseszneki várról is tudnék mesélni.

Kisnánai vár:

Népi ház, Öregtorony, Palota, Bortrezor, Gazdasági épület.

Korabeli kiállítások, várjátékok, rendezvények. Ennél a várnál volt pld. egy földbe süllyesztett, nagyterű, többfunkciós helyiség is alacsony belmagassággal és az építész ellátta több függőleges fa bordával, amelyek a mennyezeten is keresztül mentek. A világítást a falba süllyesztett, mennyezetre irányított falmosókkal oldottam meg. Így a mennyezetről visszavert diffúz fény, jó egyenletességű megvilágítást eredményezett és az építész alkotása is érvényesült.

Kisvárdai vár:

Kiállítótermek világítása, színpadi előadásokhoz szükséges elektromos és világítástechnikai feladatok, díszvilágítás.

Budapest Nagyboldogasszony (Mátyás) templom helyreállításának tervezésénél az ÁMRK a gyegeáramú- és erősáramú elektromos munkák koordinálásával, programterv, engedélyes terv és a templom díszvilágításával bízott meg. 2-3 hónapi munka után családi okok miatt itt kellett hagynom a céget majd pár hónap múlva tértem vissza.

Még számos vár, templom, múzeum, műemlék épület elektromos- és világítás tervét készítettem.

Visszatekintve az elmúlt évtizedekre mindig igényes, változatos, kihívásokkal teli munkáim voltak.

Folyamatos tanulás, kitartás, együtt haladás a technikai fejlődéssel. A világítástechnika a fényforrások, tényleg fénysebességgel változnak, magukkal hozva a kapcsolódó termékek fejlődését is.

Felelősség, hogy hogyan mutatunk meg egy épületet a fény segítségével. Hogyan hat az épített és emberi környezetre? A mai felpörgetett, rohanó világban hogyan hat az emberek hangulatára, megnyugtató vagy felzaklató?

Örülök, hogy a munkáim része lett a világítástechnika, különösen a műemlékek világítása és lehet, hogyha újra kéne kezdeni, akkor is ezt választanám. Próbára tett, de sok sikerélményt adott.

Vegye igénybe mérőműszereinket!

Bérelhető a VTT kalibrált fénysűrűségmérő műszere

- **akár közvilágítási,**
- **akár beltéri alkalmazások mérésére.**

Érdeklődjön honlapunkon, vagy

keressen minket elérhetőségeinken:

Világítás Háza – 1042 Budapest, Árpád út 67. – + 36 30 537 98 97

www.vilagitas.org

„Neonfényes Budapest" – a fényreklámok technikája, múltja, és egy tévedés leleplezése

– Horváth Péter –

Amikor a nem szakmai médiában bármiféle anyag megjelenik az egykori neonreklámok témájában, szinte sosem felejtik el megemlíteni az egyébként kiváló táncdalénekes, Németh Lehel híres slágerét, a „Neonfényes Budapest" című dalt. A köztudatban a két fogalom összekapcsolódott, bizonyára a korabeli neonreklámok megjelenése motiválta a sláger szerzőjét – gondolja ezt az átlagpolgár.

Ilyen bevezető után a Kedves Olvasó bizonyára már gyanítja, hogy ez talán nem teljesen így van, ráadásul mivel ez az írás elsősorban a villamosiparban, világítástechnikában érdekeltek számára készült, ezért nem a máshol megszokott bulvár-felületességgel járhatjuk körül a témát, hanem szakmai oldalról közelítjük meg a lényeget.

A fiatalabb korosztályba tartozó szakemberek részére különösen érdekes lehet a neoncső – becsületes nevén a nagyfeszültségű hidegkatódos fénycső – története és működési elve, mivel ők már a mindennapi gyakorlatban aligha találkoznak ezzel a fényforrással, és a hozzájuk tartozó működtető-egységekkel. A téma iránt érdeklődők számára nehézkes, vagy éppen lehetetlen a régi szakirodalom beszerzése, az interneten fellelhető információk jelentős része pedig szakmailag inkorrekt, színvonalában is kifogásolható.

A neoncsövek története tulajdonképpen a tizenkilencedik század és a huszadik század fordulójára vezethető vissza, egészen pontosan a gázkisülések tanulmányozásával foglalkozó egykori fizikusok munkájára. Sir William Crookes, Lénárd Fülöp, Nikola Tesla stb. kísérletei hamar közismertté váltak, és a tudósok eredményei lassan átszivárogtak a polgári élet mindennapjaiba is.

Az akkor már létező izzólámpagyártás szükségszerűen hozta magával a vákuumtechnika fejlődését, és az eredményes munkához elengedhetetlen üveg-félgyártmányok iparszerű előállítását, így a gázkisüléses jelenségek fénykeltésre való felhasználásának a technikai bázisa nagyjából már megvolt.

Reklámvilágítás céljára már igen korán elkezdték az ún. Moore-féle csövek gyártását, amely viszonylag nagy átmérőjű átlátszó üvegcsövekből összeállított felirat, ábra stb. lehetett a megrendelő kívánsága szerint. Töltése széndioxidgáz volt, amelyet egy különleges szeleprendszeren keresztül akár üzemeltetés közben is lehetett – és gyakran kellett is! – pótolni. A többnyire szénből, vagy valami egyszerű fémből készült elektródokat a gázkisülés és a széndioxid együttes hatása hamar kikezdte, ezeket gyakran cserélni kellett. A kész berendezés üzemeltetése nehézkes és költséges volt.

A szakemberek természetesen már akkoriban is tisztában voltak avval, hogy a már ismert nemesgázok ideálisnak tekinthetők gázkisülési csövekben történő használatra, azonban ezek a nemesgázok még nem voltak beszerezhetőek, mint kereskedelmi cikkek – a kísérletező kémikusok, fizikusok minimális mennyiségben állították elő, kizárólag tudományos célú felhasználásra

A helyzet jelentősen megváltozott, mikor a francia Georges Claude, és a német Carl von Linde nagyjából egyidőben, ám egymástól függetlenül megoldották a levegő cseppfolyósítását, és összetevőinek frakcionált szétválasztását. Ennek eredményeképpen az eljárás során már ipari méretekben – és az elvárható tisztaságban - lehetett kinyerni a két nagyon fontos nemesgázt, az argont és a neont, amelyek innentől gyakorlatilag bárki számára megfizethető áron

hozzáférhetővé váltak. Ma is az említett eljárások korszerűsített változatait használják az ipari gázok előállítására.

Claude jó érzékkel felismerte a gázkisüléses csővel működő reklámfeliratok elterjesztésével várható üzleti lehetőséget, így kidolgozta még a hidegkatódok (elektródák), és az üzemeltetéshez szükséges szórótranszformátorok technológiáját is. Számtalan kísérlet eredményének felhasználásával a világ fejlettebb országaiban sikerült egyéb jelentős fejlesztéseket is elérni, így például az argongázba adagolt higany felhasználása, valamint a különféle fényporok kifejlesztése. Ekkortájt, tehát nagyjából az 1930-as években vált ketté a napjainkban is kézműves módszerekkel, egyedileg készített hidegkatódos reklámcső, és a gazdaságosan csak nagyipari módszerekkel gyártható, világítási célú melegkatódos fénycső gyártása. A neoncső múltjának klasszikus korszaka innentől lezárult.

Most ismerkedjünk meg az egykori (ha jól emlékszem, 1996-ban megszűnt) Fővárosi Neonberendezéseket Gyártó Vállalat által készített neoncsövek technológiájával, paramétereivel. Azért választottam ezt a valaha nagyszerűen prosperáló szakvállalatot, mert közvetlenül a megszűnésük előtt lehetőségem volt többször is felkeresni Szövetség utcai telephelyüket, láthattam „élőben" az üvegtechnikusok munkáját, valamint a Fénymúzeummal kapcsolatos munkálataim során az FNV termékeivel igen gyakran van dolgom. Jó tudni, hogy a főbb „neonos" alapelvek és technológiák mindmáig nemigen változtak, inkább csak a felhasznált anyagok, fényporok korszerűsödtek. A korabelihez képest más választék van mind nyersanyagokból (félgyártmányok), mind pedig az üzemeltetéshez szükséges segédberendezésekből, de az alapelvek, és az elkészítés módszerei majdnem változatlanok.

Feltételezvén, hogy az Olvasó ismeri a közönséges melegkatódos standard fénycső, és a szóró-transzformátorok működési elvét, ezért az ezekkel kapcsolatos konkrét részletekre nem térek ki.

Mi kell a neoncsőhöz?

1. Kell először is üvegcső, amiből a leggyakoribb átmérők a következők: 8 mm és 10 mm, 15 mm, 18 és 20 mm. Ez a három méretlépcső, amelyek legjobban beváltak, ezeknél kisebb vagy nagyobb átmérő előnytelen, mert vagy a formára munkálással lesznek gondok, vagy a kész cső villamos paramétereivel. Vagy akár mindkettővel. A nyers üvegcsövek többféle hosszban kaphatók, általában másfél, kettő, vagy háromméteres szálakban. Az üveganyag lehet közönséges nátronüveg, magnéziaüveg (ablaküveg) ami olcsó. Lehet ólomüveg amit nagyon könnyű megmunkálni, de hő hatására feketedik, utólagos folysavas tisztítást igényelhet. Külföldön van, ahol keményüveget (bórszilikát üveg) elterjedten használnak neoncső készítéshez, ezek nagyon tartósak, időjárási szélsőségeknek ellenállóbbak, megmunkálásuk azonban jóval nehézkesebb.

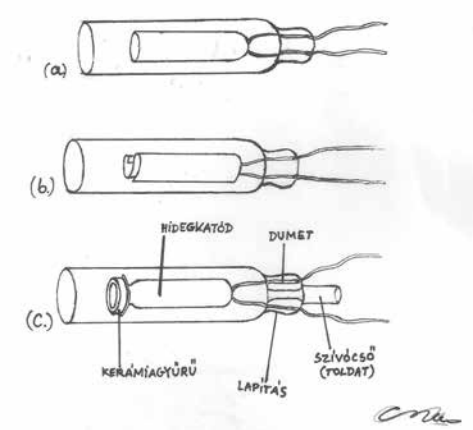
Az üvegcső lehet átlátszó, ekkor a gáztöltet alap világítási színét kapjuk. Lehet fényporral bevont, ekkor a fénypornak megfelelő fluoreszkálás lesz majd látható, de ez gyakran függésben van a töltőgázzal. Később majd ismertetem ennek részleteit is. Létezik anyagában színezett üvegcső is, ami sajnos nagyon drága, és gyakran nem színhelyesek még az egyazon gyártótól származó tételek sem.

Ezek a lehetőségek egyébként variálhatók egymás között, létezik például anyagában színezett üvegcső fénypor-bevonattal, amibe tölthetünk akár „piros", akár „kék" gázt. Teljesen más világítási színt kapunk eredőként.

2. Szükségünk lesz hidegkatódokra, amit egyszerűen csak elektródáknak nevezünk, üvegből készül, de az 1. ábran máris mutatom a konstrukcióját. Feladata: az áramot

bevezetni a kisülési térbe, mindeközben vákuumtömör lezárást is kell biztosítson a külvilág felé. Tehát kívülről egyik végén zárt, lapított üvegcső, átmérője ugyanakkora (néha kisebb), mint a felhasznált neoncsőé. A lapításban van összedolgozva az árambevezető huzal a dumethuzallal, majd ebbe csatlakozik egy hosszúkás, kupakszerű fémhenger, vagy – régebbi kivitelnél – hosszú S alakban hajlított fémlemez.

A dumethuzal fontos feladata, hogy gáztömör (vákuumbiztos) fém-üveg kötést lehessen létrehozni az egyes áramvezető alkatrészek, és az üvegcsőből készült elektródatest között. Izzólámpák állványbevezetőinél is nélkülözhetetlen ez az anyag.



1. ábra. Neon cső elektróda kivitelei

a. egyszerű, kis teljesítményű szerkezet, katódmasszával

b. klasszikus, hatvanas évekbeli elektróda, nagy fémfelülettel, katódmassza nélkül (ma már korszerűtlen, nem használják)

c. kerámiagyűrűs a porlódás ellen, van rajta katódmassza a fémfelületen, rendelkezik szívócsonkkal (toldat), ami nagyon megkönnyíti a neonos munkáját (ma ez a legelterjedtebb konstrukció)

A katódként használatos fémlemezek anyaga szénszegény lágyvas, vagy vas-nikkel ötvözet. Fontos a szénszegénység – ugyanis az üzemeltetés közben fejlődő – egyébként viszonylag csekély – hő, és a csőben esetleg visszamaradó tisztátalanságok miatt ez a tulajdonképpen kötött állapotú szén képes „kigázosodni", és a kisülési térben szétszóródva lerontja a cső műszaki paramétereit, vagy akár tönkre is teszi azt.

A korszerűbb elektródok fémanyagán a közönséges fénycsövek technológiájából jól ismert katódmassza is van, ez jelentékenyen elősegíti a cső könnyű begyújthatóságát, mérsékli a katódesés okozta veszteséget, és a csövön üzemszerűen magasabb átfolyó áramerősséget tesz lehetővé. Minden korszerű elektród fémkupakjának nyitott végén kerámiagyűrű van felsajtolva, ez a sajnos kiküszöbölhetetlen katódporlódást csökkenti vállalható mértékűre.

A túlzott katódporlódás egyébként a cső felgettereződését okozza, persze ezt a gettert a konstruktőr / neonkészítő egyáltalán nem akarja létrehozni, sőt tiltakozik még a létezése ellen is. Hiába, mert sajnos mégis képződik, főleg túlterhelés esetén lerakódik az ismert foltos-gyűrűs bevonat közvetlenül a fémkupak nyílásánál az üvegfalra, és ez a bevonat szépen-lassan megköti a töltőgáz egy részét. Ennek sajnálatos eredménye a cső egyre gázszegényebbé válása, majd folyamatos tönkremenetele.

3. A fénypor meglehetősen sarkalatos pontja mindenféle fénycső készítésének, a neonos gyakorlatban elterjedt fényporoktól elvárás, hogy ne legyen mérgező, mert az üvegmegmunkálás során a neonkészítő mester levegő befúvással-szívással váltakozva formálja készre a lángban meglágyított üveganyagot. Egészségre ártalmas fényporok csak az ún. utóporozásos eljárásnál alkalmazhatók, ahol előbb átlátszó üvegcsőből készre hajlítják a kívánt betűt, figurát, majd ezután a majdnem kész terméket fényporbevonattal látják el, ezt kiégetik, és utána kerülnek felforrasztásra az elektródák.

Vannak egyszerű, klasszikus fényporok,

mint például a willemit. Egyszerű és jó fénypor a kalciumwolframát is – ez kéken világít –, de a normál fénycsöveknél használatos halofoszfát fényporok is kiváló eredménnyel használhatóak. (Mai modern fényporok, és komplett felporozott üvegcsövek egyébként elképesztő színválasztékban készülnek, kimondottan neonkészítéshez!)

A Fővárosi Neon Vállalat részben import fényporokat használt, részben a hazai – Egyesült Izzó gyártmányú – halofoszfát porokkal dolgozott. A külföldről származó porok szinte mind az angol Derby Luminescent Ltd jó minőségű termékei voltak. A felporozott csövekre kódbélyegzők kerültek: T/14 (standard világoskék) T/16 (lila), DC55 (halofoszfát melegfehér, mint az F29), DC/6 (halofoszfát, F7 hidegfehér), Vill. (fűzöld, willemit) W/7, IV/7 (standard zöld).

4. Elérkeztünk a töltőgázhoz, itt is megvannak a követelmények. Tiszta, legalább „négykilences" gázokra van szükség, tehát például az AWI hegesztésre használatos kommersz tisztaságú argon nem felel meg. Milyen gázokat használunk?

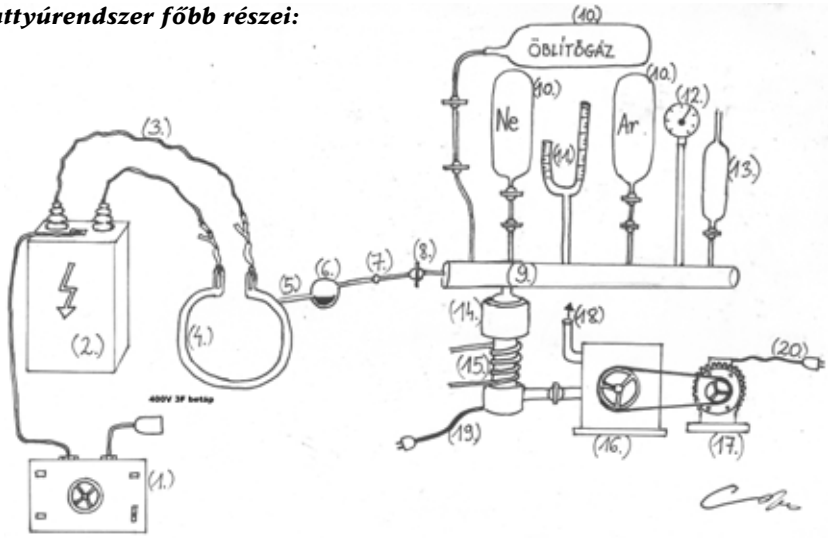
- héliumot régen az anyagában sárga csövekhez használtak fénypor nélkül, szép sárga színt adott, valamint fehér (opalizált) csöveket is töltöttek vele. Ma már nem használatos – magas az ionizációs potenciálja, tehát nagyobb gyújtó és égésfeszültséget igényel, ezért nem gazdaságos a héliumtöltésű csövek üzemeltetése. Más baj is van vele – kicsi, könnyű atomjai szeretnek „megszökni" a kisülési térből, a legcsekélyebb üvegtechnikai probléma esetén is könnyedén elszivárog..
- neont használunk piros alapvilágítási színű csövekben, és a szakma egyszerűen csak „piros gáz" néven aposztrofálja.
- argont használunk – pici higanycsepp hozzáadásával – átlátszó csőben égszínkék szín előállítására, valamint jelentős 254 nanométeres UV-emissziója miatt fényporos csövekben. Ez utóbbiaknál a működés elve ugyanaz, mint az ismert közönséges fénycsöveknél. „Kék gáz" néven is emlegetjük.
- argon-neon gázkeveréket használunk tiszta argon helyett költéri fényreklámoknál, ahol a hideg őszi-téli időjárás miatt a tiszta argon kevés hőt tud fejleszteni a csőben, ezért a higany nem párologna el kellő mennyiségben, és ezért leromlana a berendezés fénykibocsátása. Szintén „kék gáz".
- öblítőgázt (többnyire héliumos keverék) használunk a szivattyúzás egyes fázisaiban, amikor a félkész csőben visszamaradt káros gőzök-gázok eltávolítása (felhígítása) a cél. Az öblítőgáz felhígítja és elviszi magával a szennyezőanyagokat, ezután az újból nagyvákuumra leszívott csövet már a végleges töltőgázzal, az előírt töltésnyomásra feltöltjük.

Az üvegmegmunkálás, a formára hajlítás részleteire terjedelmi okok miatt, nem térhetünk ki. Ez már önmagában is megtöltene egy könyvet, ráadásul a neonkészítő-üvegtechnikus kimondottan azon szakmák egyike, melyet nem lehet könyvből megtanulni!

5. Következzék a szivattyúzási fázis ismertetése, amely munkafolyamat szakszerűségén áll vagy bukik a tartós, jó minőségű neoncső előállítása.

A fénycsőgyártásban használatos vákuumszivattyú általában összetett rendszer. Bonyolult, kényes berendezések összjátéka biztosítja a jó esetben 10 Torr - 4 Torr végvákuumot, amit célszerű minél jobban megközelíteni, hogy tartós és jól funkcionáló neoncsövet kaphassunk. A 2. ábra „neonos" szivattyúpad vázlatát mutatja. Ez sem nem alapszintű, sem nem túl bonyolult.

A szivattyúrendszer főbb részei:



2. ábra. A „neonos" szivattyúpad vázlata.

1. A bombázó transzformátor vezérlőegysége.-2. Nagyfeszültségű bombázó transzformátor, 400V / 10-15kV, 5-20kVAr -3. 10kV-os reklámkábel.- 4. Szivattyúzás alatti nagyfesz. fénycső.-5. Szívócsonk (toldat), itt a fénycső üveganyagához forrasztva. (régebbi módszer) - 6. Gömbtartály (üvegből készül), várakozik benne a higanycsepp, hogy véget érjen a szivattyúzás. - 7. Szívócső, ami összeköti a gömbtartályt és a fénycsövet a szivattyúpaddal. - 8. Fő vákuumcsap. - 9. A szivattyú fő vákuumvezetéke, viszonylag nagy átmérőjű üvegcső. (30-50mm) -10. Gáztartályok, a vezetékekbe iktatott 2-2 vákuumcsappal. - 11. U-csöves manométer. (opcionális) - 12. Egyszerű nyomásmérő óra, elsősorban a töltésnyomás mérésére - általában 2-20 Hgmm között. - 13.Levegőbeszívó nyílás üveg bevezetővel, vákuumcsappal. (szűrővel ellátni célszerű) - 14. Diffúziós szivattyú. (higany v. olajtöltésű) - 15. A diff. szivattyút hűtő csőkígyó, kívülről nem mindig látszik. Vízvezetéki vízzel szokás táplálni. - 16. Olajrotációs vákuumszivattyú, elővákuum nyerése céljából - 17. A rotációs szivattyú hajtómotorja, többnyire 0.37-2kW közötti teljesítménnyel. - 18. A rotációs szivattyú "kipufogója" - ezen keresztül távozik minden, ami a vákuumtérből kikerül. 19. A diffúziós szivattyú fűtéséhez szükséges tápellátás, 220-230V, legfeljebb pár száz W. - 20. A rotációs szivattyú hajtómotorjának tápellátása.

1. Csatlakozócsövek és vákuumcsapok rendszere, amelyek segítségével egy vagy több szivattyúzandó fénycsőhöz csatlakozunk, és ezek belsejébe tetszésünk szerint tudunk közepes vagy nagyvákuumot létesíteni, közönséges levegőt vagy nemesgázokat, öblítőgázt a kívánt töltésnyomáson bejuttatni.

2. A tulajdonképpeni gépészet, vagyis az elővákuum-szivattyú – ez többnyire olajrotációs, lehetőleg kétfokozatú szivattyú –, és a nagyvákuum eléréséhez szükséges higanydiffúziós vagy olajdiffúziós szivattyú. (létezik turbomolekuláris szivattyú is, ez nagyon jól használható, de drága és kényes. (Természetesen a vákuumszivattyúk egyike sem olcsó mulatság. Tudni kell jól, a célnak megfelelően választani)

Kitérő: Az olajrotációs szivattyúk körforgó rendszerű, mechanikus szivaty-

tyúk, a térfogatkiszorítás elvén működnek. Még akár olcsó, autós motorolajjal is üzemeltethetők, egyszerűek, tartósak. Sajnos, az általuk elérhető végvákuum nemigen alkalmas fénycsőgyártásra, viszont mint elővákuum-szivattyúk, nélkülözhetetlenek!

A diffúziós szivattyúk, ill. továbbfejlesztett változataik már igazi nagyvákuum-szivattyúk. Légköri nyomásnál jóval kisebb elővákuumot igényelnek, ezt az utánuk kapcsolt olajrotákkal állítjuk elő. A diffúziós szivattyú munkaközege lehet higany, vagy különleges „kis gőznyomású" olaj. Régebben Apiezon olajat használtak, ezt később kiszorította a sokkal jobb szilikonolaj. Minden szivattyú „egyéniség", tehát a higannyal működőbe nem szabad higany helyett olajat tenni, és fordítva

3. Nyomásmérők, vákuummérők, a diffúziós készülék hűtőrendszere (általában vízhűtés, vízvezetékről), valamint a gáztartályok.

6. Szükséges továbbá az ún. bombázó transzformátor, amelyet a szivattyúzási folyamat alatt a fénycső teljes gázterének és anyagainak kifűtésére használunk – ez részben lépcsőzetesen, részben finoman szabályozható 5-10-15 kVAr teljesítményű nagyfeszültségű transzformátor. Primer: 230 vagy 400V-os, szekunder oldal 10-15 kV szokott lenni, kiépítéstől függően.

A szivattyúzás tényleges folyamata bonyolult, megköveteli az elméleti ismereteket és a megfelelő gyakorlatot egyaránt. Az eljárást – nagyon leegyszerűsítve – egy átlagos, higanygőz+argon töltésű, fényporos cső esetére vonatkoztatva, katódmasszás – tehát bombázással vagy nagyfrekvenciás hevítéssel aktiválandó – elektródokkal mutatom be.

A fénycsövet a munkaasztalra helyezik, az A (5) szívócsonkra kis üveg gömbtartályt (6) forrasztanak. A szívócsonk lehet „toldattal gyárilag ellátott"elektródából kinyúló vékony üvegcső, vagy a neonos készíti el, a kész cső egy alkalmas pontján felforrasztott kis üvegcsőből. A gömbtartályt – ez a higanytartó, amíg szivattyúzunk – is a neonos készíti saját kezűleg. A tartályba pici higanycseppet potytyantunk az adagolóval, a higany szépen megül a gömb alján, és ott is marad, míg a szivattyúzás be nem fejeződik. A tartály másik vége (7) csatlakozik a szivattyúhoz, legjobb ha forrasztva., A fénycső kivezetéseire rákapcsolják a bombázó transzformátor (2) szekunder feszültségét. A már a saját rendszerében előzetesen nagyvákuumra leszívott összekötőcsövek és csapok segítségével néhány Torr nyomásra leszívják a fénycsövet, majd a bombázó trafóval begyújtják, és ebben a maradék levegőben kifűtik a gázteret. Egy kis várakozás után nagyvákuumra szívás következik, majd öblítőgáz (10) néhány Torr nyomáson, bombázó be, és izzó pirosra felhevítve az elektródákat, elvégeztük a katódmassza aktiválását. (ügyesség kell hozzá..). Ezután szivattyút véglegesen nagyvákuumra állítva, a fénycső teljes evakuálásra kerül, és így is hűl ki.

7. Vákuum ellenőrzése: A vákuum mérése többféleképpen, és – főleg – több tartományban szükséges. Kisebb vákuum (elővákuum) esetén az U-csöves vagy zászlós manométer (11) használható, a nagyvákuum mérése Pirani-műszerrel vagy ionizációs (Penning) mérőeszközzel történik. Olcsó és jó módszer a kis kézi Tesla-tekercs használata; ezzel a szivatytyúrendszeren is lehet például „lyukat" (tömítetlenséget) keresni.

Töltőgázmérés: U-csöves vagy zászlós manométer, vákuummérő óra (12) használatos, de ma már kiváló digitális műszerek is hozzáférhetők.

Kihűlés után az előírt töltőgáznyomást betartva, beengedjük az argont (10). Pontosan kell adagolni, mert kevés töltőgáz esetén a cső nagyon hamar működés-

képtelenné válik, túladagolásnál pedig nehezen gyújt, nem működik együtt a vele sorbakötött többi csővel, vagy a fény kígyózva ég – esetleg madzagszerű vékony ívet produkál, a belső csőkeresztmetszetet teljesen kitöltő gázkisülés helyett. A szakszerű gázfeltöltés után leválasztjuk (leforrasztjuk) a gömbtartály felett a szívócsövet, és a fénycsövet mozgatva a higanyt belegurítjuk a gömb és a fénycső közötti kis összekötő csövön át a fénycsőbe. Ezután úgy ahogyan az előbb, a gömbtartályt is leválasztjuk a csőről, óvatosan, hogy munkánk eredménye ne most az utolsó pillanatban sérüljön meg! Ezzel a fénycső kész, a szokványos neon szórótranszformátorral kipróbáljuk, (esetleg pár órás égetéssel öregítjük), és ezután mehet beszerelésre a helyére.

3. ábra. Egykori Csemege ABC felirat

(3. ábra) Csemege Vállalat ABC felirat, egy nagyon szép egykori fényreklámot mutat, amely kiváló példája a hetvenes-nyolcvanas évek neontechnikájának, és nagyon jól bemutathatók rajta az eddig ismertetett technológia egyes részletei. Érdemes felfigyelni a sajátságos gáztöltés-porozás-színes üvegcső variációkra, melynek lehetőségét már ismertettem, most pedig nézzük meg, hogy is van ez a gyakorlatban? Minden cső 20 mm átmérőjű, az A és B betűkhöz egyaránt T/14 (standard kék) porozású anyagot használtak fel. Az A betű ciklámen színnel világít, mivel a T/14 csőbe „piros" gázt (neongázt) töltöttek, és bár ennek csekély az UV-kibocsátása, mégis valamelyest gerjeszti a kék fényport. A két szín – erős narancspiros, és csekély kék – eredménye az egyébként nagyon szép ciklámenszín. A B betű is T/14 kék, de ez már argon+higany töltéssel készült, működése megegyezik a normál fénycsövekével, természetesen kék fény emisszió mellett. A C betű „anyagában sárga" üvegcső, a belső felületre felvitt DC/55 porozással (meleg fehér 3000K körül, némi rózsaszín árnyalattal), a cső töltése higany+argon. A gáztöltésben keletkező UV sugárzás hatására a régebben elterjedt, közismert F29 normálfénycsőre jellemző módon világít a fénypor, és ez átvilágítja a sárga üveganyagot, így kapjuk a szép, telt sárga fényt.

Sajnos, az ABC feliratokból egyetlen példány sem maradt meg az utókornak..

De szerencsére megmaradt – többek közt – a 3. ábra és a 4. ábra a Csemege kosár, ezt a Fénymúzeum romos állapotban kapta meg, teljes felújításon esett át, most újszerű és autentikus állapotú.

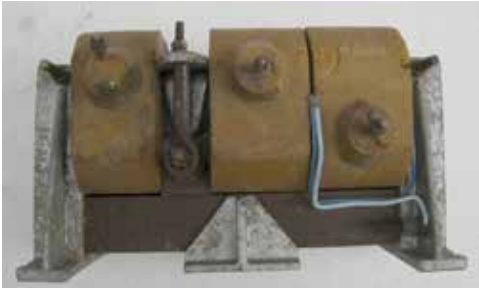
4. ábra. Csemege kosár a Fénymúzeum által restaurálva

A kosár anyaga 0,8 mm vastag horganyzott acéllemez (bádog), lágyforrasztással összeszerelve - általában az összes neonbe-

rendezés betűi, figurái ebből az anyagból és ezzel a módszerrel készültek 1970-1990 években. Szabatos megnevezése: alátéttest. A test szabványos magassága 14 centiméter, ez a besüllyedő elektródákat mélységileg gond nélkül befogadja, átütésveszély nélkül. A kosárban vannak a csövek összekötései (sorosan) az úgynevezett reklámkábel segítségével, ami vékony rézvezetővel ellátott, egy eres nagyfeszültségű vezeték, 9-10kV üzemfeszültségre méretezve. Az előlapra csavarozott csőtartó bakok (kis műanyag távtartók) rögzítik a neoncsöveket a helyükön. Vékony tekercselőhuzal (zománchuzal, 0.5 – 0.8mm) darabokkal kötözzük a neoncsövet a tartóbakokhoz.

A kosár – tisztítás, és a régi lepattogzott festés eltávolítása után, horganytűrő alapozó-festést kapott, majd – régi fotók, és a szerző emlékei felhasználásával – színhelyes festést kapott, szórásos technikával. A sajnos teljesen hiányzó neoncsöveket az egyik utolsó igazán nagy „neonos-mester" készítette el, a régi módszereknek megfelelően, elfekvő anyagként fellelt korhű porozott üvegcső felhasználásával. A kosárfigura teste DC/55 melegfehér cső, 15mm átmérővel, benne a Csemege folyóírás W/7 vékonyan porozott 15-ös cső, kicsit türkizes árnyalattal. Minden cső higany+argon töltésű, üzemi áramuk 20-30 milliamper. (Lehetne több is, bírnák az elektródák. Így is szépen fénylik, nagyon látványos!)

Következő 5. ábra FNV gyártmányú szórótranszformátort mutat. Ezek kiviteltől függően 200-300 W teljesítményűek, és kinézetre azonos kivitel esetén is nagyon változó a szekunder oldali nagyfeszültség mértéke, és az áramterhelhetőség – felhasználás előtt mindig ellenőrizni kell az adattáblát! Leggyakoribbak: 2x3kV, 2x3.5kV, 2x4.5kV, és a korabeli szokásoknak megfelelően 25-30-40 mA, szinte bármelyik variációban. A nagy átmérőjű neon csöveken kisebb a feszültségesés, ezért nagyobb csőhosszt tud 1-1 trafó ellátni. A piros gázhoz nagyobb gyújtófeszültség kell (ionizációs potenciál!), ezért kevesebb csövet lehet az adott transzformátorról sikeresen megtáplálni. (ha „túltoltuk" a csőhosszt, vibrál, villódzik az összes cső – nagyon idegesítő látvány. Kis környezeti hőmérséklet esetén – szakszerűtlen „szériázás" következményeképpen – a tavaszszal vagy nyáron kifogástalanul működő rendszer ugyanezt a kellemetlen jelenséget produkálja!) A „piros gázhoz" egyébként kevesebb milliampert szokás hozzárendelni, mert hajlamosabbak az elektródporlódásra, gettereződésre.

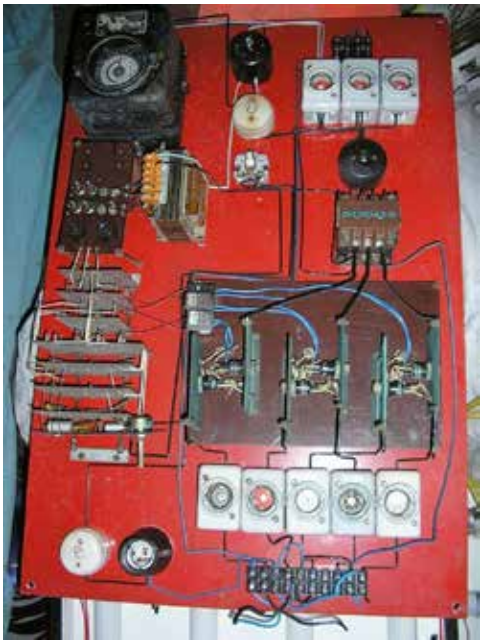


5. ábra. FNV gyártmányú szórótranszformátor

A transzformátorok elvileg rövidzár-biztosak, a gyakorlatban meg vagy igen, vagy nem. Tisztességes karbantartás mellett különösebb gond nemigen volt velük, magam is szívesen használom ezeket az üzemképessé tett neonrelikviáink működtetésére. A transzformátorok meghibásodásai általában jól visszavezethetőek az elhanyagoltságra, a nem megfelelő üzemeltetésre, valamint a gyakran nem eléggé szakszerű (időjárás, por, rovar, stb.. ellen nem kellően védett) telepítésekre.

Fényjáték-vezérlők. Talán még van, aki emlékszik a Lottó Áruház mászós-figurás neonjára, az Oktogon (akkor még November 7. tér) megalomániás méretű Totó-TELITALÁLAT! reklámjára. Ez és még sok más neonberendezés extrém látványosságot nyújtott, a különféle fényjáték trükkök jóvoltából. Ehhez vezérlőegység is kellett,

amely képes volt az előre beállított program szerint ki- bekapcsolni egyes részleteket, neoncsoportokat. A 6. ábra az egyik ilyen készüléket mutatja a Fénymúzeum kollekciójából.



6. ábra. Kapcsoló szekrénybe helyezett vezérlőegység

A berendezés kapcsolószekrénybe helyezve működött egykor. Megjegyzem, ez viszonylag fejlett és megbízható konstrukció volt annak idején.. (ha most kellene ugyanezt megvalósítani, az egész vezérlő tokkal-vonóval elférne egy családi margarinos dobozban.)

Műszaki megoldásaikat tekintve, többféle is létezett, az adott kornak megfelelő technikai megvalósítással. Legrégebbiek óraműves, vagy forgó tengelyen bütykös kapcsolós típusok voltak, létezett átbillenős higanykapcsolós kivitel, aztán próbálkoztak elektronikusan vezérelt mágneskapcsolókkal is. Mindegyikkel rengeteg baj volt. Számtalan reklamációra adtak okot, rádió és TV-zavarok, no és mai szemmel nézve vállalhatatlan karbantartásigény. Semmilyen kontaktus nem bírta hosszú távon azt a kapcsolásszámot, amely egy ilyen berendezés használatakor üzemszerűen fellép… Az áldatlan állapotokat a teljesítményelektronika elterjedése oldotta meg. Már a szocializmusban is hozzáférhető TTL és CMOS integrált áramkörök, meg a – gyakran szovjet vagy csehszlovák eredetű – triakok, tirisztorok bevezetésével ezt a problémát „mintha elvágták volna”!

A „Neonfényes Budapest”, mint tévedés tárgya…

A bevezetőben már célozgattam arra, hogy a közismert Németh Lehel-féle sláger, és a budapesti fényreklámok összekapcsolása alapvetően egy tévedés, amelyet teljesen jóindulatú laikus polgárok, és – már messze nem jóindulatú – hatásvadász elemek tartanak a köztudatban.

A neon, neoncső, nagyfeszültségű fénycső fogalmát már tisztáztuk, pontosan tudjuk, miről beszélünk – de vajon más is tudja ezt?

Ugorjunk vissza az időben! A második világháború előtt jó 15-20 évvel már megjelent a korabeli Magyarországon a neon, és a villamosipari szakképzettséggel nem rendelkező átlagember azóta – sajnos mindmáig! – neonnak, neoncsőnek nevez minden olyan világítóeszközt, ami hosszúkás formájú és nem „villanykörte” alakú. Tehát az utca embere neoncsőnek nevezi a fényreklámok egyedi formára hajlított, hidegkatódos fénycsövét, és neoncsőnek nevezi a világítási célú, sorozatban gyártott egyenes fénycsöveket is. Sőt mi több, a fénycsőlámpatesteket is sokan „neon lámpának” nevezik!) Sorolhatók tovább a helytelen elnevezések.

És innen eredeztethető a félreértés, majd később a tévedés fennmaradása! Hogy miért is? Tekintsük át – néhány évtized távlatából – a főbb eseményeket!

Fontos tudni, hogy a második világhá-

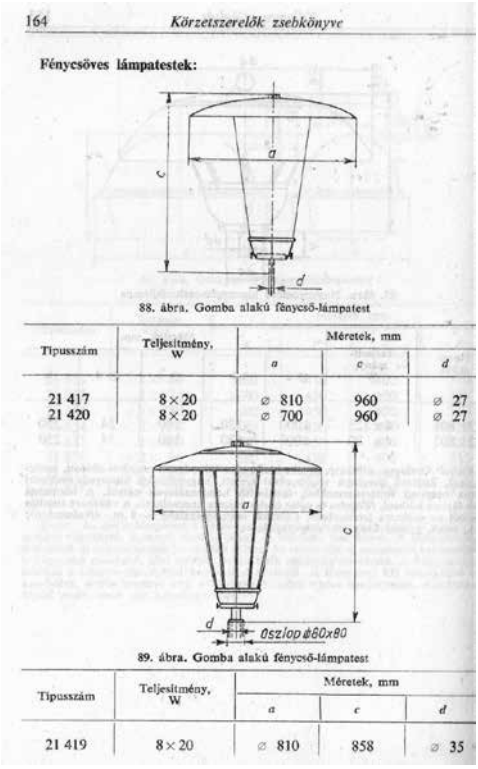
ború során, konkrétan főképp Budapest ostrománál az akkor meglévő, eredendően sem kifogástalan budapesti közvilágítási rendszer gyakorlatilag teljesen megsemmisült. Az országnak ezer más baja is volt ekkor, és a közvilágítás helyreállítása súlyos nehézségekbe ütközött – ez a tevékenység sajnos rendkívül elhúzódott. Tudni kell – főleg a fiatalabb szakemberek, érdeklődők nincsenek ezzel kellően tisztában - , hogy a II. Világháború előtti korszakban, és az azt követő években, Magyarországon kizárólag a közönséges izzólámpa volt használatos a közvilágításban. Voltak ugyan elszigetelt kísérletek (Philora ML korai kevertfényű izzók beszerzése és tesztüzeme), azonban ezek összességében nem voltak mérvadók. Tehát a háborús károkat jól-rosszul elhárították a közvilágításért felelősök, de nem gazdálkodhattak mással, mint izzólámpákkal, és már akkoriban is korszerűtlen lámpatestekkel.

7. ábra. József A utca 1957-ben

Hogy a helyzet fokozódhasson, rövidesen az ismert '56-os cselekmények borították lángba Budapestet, az okozott kár mai ésszel is felfoghatatlan mértékű volt. Újból megindult a helyreállítás, de a már ekkor végletesen elavult izzólámpás közvilágítási eszközök egyszerűen nem voltak képesek teljesíteni a korszellemnek megfelelő elvárásokat.

Itt nem részletezendő politikai, és nem politikai döntések, határozatok elrendelték a tűrhetetlen állapotok felszámolását, és az akkor már a Tungsram által sorozatban gyártott 38mm-es normálfénycsövekre alapozva, megindult a korszerű fénycsőlámpatestek kifejlesztése.

Különféle kísérleti fénycsőlámpatestek közvilágítási tesztüzeme után (1957) (7. ábra) József Attila u. fénycsöves berendezése, végül Budapest frekventáltabb közterületeit gyakorlatilag elárasztották a fénytechnikailag valóban megfelelő (karbantartás és megbízhatóság terén talán nem annyira jól sikerült.) fénycsőlámpatestek, ostornyeles kandeláberek, „VBKM" által gyártott lámpák, jellemzően



164 *Körzetszerelők zsebkönyve*

Fénycsöves lámpatestek:

88. ábra. Gomba alakú fénycső-lámpatest

Típusszám	Teljesítmény, W	Méretek, mm		
		a	c	d
21 417	8×20	⌀ 810	960	⌀ 27
21 420	8×20	⌀ 700	960	⌀ 27

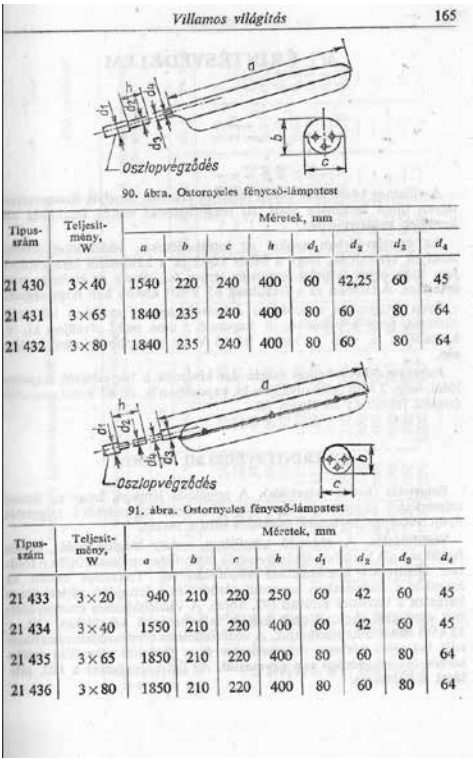
89. ábra. Gomba alakú fénycső-lámpatest

Típusszám	Teljesítmény, W	Méretek, mm		
		a	c	d
21 419	8×20	⌀ 810	858	⌀ 35

8. ábra. Korabeli katalóguslap

6×20W, 3×40W, és 3×80W beépített teljesítményűek voltak.

Ezek, ha egyébként jó állapotban vannak, még ma is kiváló megvilágítási értékeket produkálnak (múzeumi példányaink felújítás után remekül teljesítettek!), és bizony az egykori járókelőknek igenis megdöbbentő lehetett, amikor estefelé mintegy varázsütésre fényt árasztott a rengeteg új fejlesztésű lámpatest. Itt mutatom a korabeli választék egy részét, (8. ábra) Korabeli katalóguslap és (9. ábra) oszlopkaros lámpatest katalóguslap.


Villamos világítás 165

90. ábra. Ostornyeles fénycső-lámpatest

Típusszám	Teljesítmény, W	Méretek, mm							
		a	b	c	h	d_1	d_2	d_3	d_4
21 430	3×40	1540	220	240	400	60	42,25	60	45
21 431	3×65	1840	235	240	400	80	60	80	64
21 432	3×80	1840	235	240	400	80	60	80	64

91. ábra. Ostornyeles fénycső-lámpatest

Típusszám	Teljesítmény, W	Méretek, mm							
		a	b	c	h	d_1	d_2	d_3	d_4
21 433	3×20	940	210	220	250	60	42	60	45
21 434	3×40	1550	210	220	400	60	42	60	45
21 435	3×65	1850	210	220	400	80	60	80	64
21 436	3×80	1850	210	220	400	80	60	80	64

9. ábra. Oszlopkaros lámpatest katalóguslapja

Gondoljunk bele! Több száz nagyméretű, nagy felületű lámpatest, majdnem azonnal a teljes fényárammal belépve a sötétségbe, mindezt a korábban megszokott homályos-derengős izzólámpás világítás után. Tanulmányozzuk hát a korabeli felvételeket – (10. ábra) Nagykörút fénycsöves világítása a szépségversenyt nyert oszlopokkal, (11. ábra) Budapest, Oktogon - akkoriban November 7. tér, (12. ábra) Kereszteződés világítása magasabb oszloppal (13. ábra) Oldalkar szerelés. Láthatjuk, mekkora fényáram árasztotta el Budapest egyes részeit!

És mikor is történt mindez? 1959–1960 környékén! Németh Lehel slágere, a „Neonfényes Budapest" megjelenési éve: 1960!

10. ábra. Nagykörút fénycsöves világítása a szépségversenyt nyert oszlopokkal

11. ábra. Budapest, Oktogon – akkoriban November 7 tér

1960-61-ben még meglehetősen kevés fényreklám működött Budapesten! Vol-

12. ábra. Kereszteződés világítása magasabb oszloppal

13. ábra. Oldalkar szerelés

tak persze itt-ott neonok, voltak köztük megalomániás kivitelű példányok is, ezt el kell ismerni. De messze nem volt még annyi, mint néhány évvel később, amikor jórészt a turizmus fellendítése céljából, és a „Budapest világváros!" szlogennek gyakorlatba átültetése végett, párthatározattal(!) is előmozdították Budapest „neonosítását"!

Most vegyük elő az ominózus dalszöveget, és vizsgáljuk meg tartalmát szakmai, világítástechnikai szempontból! (lábjegyzetben a szerző értelmezése, megjegyzései)

„Neonfényes Budapest,
Oly csodás, ha jön az est.
Fellobban ezernyi fény ,
Szinte égi tünemény,
Minden csupa ragyogás .
Árkádokkal tele út ,
Csillogó a Nagykörút .
Estefelé hívogat
Ez a mesés alkonyat ,
Valóság, nem álmodás.

A pesti utcán
csókolózni nem lehet ,
Szerelmes félhomállyal
Vár minket a vén Sziget
Neonfényes Budapest,
Oly csodás, ha jön az est.
Ha kigyúl ezernyi fény,
Szinte égi tünemény
Ez a színes látomás.[1]
Amerre nézel, mennyi csillogó varázs.
Budapesten soha nem volt még
Ilyen csoda ragyogás.

Most nézzük a művészlistát. Kik jegyezték a dalt? Németh Lehel énekes, előadóművész, Hárer Győző zeneszerző, és a kulcsfigura: Németh László szövegíró. Valamennyien művészek, és NEM villanyszerelők, világítástechnikusok, ELMŰ (BFEM) dolgozók, stb.. Nem várhatjuk el művészektől azt, hogy a mi szakmánkat

[1] *(ez az egy sor bár utalhatna neonreklámra, ám valószínűbb a „költői túlzás" esete)*

töviről-hegyire ismerjék, és valljuk be őszintén, nekik nem is kötelességük megkülönböztetni tudni a fénycsőlámpatestet a fényreklám-neontól! Neon-neon, darab-darab. Számukra. Csak mi, műszakiak vagyunk folyton szőrszálhasogatók… Nem baj, így kerek a világ!

Véleményem szerint, ezt az egyébként nagyon kellemes kis örökzöld slágert semmiképpen nem az akkor még csekély számú, szétszórt, kis fényáramú neonreklámok inspirálták. Inkább az 1960 év körül a BFEM (Budapest Főváros Elektromos Művei, az ELMŰ jogelődje 1950-1967 között) által hirtelen nagy tömegben felszerelt, üzembe helyezett fénycsöves lámpatestek.

A neonreklámok jelene, a közelmúlt negatívumaival..

Állítólag – ellenőrizni nem tudom az adatokat – Budapesten a neonok aranykora idején legalább 22000 fényreklám volt felszerelve. Ebből ami megmaradt.. hát, inkább ne legyünk büszkék az eredményre!

Az elhalt, tönkrement volt szocialista nagyvállalatok múltunk részei, ha tetszik, ha nem. A hozzájuk tartozó fényreklámok nem csak nosztalgia, hanem technikatörténet is egyúttal, ezekre emlékezni nem jelent politikai állásfoglalást! Ezek szépen kivitelezett, látványos emlékek – múzeumban lenne a helyük. De hogyan?

Ahogy az állami, szövetkezeti cégek megszűntek, egykori ingatlanaik új tulajdonosai elsőként selejtezték ki a többnyire valóban elhanyagolt, üzemképtelen, gyakran balesetveszélyes fényreklámokat. Az első ilyen selejtezési hullám a 90-es évek elején kezdődött, aztán némi kihagyással 2000-2005 között folytatódott, végül mára alig maradt valami megmenteni való.

A neonreklámok esetében tényleges értékmentő munkát mindeddig két szervezet mutatott fel. Egyik a közismert Kazinczy utcai Elektrotechnikai Múzeum, másik pedig a szerző által alapított Fénymúzeum. Mindkettő különféle nehézségekkel küzd – az Elektrotechnikai Múzeum sajnálatosan alulfinanszírozott, helyszűkével és szakemberhiánnyal küszködik, a Fénymúzeum a magánkezdeményezésekre oly jellemző forráshiány és közömbösség miatt nehezen jut egyről a kettőre. Mindeközben az értékmentést folyamatosan ellehetetlenítik egyfelől a fémhulladék begyűjtők a gátlástalanságukkal (nem csak világítástechnikai relikviákat, hanem szinte mindent tönkretesznek), másfelől egy teljesen szürreális és jó ízlésnek ellentmondó lakberendezési trend hiénái. Ez utóbbiak már eddig is felmérhetetlen és pótolhatatlan kárt okoztak a hazai technikatörténetnek, különféle illegális vagy „szürkezóna" kategóriás beszerzéseikkel, és az ehhez kapcsolódó – szintén jórészt törvénytelen – értékesítési manővereikkel.

Hogy a problémák sokasodjanak, időről időre megjelenik – váltott vezéregyéniségekkel – egy jó médiakapcsolatokkal rendelkező, ámde szakmailag értékelhetetlen érdekcsoport, mely feltűnősködve követeli az illetékes döntéshozóktól a még megmaradt budapesti neonreklámok „megmentését". Úgy gondolom, a még megmaradt neonfeliratoknak a „megváltást" nem a romkocsmák dilettáns, szakmailag és fizikailag is alkalmatlan törzsközönsége fogja elhozni, nem is az ő dolguk ezzel foglalkozni. Mindemellett nem lehet eltagadni az állami és intézményi felelősséget – a probléma már korábban is abszolválható lett volna, ha volna ehhez tényleges, kézzelfogható döntéshozói akarat. És az Elektrotechnikai Múzeum, a magánszektorból pedig a Fénymúzeum is sikerre vihette volna azt, amit a lengyelek már régen megoldottak, náluk ugyanis több éve létezik Neon Múzeum. Ők megoldották, nekünk nem sikerült. Még. Lesz-e vajon érdemi változás a közeljövőben?

Köszönöm a Kedves Olvasó megtisztelő figyelmét, őszintén remélem, hogy ez a kis írás mind szakmailag, mind technikatörténet terén kellően érdekfeszítő volt. Sajnos terjedelmi korlátok miatt, számtalan műszaki és egyéb részletkérdésre nem térhettem ki, ezek hiánya miatt szíves megértésüket kérem

Az itt közölt rajzok, grafikák, a kiválóan tehetséges Szuromi Mónika grafikusművész munkásságát dicsérik, közreműködését ezúton is köszönöm!

Forrás munkák, irodalom

1. „Fényreklámok" c. könyv – szerzője a Fővneon akkori kollektívája, Műszaki Könyvkiadó, 1974.
2. Randall L. Caba – The Neon Superguide c. könyv.
3. Vákuumtechnika I-III kötetek, 1953-54, Nehézipari Könyvkiadó.
4. „75 éves az ELMŰ" A Fővárosi Elektromos Művek kiadványa (1968
5. „100 éves az ELMŰ" – A Fővárosi Elektromos Művek kiadványa (1993)
6. A szerző saját weblapja: www.fenymuzeum.hu , és különféle emlékei.
7. Egykori „neonosok" visszaemlékezései, valamint a velük történt szakmai beszélgetések: Sz. Ervin, B. Lajos, K. Gyula urakkal
8. A bemutatott fotók egy része a kiváló fényképgyűjteményéről híres Fortepanról származik – www.fortepan.hu
9. Körzetszerelők Zsebkönyve

ÚJDONSÁGOK A VILÁGÍTÁSTECHNIKÁBAN

A Világítás Házában teret biztosítunk

• szakmai vitáknak, ismeretterjesztő előadásoknak,

• kerekasztal beszélgetéseknek!

Figyelje honlapunkat az aktuális rendezvények részleteit illetően!

Tudjon meg többet a VILÁGÍTÁSRÓL rendezvényeinken,

legyen a Világítástechnikai Társaság tagja!

www.vilagitas.org

A 25 éves VTT története

– Némethné Vidovszky Ágnes dr. –

1. Bevezetés

A VTT 2020-ban ünnepelte megalakulásának 25. évfordulóját, azaz ünnepelte volna, ha a korona vírus az ünnepséget meg nem akadályozta volna. Vírus ide vagy oda a 25 év mindenképpen megállásra és visszatekintésre késztet.

2. A VTT előd-szerveződései

A VTT története azonban korábbi. Történetünk a XX. század elején kezdődött.

A magyar világítástechnika történetét akár Jedlik Ányossal is kezdhetjük, hiszen ívlámpái már az 1850-es években üzemeltek. A világítás-technikusok szervezetének történetét kezdhetjük a Magyar Elektrotechnikai Egyesület történetével. A MEE-t 1900-ban alapította alig félszáz lelkes szakember. Az alapításban és az egyesületi munka irányításában többek között olyan nagy nevek szerepelnek, mint: Bláthy Ottó Titusz, Déri Miksa, Kandó Kálmán, Liska József, Pattantyús Á. Géza, Zipernowsky Károly, Verebélÿ László, Straub Sándor.

Ahogy az elektrotechnika és az Egyesület fejlődött, úgy a szakterületek kezdtek elválni és az egyesület szakcsoportokra, szakosztályokra oszlott.

1. ábra. Pollich János

A világítástechnika hosszú ideig a fogyasztói berendezésekhez tartozott. A szakcsoportból szakbizottság, majd szakosztály lett.

A VTT a MEE Világítástechnikai Szakosztályából alakult át önálló jogi személyiségű Társasággá 1995. novemberében. Az átalakulás előkészítője és az új szervezet vezetője Pollich János lett (1. ábra).

3. Székhelyünk története

2. ábra. A Világítástechnikai Állomás

A Társaság székhelye a Világítástechnikai Állomás (Budapest, VI. Eötvös utca 11.) volt (2. ábra), sajnos csak rövid ideig, mivel 2002-ben a VTÁ-t a Tungsram eladta. Egy kis kitérő a fiatalok kedvéért. A VTÁ-t 1927-ben alapította a legerősebb hazai világítási cég a TUNGSRAM Rt. és az akkor fontos szerepet betöltő Magyar Villamos Művek Országos Szövetsége (MVMOSZ). Az első hasonló jellegű intézményt Berlinben hozták létre. A budapesti Állomás Európában másodikként alakult. Az Állomás kialakításának és üzemeltetésének költségeit a TUNGSRAM Rt. fedezte. A Magyar Villamos Művek Országos Szövetsége pedig a villamos szakmában tevékenykedő összes gyártó, kivitelező, energiát szolgáltató, tervező cég civil egyesülése volt, és mint ilyen biztosította a legszélesebb körű cég semleges és „direkt üzlet-mentes" működését. Nem a mai MVM-t jelentette!

Az állomás gyorsan fejlődött, előadásai a világítástechnika legfontosabb kérdéseivel foglalkoztak, mint gazdaságos világítás, jó világítás alapjai, elavult berendezések hibái.

Az 1940-es évek végétől a MEE Világítástechnikai Szakbizottsága majd Szakosztálya minden rendezvényét az Állomáson tartotta és ilyen módon teljes mértékben pótolta háború után megszüntetett MVMOSZ szerepét, azaz a világítási szakma civil közösségét.[1]

Az Állomás vezetője 1997-től haláláig 2001-ig Pollich János volt, aki tervezett, oktatott és nem mellesleg megalapította Társaságunkat, amelynek első elnöke is lett. Mivel minden szakmai összefogás ellenére a VTÁ eladásra került, új székházra volt szükség.

Új elnökünk – Pollich János halála után - Nagy János lett, aki élére állt annak a 19 lelkes világítás-technikusnak, akik a MEE-vel közösen létrehozták a nyitott és közhasznú Magyar Világítástechnikáért Alapítványt. Az Alapítvány kuratóriuma és a Társaság el-

3. ábra. Árpád út 67. A világítás Háza

nöksége közösen kereste az új otthont és azt Hosó János javaslatára Újpest Központjában meg is találta. Így került sor az új székház (3. ábra) ünnepélyes felavatására 2004. április 28-án. A megvásárolt ingatlan átalakításra szorult. Az építészeti terveket Arató Gábor készítette. A villamos tervező Pellei Imre tagtársunk volt. A munkák koordinálását Szekeres Sándor végezte, aki később meg is kapta a Háznagyi kinevezését. A villamos szerelést Béla bátyánk (Budai Béla) csapata az Elektro Imo Plusz kft végezte. Az új otthonunk Poppe Kornélné javaslatára Világítás Háza lett. Adományokkal járult a kivitelezéséhez: Elektro Profi Áruház szerelési szakanyagokkal, a társaság pártoló tagjai az általuk gyártott, forgalmazott lámpatestekkel, fényforrásokkal. Nagytermünk, amely egyúttal bemutató teremként is szolgál korszerű DALI vezérlést kapott a Helvar adományaként Buczny Gregorz programjával. A korszerű kijárat jelzők a Topál Kft felajánlásából kerültek helyükre. A bútorzat a Tungsram-Schreder felajánlása volt. A könyvtár alapját Fodor Zoltán Licht folyóiratai és Pintér Árpád Elektrotechnika gyűjteménye adta. Radványiné Novotny Olga szakkönyvtára jelentős részét ajánlotta

4. ábra. A Ház dísz kulcsa

fel. Azóta sajnos több kolléga hagyatéka is gyarapította könyvtárunkat. (Horváth József dr., Lantos tanár úr, Schanda professzor úr) A Ház megnyitóján a Gazdasági és Közlekedési Minisztérium helyettes államtitkára, a MEE korábbi elnöke Hatvani György úr, valamint Újpest alpolgármestere Sebestyén Béla úr, továbbá a MEE elnöke és főtitkára Berta professzor úr és Orlay Imre is részt vett. A Ház dísz kulcsát (4. ábra) a Kandeláber Rt.

5. ábra. Az új színvisszaadás bemutató pult

ajándékozta. [2] A megnyitón a folytonosság jegyében Horváth dr. átadta a VTÁ aláíró könyveinek régi példányait és ünnepélyesen megnyitotta a VH első aláíró könyvét.

Az elmúlt közel két évtized alatt a nagy terem némi átalakuláson esett át. Új színhőmérséklet és színvisszaadás demonstrációs

6. ábra. Nagy termünk lámpatestjei

pult készült a Hofeka és Forgó Krisztián áldozatos munkája révén. Ugyanakkor a régi lámpatestek egy kis részét is megtartjuk, hogy a régi világítási eszközök megmaradjanak akár (6. ábra) csak műemlék jelleggel.

A Világítás Háza a Magyar Világítástechnikáért Alapítvány tulajdona. Álljon itt az alapító atyák névsora: Almási Sándor, Bittera Miklós, Böröcz Sándor, Faluhelyi Péter, Giczi Imre, Hoffman Iván, dr. Horváth József, Hosó János, Kosztolicz István, Kovács József, Krausz László, Lakatos Jenő, Mányai János, Nagy János, Nagyváthy László, Pécsi Tivadar, Schultz Gábor, Sztanó András, Várkonyi László és a MEE, mint a VTT anya egyesülete.

4. Eredményeink:

(nemcsak mint VTT, hanem mint MEE munkabizottság, Szakbizottság, Szakosztály is.)

a. Konferenciák és kapcsolódó rendezvények

51 éven át évente megrendezésre került a tavaszi Közvilágítási Ankét. Az 52. konferencia jelenléti megtartását a pandémia megakadályozta, de online beszélgetés formájában megtartottuk.

1961. szeptemberben megrendezett I. Világítástechnikai konferencia után több mint 50 éven át tartottuk meg az őszi Világítástechnikai Ankétokat, amelyeket 2010-től a LED Konferencia váltott fel.

A nyári szünetek előtt, az államvizsgák előtt-után tartjuk a hallgatói Ankétokat, amennyiben van elegendő végzős hallgató. Borsányi tanár úr halála után a Hallgatói Ankétot két meghatározó tanárunkról neveztük el Borsányi –Lantos Hallgatói Ankétnak.

Már az 1961-es I. Világítástechnikai Ankét nemzetközi volt, mivel 4 külföldi előadó is tartott előadást. Témái: Közvilágítási berendezések tervezési kérdései, Nagyvárosi közvilágítás, Kültéri világítási berendezések gazdaságossági kérdései, Ipari világítások korszerű irányzatai, Vegyiművek világítási berendezése. (Úgy tűnik a témák örökzöldek)

1970-ben nagyszabású nemzetközi konferenciát tartott a Világítástechnikai Szakbizottság. A 400 fős konferencia címe: Fény és szín az ember életében. A résztvevők mintegy negyede volt külföldi, az előadások 30 %-t ők tartották.

Nemzetközi kapcsolataink egyik csúcspontja az 1989-es LUX-Európa konferencia volt. A szervezés jóval korábban (1985-

7. ábra. Az I. Lumen V4 konferencia

86-ban) még a szocializmus idején indult, ezért is nagy jelentőségű volt a konferencia budapesti rendezése. A Vigadó épülete méltó helyszíne volt.

A nemzetközi konferenciák sora a 2006-ban, az első ízben megszervezett LUMEN V4 konferenciákkal folytatódott. A LUMEN V4 konferenciák, amint neve is mutatja (7. ábra) a Visegrádi országok világítás-technikusainak két évente megrendezésre kerülő konferenciája. A rendezést forgószínpad szerűen mindig másik ország vállalja. Mi már két alkalommal szerveztük meg igen nagy sikerrel (Az elsőt és az ötödiket). Mind

8. ábra. A 2009 CIE konferencia hallgatósága

két szervezés motorja, lelke Almási Sándor kollégánk volt. Sajnos ennek a konferencia sorozatnak is a pandémia úgy tűnik véget vet. 2020-ban elmaradt, de reméljük 2022-ben sikerül újra megrendezni.

2009-ben nagy sikerű CIE konferenciát szerveztünk Budapesten az ELTE Gólyavárában. A világ mindentájáról érkeztek előadók (8. ábra).

Napjainkban – ha nincs pandémia – a LUX et COLOR Vespremiensis folytatja a nemzetközi kapcsolatokat, konferenciákat. Ezek angol nyelvű összejövetelek meghívott előadókkal, akik nemzetközileg elismert kutatók, professzorok.

A VTT megalakulása előtt a vasfüggöny lebomlásával már „divat volt" tanulmányi kirándulások szervezése. Így jártunk a bősi

9. ábra. A Közvilágítási Ankét résztvevői Temesváron

erőműben (ld a honlap képét), a Molecz cégnél Bécsben. Divatba jött a Közvilágítási Ankétokhoz köthető hajdan volt magyar városok felkeresése. Nyíregyháza után Máramarosban, Zalakaros után Zágrábban, Gyula után Aradon, Temesváron jártunk. (9. ábra) Ez utóbbi helyen megemlékeztünk arról, hogy 1884-ben ez volt az első villamosított város, villamos közvilágítással. Sopron után Fertődön jártunk, Kalocsa után Palicson, de voltunk a Felvidéken és Kárpátalján is.

Tagjaink rendszeresen részt vettek előadóként, hallgatóként a LUX Európa konferenciákon, Licht konferenciákon, CIE üléseken.

Éveken át rendeztünk LUX-EXPO kiállítást, volt ott rajzpályázat, előadás, ami mindig sok embert vonzott.

A VTT gyerekkorában még nem volt internet, ezért éveken át havi rendszerességgel rendezett Déri Tamás kollégánk cégbemutatókat (közel 100 alkalommal). Ily módon tölthettük fel katalógus állományainkat, ismerkedhettünk a szakmai fejlesztésekkel. Elfogyván a cégek, betört az internet, a marketingesek új utakat kerestek, ezért a cégbemutatók abbamaradtak. Helyüket rövidesen a szemináriumok vették át, havonta egyszer a keddi klubnapon tartottuk ezeket.

b. A világítási kultúra terjesztése

A MEE-nek két rendszeresen megjelenő szakfolyóirata volt az Elektrotechnika, va-

lamint a Villamosság című. Veszteségként éltük meg, hogy a Villamosság folyóirat kiadása, amely a világítástechnikai cikkeknek adott helyt előbb felfüggesztésre került, majd meg is szűnt. Dr. Horváth József tagunk a MEE éppen regnáló elnöke elérte, hogy az Elektrotechnikában Világítástechnika rovat legyen a megszűnt Villamosság helyett és az újságnak legalább a Világítástechnikai oldalai jó minőségű színes lapok legyenek. Mára az ELEKTROTECHNIKA teljesen színes és szép kivitelű.

A 90-es évek vége felé alapfeladatunk szerint a világítási kultúra terjesztése céljából a villamos szaküzletek eladóinak tartottunk képzéseket Borsányi tanár úr vezetésével.

1996-ban megjelentettük az első évkönyvünket, hogy aktuális témáinkkal a szélesebb olvasóközönséget is megismertessük. Azóta 2 évenként rendszeresen megjelenik az egyre vaskosabb, tartalmasabb kiadványunk. Jelen évkönyv immár a 13. a sorban, de nem vagyunk babonásak.

Érzékeltük, hogy a társ szakmákkal nem beszélünk egy nyelvet, hiába van fénytechnikai terminológiai szabvány, a szaknyelv ismerete hiányos. Ez a felismerés vezérelte Nagy János szerkesztőt, hogy megszülessen Világítástechnikai Kislexikon 2001-ben.

Az Uniós csatlakozás hozta szabványváltozások, új európai szabványok tették szükségessé, hogy a Közvilágításról beszéljünk. 2009-ben adtuk ki a Közvilágítás kézikönyvét.

Újabb oktatási tevékenységünk a gyakorló mérnököknek tartott előadássorozat volt. Új szabványok jelentek meg, új számítási, mérési eljárások. A kesztyűt fel kellett venni. A tervezők, kivitelezők igényét ki kellett elégíteni.

A múlt század harmincas éveiben a Világítástechnikai Állomás kiemelt feladatának tartotta, hogy megfelelő műszaki segédanyagokkal szolgáljon a világítási tervezőknek, létesítőknek és egyéb szakembereknek. Mintegy félszáz szakmai részterületet tárgyaló könyv, füzet, beszámoló jelent meg, mindig az éppen aktuális tématerületek világítási kérdéseiről. Ezt a haladó hagyományt kívántuk felújítani a LED-k megjelenésével. A fényforrás füzetek első része meg is jelent Borsányi tanár úr tollából: Halogénlámpák címmel.

Az ezredforduló (2000. év) nagyobb részt a kerek évfordulókról szólt. 200 éve született Jedlik Ányos, aki a világítástechnikában is letette névjegyét. 125 éve indult a villamos közvilágítás a Trianon előtti Magyarországon, Temesváron. 100 éves lett a MEE, 50 éves a villamosmérnök képzés és nem utolsó sorban 5 éves a VTT.

A kétezres évek első nagy fellángolása az energiahatékonyság volt. Mint mindig, ha energiatakarékosság szóba kerül az első reakciója a kívülállóknak, le kell kapcsolni a világítást. E szemlélet megváltoztatása érdekében rész vettünk az országos ELI Energia-

10. ábra. Kutatók éjszakája 2013-ban

hatékonysági Programban 2000-2001 években. Nemcsak részt vevői, hanem szervezői is voltunk. A rendezvényen mintegy 600 részt vevő volt a Kongresszusi Központban. Ezen túlmenően országos előadássorozat is volt, jegyzet is jelent meg. Az itt befolyt összeg is segített, hogy a Világítás Háza megszülethessen.

Követve nagy elődeink példáját, mint Zipernovszky Ferenc, Urbanek János, tagjaink sorában több oktató is volt/van, akik a fel-

sőoktatásban, lakberendező- és energiagazdász képzésben, vasúti erősáramú mesterképzésben igyekeznek a világítási kultúrát terjeszteni.

Rendszeresen részt vettünk a Kutatók éjszakája programban, ahol a gyerekeket is igyekeztünk „megfertőzni" világítástechnikával (10. ábra.). A LED technológia erőszakos terjesztése és a szerencselovagok megjelenése jó néhány elhibázott berendezést eredményezett. Ez hozta azt a lehetőséget, hogy az éter hullámain is szórjuk a magot. A TREND FM Gazdasági rádióban Ércfalvi András szerkesztő úr felkérésére volt egy húsz részes sorozatunk a fényforrásokról. Szerepeltek tagjaink reggeli tájékoztató TV műsorokban, más rádió műsorokban is. Ércfalvi András sokat segít a világítási kultúra terjesztésében, rendszeresen meghívja tagjainkat egy-egy beszélgetésre.

A MEE-ben a világítási kultúra díjazására 1985-től adják szakterületi díjként az Urbanek díjat, amit az egyesületi élet keretén belül a világítástechnika szakterületen kiemelkedő elméleti, vagy gyakorlati tevékenységet folytató, valamint a területet gondozó szervezet tevékenységében aktívan részt vevő tagnak lehet adományozni.

Az Urbanek díj mellett világítási kultúra és színvonal emelése érdekében hoztunk létre 2005-ben „A pro lumine az év világítástervezője" díjat, amelyet az abban az évben megvalósult kiváló tervekért lehet adni. Sajnos nem minden évben találtunk megfelelő, díjazható pályázatot.

A magyar mérnöki Kamarával és a Magyar Világítástechnikáért Alapítvánnyal közösen alapítottuk a „Pro Lumine Innovatív Világítási díj"-at. Erre is évente lehet pályázni.

Kedves tagtársunk, tanárunk Sziráki Zoltán leányának az Alapítványunknak adott adományával lehetőség nyílt a díszvilágítások díjazására is. A Puskás Ferenc Stadion díszvilágítása nyerte el először a Sziráki Zoltán díjat, amelyet a pandémia miatt megkésve 2021. szeptemberében sikerült ünnepélyesen átadni.

11. ábra. Sziráki Zoltán díj átadása. Átadó Sziráki Katalin és Szabó Ferenc, díjazott Deme László és Kiss László

Társaságunk munkájában aktívan részt vevőknek adományozható a Világítástechnikáért díj (11. ábra). Ezt 1995-től 2002-ig adtuk ki 17 tagtársunknak. 2002-ben első elnökünk emlékére a díj neve „Pollich János díj a Világítástechnikai Társaságért"-ra változott. Ebből a díjból évente csak egyet adunk ki. Ugyancsak 2002-ben alapítottuk a Magyar Világítástechnikáért Gergely–Sziráki díjat, amelyből szintén egyet adunk ki évente. Tekintettel a már említett nagylelkű adományra Sziráki Zoltánról a díszvilágítási díjat neveztük el, a Magyar Világítástechnikáért díjat is át kellett neveznünk, új neve: „Gergely Pál – Dr. Horváth József díj a magyar világítástechnikáért".

c. A XXI. század kihívásai

i. Környezettudatosság

Az új évezred első tizedében a LED került a fókuszba, ami mára teljes polgárjogot nyert és kimúlt az izzólámpa. 130 év után Európából kitiltatott az izzó, mint energiafaló, rossz hatásfokú fényforrás.

Az új évezred új témákat is hozott, így került a környezetvédelem előtérbe. Eleinte csak az újra hasznosítás érintette szakmánkat, majd rövidesen a fényszennyezés is hangsúlyt kapott, bár a taposó lámpák kiirtása nem sikerült.

2006-ban megszületett a Zselici csillagos

12. ábra. Montázs a Világíts rá pályázat műveiből

égbolt park. Ennek környezetében nem lehet fényszennyezés.

Az újrahasznosítás ma már kötelezettsége a gyártóknak. 2018-ban a Földművelésügyi Minisztériumnál szelektív hulladékgyűjtés témában elnyert pályázat segítségével Tár-

13. ábra. A Világíts rá! pályázat kiállításának részlete, a díjátadás résztvevői

saságunk a „Világíts rá" címmel 3 kategóriában (rajz, video, vers) pályázatot hirdetett. A pályázat lebonyolításában, a fényforrások begyűjtésével és újrahasznosításával foglalkozó ElectroCord nyújtott nagy segítséget. A zsűri elnöke Staub Dezső színművész úr volt. Nagyszámú pályamű érkezett. Egy hónapon át volt nyitva a kiállítás a Világítás házában. A legjobbakat színházi előadásra is meghívta Straub művész úr (12. ábra, 13. ábra).

Még mindig a környezettudatosság jegyében megkezdődött az intelligens világítások tervezése, kivitelezése..

ii. LED-k a Múzeumban

A XXI. század tízes éveinek nagy magyar sikere, amely társaságunkra is kedvező fényt vetett a SIXTUS kápolna világításának megújításában való részvétel. Schanda professzor úr és csapata vizsgálta a fényforrások spektrális összetételének hatását a freskókra és adott támogatást a nemzetközi tervező csapatnak a fényforrások kiválasztásához, a LED-k kívánatos spektrumához. Az erről szóló cikkek az ELEKTROTECHNIKA 2013, 2014-es évfolyamaiban találhatók.

iii. A fény nemzetközi éve, a fénynapja

Napjainkban már mindennek van napja, éve. (Anno a belső téri világítási szabvány megjelenéséről szóló beszámolóban említette Vetési dr., hogy minden szabványosítva van már a kutyakaparótól kezdve, a láncokig, csak a beltéri világítási szabványra kellett évtizedeket várni.) Hát kb. így van ma már minden féle nap. Van az alvásnak, a PÍ-nek, a választásoknak és kezdeményezésünkre ma már a Fénynek is van nemzetközi napja (május 16. Schanda professzor úr születésnapja) Ez a kezdeményezés a 2015-ös fény éve rendezvénnyel kezdődött, amihez a VTT is csatlakozott.

5. Társasági életünk

a. Munkabizottságok

A félre sikerült LED-esítések kapcsán megpróbáltunk segíteni és adhoc Bizottságunk megfogalmazta a LED-s lámpatestekkel kapcsolatos alapvető igényeket. Ezeket az érdeklődőknek átadtuk. Az „elsötétítések" meghozták az igényt, hogy a települések rendelkezzenek a helyi építési szabályzat mellett világítási mestertervvel is. Az úttörő Budapest volt. A Mesterterv bírálatára adhoc Bizottságot hoztunk létre. Budapest LEDesítése előtt a BDK, a VTT és a Veszprémi Egyetem együtt működött

a felszerelésre kerülő közvilágítási lámpatestek mérésében és minősítésében.

Állandó Munkabizottságunk lett a CIE Magyar Nemzeti Bizottsága. A CIE alig fi-

14. ábra. A CIE MNB táblája a bejáratnál

atalabb a MEE-nél ezért már a XX. század első felében is együtt működött a Világítástechnikai állomással a CIE Magyar Nemzeti bizottsága. A XX. század vége felé a CIE tagdíját a Magyar Tudományos Akadémia fedezte egésze 2009-ig. 2010-ben az MTA már nem vállalta a tagdíjfizetést, akkor határozott a VTT a CIE MNB elnökének, tagtársunknak Schanda professzor úrnak a kérésére, a támogatás mellett, aminek eredménye lett, hogy a CIE MNB, mint a VTT állandó Munkabizottsága tevékenykedik tovább, így a CIE MNB székhelye is a Világítás Háza (14. ábra).

b. Tagsági formáink

Tagjaink elsősorban természetes személyek. Azonban nagy hangsúlyt szeretnénk fordítani jogi tagjainkra is. A szakterületünkön működő vállalkozásoknak ajánljuk fel, támogassák céljainkat. Mi is igyekszünk képviselni az ő érdekeiket is. Így például a CIE kiadványokhoz rajtunk keresztül kedvezményesen jutnak hozzá.

Konferenciáinkon megjelenést biztosítunk számukra, akár kiállítás, akár bemutatkozás formájában.

Részt veszünk a jogszabályok véleményezésében, így a hulladékkezeléssel és a fizetendő hulladék-hasznosítási díjjal kapcsolatban is hallattuk hangunkat.

Tájékoztatást adtunk ki az új ÖKODESING ÉS CÍMKÉZÉSI szabályokkal kapcsolatban. (Jogi tagjaink bemutatkozása honlapunkon olvasható)

Kiemelkedő tagjainknak, MEE tagoknak és más kiemelkedő személyeknek különböző tiszteletbeli címeket adományozunk időről-időre. Így tagjaink közül a legkiválóbbakat megtisztelhetjük a VTT tiszteletbeli elnök címmel, aki tanácskozási joggal részt vehet az elnökség ülésein. Azok a tagjaink, akik legalább egy cikluson át elnökök vagy alelnökök voltak tiszteletbeli elnökségi tag címmel tüntethetők ki.

Tiszteletbeli taggá olyan nem VTT tag választható hazai vagy külföldi, aki a maga területén szaktekintély és a VTT munkáját támogatja.

Tiszteletbeli tagjaink: Kádár Aba †, Dr, Berta István, Lontay Zoltán†, Király István Dániel, Ércfalvi András, Straub Dezső, Kovács Béla, Dr. Jeszenszky Sándor

c. Társasági működésünk

Rendszeresen megemlékezünk évzáró közgyűléseinken tagjaink nevezetes évfordulóiról (tagsági évfordulók, születésnapok) így ünnepelhettük meg Kádár Aba 90. születés-

15. ábra. Majoros professzor úr Közgyűlési köszöntése

napját (15. ábra), egy szeminárium keretében, ahol az ünnepelt szórakoztatott bennünket élete kisebb nagyobb sztorijaival. Megemlékeztünk Lantos tanár úrról születésének 90. és halálának 15. évfordulója alkalmából. Felújítottuk azt a kezdeményezést is, hogy szeminárium keretében meglátogatjuk valamelyik jogi tagvállaltunkat. Az első „áldozat" a PROLAN Zrt volt.

2018-ban megalakult Senior klubunk. Első rendezvénye egy tanulmányi kirándulás volt Pécsre és Harkányba. 2019-ben a Fertőszéplakra a lámpamúzeumba látogatott el. 2020-ban a pandémia miatt ilyen rendezvényünk sem lehetett.

d. A legutóbbi évkönyv kiadása óta eltelt idő rövid történései

Nagyanyáink úgy osztották fel a világtörténelmet, hogy a Háború előtt vagy után történt, Anyáink életét a II. világháború osztotta ketté. Mi pedig úgy fogunk beszélgetni, hogy a Pandémia előtt vagy után történt. 2019 tehát az „utolsó béke év" a Covid19 előtt.

2019-ben immár 10. alkalommal volt LED konferencia. A konferencia témáiból megemlítendő az Élhető jövő Park Fóton, a szabályozott világítás utólagos kiépítése steril laboratóriumban. A konferencián Schanda Tamás államtitkár úr is tartott előadást. A konferencia szervezését az ITM is támogatta.

2019-ben megtartottuk az 50. Közvilágítási Ankétot nagy sikerrel. Szerencsére voltak olyan kollégák, akik már az első konferencián is ott voltak és még az 50.-en is teljes szellemi frissességben részt vehettek. Ebből az alkalomból megjelentettük a Közvilágítási Ankétok történetét Radvényiné Novotny Olga anyagának segítségével.

2019 őszén megtartottuk a LUX et Color Vesprimiensis in memoriam prof János Schanda 2019. c konferenciát. Az angol nyelvű konferencia nagy siker volt, kiváló előadásokat hallhattunk. A CIE elnöke mellett számos külföldi egyetem, kutató központ embere tartott előadást.

2020. februárban, bár már hallottunk a COVID járványról, de még személyes jelenléttel tarthattuk meg a XI. LED konferenciát. Nagy örömünkre a konferenciát Schanda Tamás államtitkár úr köszöntötte. Az Innovációs és Technológiai Minisztérium ismét anyagilag is támogatta konferenciánkat. Az ott elhangzott előadásokból szép csokor jelent meg az Elektrotechnikában. A fő téma a környezetszennyezés, növényvilágítás és rovarok védelme volt. A konferenciához csatlakozva a Tajvani világítástechnika mutatkozott be. Ennek eredményeként 2020. októberben aláírásra került a VTT és a Taiwan Lighting Fixture Export Association-nel (Tajvani Világítástechnikai Társaság) az együttműködési megállapodás. Az aláírás a COVID járvány idején igen érdekes körülmények között jött létre. Ajánlom a honlapunkon megtekintését. (A lezárások miatt videon keresztül a másik nemzet képviselői előtt került aláírásra először elnökünk által, majd a kiküldött irat hasonlóan került aláírásra Tajvanon is.)

2020. márciusban kezdődtek a lezárások, a bizonytalanság miatt a májusi Közvilágítási Ankétot már nem tarthattuk meg. Helyette nyáron gyakrabban jelentkeztünk online előadásokkal.

Reményeink, hogy a LUX et Color konferencia jelenléti lesz ugyancsak füstbe ment. Az online konferencia azonban nagyszerűen sikerült. Felbátorodtunk, ha kell így is lehet élni.

Nem tudtuk megtartani az évfordulós ünnepi közgyűlést sem.

2021. Februárban már eleve online konferenciára készültünk, hiszen a járvány 3. hulláma tartott, bár már volt oltás. Az év tavasza a járvány jegyében telt, így közvilágítási Ankét helyett közvilágítási online előadásokat hallgathattunk. Sajnos kezdünk hozzászokni az online világhoz.

Nagy örömünkre 2021. szeptemberben megtarthattuk pótlólag éves rendes közgyű-

16. ábra. Online szavazás segítése a 2021-es Közgyűlésen

lésünket. A rendezés vegyes volt (online is becsatlakozhattak a kollégák és szavazhattak is online módon) (16. ábra). Úgy tűnik ez lesz a jövő útja a vegyes rendezés (jelenléti és online lehetőséggel). Van ennek előnye, de azért a személyes találkozást nem pótolja az online összejövetel. Közgyűléseinken mindig megemlékezünk az abban az évben elhunyt kedves kollégákról. Eben az évben sok kollégára kellett emlékeznünk. A LUX et COLOR konferencia in memoriam Schanda János rendezvényt nem lehetett megszervezni (17. ábra). Európa, sőt világszerte a tavaszi lezárások után nyárra sem oldották fel a cégek a külföldi utazási korlátokat, ráadásul ősszel tombolni kezdett a 4. járványhullám. Így a konferencia helyett a veszprémi kollégák meghívásának tehettünk eleget. Kisbusznyi résztvevővel meglátogattuk a veszprémi egyetemi laboratóriumokat. A rendezvény ragyogóan sikerült. Nagy öröm volt a személyes találkozás több, mint egy év után.

Az elmúlt évek sikere nagyban köszönhető elnökünk szívósságának, kitartásának, ötleteinek és természetesen a tagságnak, vezetőségnek. Reméljük a következő 25 év járvány, háború és egyéb nyomorúságoktól mentes, hasonlóan eredményes vagy még eredményesebb lesz. Ez csak a tagságon múlik.

17. ábra. Majd két év telt el személyes találkozás nélkül. Közgyűlés a pandémia árnyékában. Emlékeztünk.

---

[1] Dr. Horváth József: 75 éves a Világítástechnikai Állomás – ünnepi megemlékezés vagy nekrológ?! Világítástechnika évkönyv 2002-2003. Budapest, p 5-11

[2] Jáni Józsefné: Volt egyszer….Világítástechnika évkönyv 2004-2005. Budapest, p5-9

A képek Budai Béla, Nádas József archivumából valók

VILÁGÍTÁSTECHNIKAI TÁRSASÁG
országos független szakmai szervezet
Évszázados tapasztalat – Évszázados szakmai tudás
Rendszeres nagyrendezvényeink:
• LED Konferencia
• Közvilágítási Ankét
• Lux et Color Vesprimiensis
Figyelje honlapunkat az aktuális rendezvények részleteit illetően!
http://www.vilagitas.org

Kádár Aba
(1927 Budapest – 2020 Budapest)

Rövid betegség után, életének 94. évében 2020. június 23-án eltávozott Kádár Aba, Társaságunk tiszteletbeli tagja, a villamos szakma meghatározó alakja. Neve összeforrt az emberi élet védelmével, az érintésvédelemmel. Derűt sugárzó egyénisége, embersége, tudása, segítőkészsége hiányozni fog mindazok számára, akik ismerhették.

1927-ben Budapesten született. 1949-ben egyike volt a Budapesti Műszaki Egyetem azon (B tagozatos) hallgatóinak, akik még gépészmérnöki oklevéllel lettek villamos mérnökök. Már egyetemi évei alatt is dolgozott az Újjáépítési Minisztériumban, majd a Budapesti Elektromos Műveknél, tervezőként a MÉLYÉPTERV-ben, főszakértőként az Energiagazdálkodási Intézetben, végül az Energia-biztonságtechnikai Felügyelet főmunkatársaként ment nyugdíjba.

Munkaviszonyán kívül számos megbízásnak tett eleget, 1966 óta a Magyar Szabványügyi Testület (korábban Hivatal) villamos biztonsági szabványainak szabványelőkészítője, állandó külső előadója, csaknem valamennyi erősáramú villamos szakbizottság aktív tagja, az Épületek villamos berendezése Nemzeti Szabványosító Bizottság elnöke, és az IEC TC ülésein hazánk képviselője volt.

Gyakorlatvezető tanársegédként tevékenykedett a Műszaki Főiskolán, majd a Budapesti Műszaki Egyetemen. Előadó tanár volt a Munkavédelmi Képző- és Továbbképző intézetben, az Országos Kórház és Orvostechnikai Intézetben.

Egész szakmai életútját végigkísérte a Magyar Elektrotechnikai Egyesület Érintésvédelmi Munkabizottságának 40 évig tartó vezetése, majd haláláig tartó tiszteletbeli elnökként részvétele annak operatív csoportjában. Szakmai tanácsai nemcsak országos hírnévre predesztinálták, véleménye meghatározó volt a szakma minden művelője számára. Az Elektromosipari Magánvállalkozók Országos Szövetségének, a Magyar Energiafogyasztók Szövetségének elnökségi tagja, a Magyar Mérnöki Kamara Elektrotechnikai Tagozata Minősítő Bizottságának korábban alelnöke, azután tagja, 1957 óta a mindenkor illetékes szervnél, ma a Magyar Mérnöki Kamaránál bejegyzett szakértő volt. Tizenöt éven át igazságügyi szakértőként is dolgozott.

Szakirodalmi tevékenysége szinte páratlan, két tucat szakkönyv, főiskolai és tanfolyami jegyzetek szerzője és társszerzője, számos szakcikk írója, és számolatlan szakkönyv, főiskolai és tanfolyami jegyzet, szakcikk lektora.

Már a hatvanas évektől kezdve folyamatosan elismerték segítőkész szakmai hozzáállását, önzetlen problémamegoldó készségét, széles körű szakmai tevékenységét, alapos szakmai tudását, és a laikusoktól a szakemberekig mindenkit érintő, érdekfeszítő ismeretterjesztő előadásait.

Számos állami, és civil szervezeti díjjal ismerték el, köszönték meg munkásságát.

Társaságunk is mindig kérhetett tanácsot, ha világítási berendezések érintésvédelmével problémánk akadt. Ilyen volt a törpefeszültségű halogén izzólámpák hálózat kérdése. Kádár Aba volt a lektora a Világítástechnikai Kislexikonnak és a Munkavédelmi Továbbképző Intézet világítástechnikai jegyzetének.

Kádár Abát a magyar elektrotechnika nagyjai között őrizzük meg emlékezetünkben, negyed évszázadig ő volt az érintésvédelem szakterületének doyenje, öröksége minket is kötelez.

2007-ben a következő intelemmel adta át nekem a stafétabotot:

„Számos nemzetközi konferencián vettem részt, ahol a legérdekesebb munka a szünetbüfében volt, ahol kicseréltük nézeteinket, tapasztalatainkat! Ezért fontos ez a munkabizottság, itt van lehetőség kötetlen beszélgetésre, szakmai problémák felvetésére!"

Dr. Novothny Ferenc
Címzetes egyetemi tanár, az ÉV MuBi vezetője

Hódos Jiřina
(1965 Sternberk – 2020 Budapest)

Jiřina 1965-ben született a Csehországi Sternberkben. A Prágai Műszaki Egyetem Villamosmérnöki Karán szerzett erősáramú mérnöki diplomát 1989-ben. 1989-től 1991-ig a Villamosenergiaipari Kutató Intézet (VEI-KI) Villamos Berendezések Főosztályán dolgozott, mint vizsgáló mérnök.

1991-ben és 1992-ben születtek meg gyermekei, Eszter és Ádám.

1993-tól 1995-ig a Kandó Kálmán Műszaki Főiskolán Világítástechnika szakon levelező szakmérnöki tanulmányokat folytatott. Szakdolgozatát Budapest és Prága közvilágításának összehasonlító elemzése témában írta. Államvizsgáját kitűnő eredménnyel tette le. 1995-től 2001-ig a Budapesti Elektromos Művek Rt. munkatársa volt, mint közvilágítási összekötő, majd a Közvilágítási Főosztály megalakulása után, mint területi felelős. Munkakörébe tartozott a közvilágítási kiviteli tervek egyeztetése, véleményezése, jóváhagyása, kapcsolattartás a kerületi önkormányzatokkal, a kivitelezési munkák lebonyolítása, az elkészült munkák átadás-átvétele.

1997-ben Érintésvédelmi szabványossági felülvizsgáló szakvizsgát, 1999-ben pedig Tűzvédelmi szakvizsgát tett.

A Budapesti Dísz- és Közvilágítási Kft. 2001-es megalakulásától az eddigi tevékenységét folytatta tovább, mint a BDK világítástechnikai főtervezője.

Építési Műszaki ellenőri képzést végzett a BME-n „Épület és épület villamosság" szakágban 2006-ban.

A BDK Kft. meghatározó szakembere volt, a tervezőkkel és a kerületi önkormányzatokkal ő tartotta a szakmai kapcsolatot, ő ellenőrizte és hagyta jóvá Budapest közvilágítási és díszvilágítási terveit. A Budapest Világítási Mesterterv elkészítésében konzulensként vett részt. Mély szakmai ismeretei nagy tervezői gyakorlati tapasztalataival párosultak. Nagyon nagy munkabírása volt, rendszeresen túlórázott, és gyakran hétvégére is vitt haza munkát. Csapatjátékos volt, ahol tudta segítette kollégái munkáját.

Jiřina 1989-től a MEE, és 1995-től pedig a Világítástechnikai Társaság tagja volt. Szakmai ismereteit és tapasztalatait a MEE VTT munkájában is hasznosította, részt vett a közvilágítás létesítésére és üzemeltetésére vonatkozó jogszabálytervezet kidolgozásában. Aktív résztvevője volt az évente megrendezett Közvilágítási Ankétoknak. Aktív szervezője és résztvevője volt a LUMEN V4 Visegrádi Országok Világítási Konferenciája rendezvényeinek, mint a Program Bizottság tagja. Nyelvismereteivel jelentős segítséget nyújtott a négy ország világítástechnikai szervezeteinek egyeztető tárgyalásain, valamint a konferenciák lebonyolításában.

Kiemelkedő szakmai és szervező tevékenysége elismeréseként 2012-ben a MEE VTT Elnöksége a „Világítástechnikai Társaságért Pollich János" díjjal jutalmazta.

Kiváló tervezői team munkáját elismerve a MEE Világítástechnikai Társaság, a Magyar Mérnöki Kamara Elektrotechnikai Tagozata és a Magyar Világítástechnikáért Alapítvány az általuk alapított „Pro Lumine 2016 Innovatív világítás tervező díj" első helyével jutalmazta tervezői csapatát.

(A „Pro Lumine Innovatív világítás tervezője 2016 díj" nyertese a BDK Kft. és partnere a PROMAX TWIN Bt. a „Hidak útján – A budapesti Rákóczi híd közvilágításának megújítása" című pályamunkájukkal, mely Pap Zoltán, Hódos Jiřina, Tamás László, Császár Ferenc, Zaymus Vince és Dobó Zoltán közreműködésével készült.)

Drága Jírka!

Villámcsapásként ért minket a hír, hogy ilyen fiatalon eltávoztál közülünk! Hatalmas veszteség ért minket, közvetlen kollégáidat és a szakmát!

1989-ben első munkahelyeden, a VEIKI-ben ismerkedtünk meg, ahol két évet együtt dolgoztunk. Az elmúlt 8 évben ismét munkatársak voltunk a BDK csapatában.

Nagyon megszerettelek, mint embert, munkatársat és szakembert!

Egyenes és őszinte ember voltál, mindig határozottan hoztad tudomásunkra szakmai véleményedet. 25 éven keresztül foglalkoztál Budapest közvilágításával és díszvilágításával, a szakma minden csínját-bínját ismerted!

Közösségi ember voltál, gyakran szerveztél spontán összejövetelt (hétvégi vendéglői sörözést) kollégáiddal.

Sokunknak jóval több voltál, mint kolléga, igazi jó barát! Nagyon segítőkész voltál, jó pár fiatal kollégádat tanítgattad, támogattad a szakmai pályán.

Jírka, nagyon fogsz hiányozni nekünk kollégáidnak és a szakmának!

Emlékedet örökké megőrizzük!

Isten áldjon Jírka, nyugodj békében!

A BDK Kft. dolgozói és a MEE VTT tagjai nevében
Zaymus Vince

Kosák Gábor
(1960 Budapest –2021 Budapest)

Életének 61. évében Kosák Gábor kollégánk 2021 március 27-én tragikus hirtelenséggel meghalt. A világítástechnika terén végzett szabványosítási tevékenységét a Magyar Elektrotechnikai Egyesület Világítástechnikai Társaságának tagjai jól ismerik.

Gábor 1985-ben végzett okleveles villamosmérnökként a Budapesti Műszaki Egyetem Villamosmérnöki Karán, Erősáramú szakon. Friss diplomásként a Pest Megyei Villanyszerelő Vállalat Előszerelő Üzemében kezdett el dolgozni műszaki fejlesztőként, ahol erősáramú villamos elosztó berendezések tervezése volt a feladata.

Szakmai pályafutása üzemvezető helyettesként 1988-ban a 21. számú Állami Építőipari Vállalat Villanyszerelő Részlegénél folytatódott, ahol 1991-ig a vállalat építkezésein az épülő objektumok erősáramú hálózatainak kivitelezését készítette elő és irányította.

1991-től 2007-ig a K&H Zrt. Bankbiztonsági Főosztályán üzemeltetési projektmenedzserként, majd osztályvezetői beosztásban dolgozott, ahol a bank elektronikus és mechanikus vagyonvédelmi eszközeinek üzemeltetését, szervizelését és a hibaelhárítást felügyelte.

Mindeközben magántervezőként üzemek, irodák, családi házak erősáramú hálózatát tervezte meg, valamint köz- és díszvilágítási terveket is készített. Folyamatosan fejlesztette magát: villámvédelmi tanfolyamot végzett, tűzvédelmi szakvizsgát tett, személyi és vagyonőri szakképesítést is szerzett.

2008-ban kezdett el dolgozni a Magyar Szabványügyi Testületnél (MSZT), ahol szabványosítási menedzseri pozíciót töltött be. A villamos szabványállomány gondozásában Gáborhoz tartoztak a világítástechnikai, kis- és nagyfeszültségű villamos kapcsoló berendezések és -készülékek, valamint gyógyászati készülékek és berendezések témakörei. 22 magyar nemzeti műszaki bizottság titkára volt, ezenkívül az MSZT titkári teendőit is ellátta a Nemzetközi Elektrotechnikai Bizottságban (IEC).

Rendszeresen, igen sikeresen és eredményesen szervezte az IEC/TC 13, valamint európai tükörbizottsága, a CLC/TC 13 üléseit, magyarországi helyszínekkel. Hozzáértő, áldozatos munkájával nagyban hozzájárult az MSZT elismertségének, hazai és külföldi elfogadottságának növeléséhez.

A Magyar Elektrotechnikai Egyesület Szaktanácsadója volt, az Energia Biztonságtechnikai Felügyeletnél meghívott előadóként éveken keresztül oktatott az Érintésvédelmi Felülvizsgálatok, Villamos Tűzvédelem, Villámvédelem Mérése tanfolyamokon.

Tagja volt a Magyar Elektrotechnikai Egyesület Világítástechnikai Társaságának (MEE-VTT), ahol 2017-ben elismerő oklevelet kapott a világítástechnikai szabványok figyelmes gondozásáért és a VTT tagjainak hiteles tájékoztatásáért, majd 2019-ben átvehette a „Gergely – Dr. Horváth Díj a magyar világítástechnikáért" kitüntetést a világítástechnika terén végzett szabványosítási tevékenységéért.

Rendszeresen publikált szabványosítási témákban az Elektroinstallateur szaklap hasábjain valamint az Elektrotechnika folyóiratban.

Derűs személyisége, segítőkészsége, szakma iránti elkötelezettsége, embersége hiányozni fog mindnyájunk számára, de emlékét tisztelettel megőrizzük.

Jáni Katalin

Gábor András
(1930 Muzsla–2019 Budapest)

A Tungsram rendszerváltás előtti utolsó vezérigazgatója 2019. március 26-án eltávozott közülünk. Gábor András gépész- és gazdasági mérnök 1985-1990 között a Tungsram Rt. elnök-vezérigazgatója, 1990-1993-ig a GE-Tungsram igazgatótanácsának elnöke volt. 1989-1992 között a Magyar Gazdasági Kamara elnöki funkcióját is ellátta. Támogatta az első magyar menedzser-díj, az Aschner Lipót díj létrehozatalát. 2002-ben Aschner Lipót életműdíjban részesült.

1975-től 1980-ig a Kohó- és Gépipari Minisztérium iparfejlesztési főosztályának vezetője, majd az 1980-ban megalakított Ipari Minisztérium miniszterhelyettese, a gép- és hamarosan az elektronikai ipar irányítója volt. Így jól ismerte azokat a nehézségeket, amelyekkel a Tungsram a hatalmasra nőtt vállalat irányítási és termelési rendszere, a magyar forint értékének csökkenése és a gyorsan fejlődő technológia által támasztott piaci verseny révén szembesült. 1985. decemberi vezérigazgatói kinevezése után nagy szerepet játszott a vállalat valóságos részvénytársasággá alakításában.

Tevékenységének középpontjában a Tungsram versenyképességének biztosításához szükséges források bevonása állt. A General Electric tulajdonossá válásával a Tungsram az elkerülhetetlen szerkezet átalakítást sikerrel hajtotta végre és a General Electric lámpadivíziójának európai központjává vált. Gábor András élete végéig figyelemmel kísérte a Tungsram GE vezetésével történő fejlesztését, majd önállósulását.

Füzes Attila
(1936 Budapest –2019 Budapest)

Füzes Attila, Drága Édesapám harminc éve betegségek sorával küzdött és többször is legyőzte a halált. Súlyos betegségekből tucatszor is felállt, jókedvét, humorát, terveit nem veszítette el, végül azonban 2019 október 14.-én hajnalban álmában feladta a szíve a küzdelmet. 83 éves volt.

1936-ban született Budapesten, egy szegény család, legidősebb gyermekeként. Öten voltak testvérek. Drága Édesapám generációjában nem volt ritka, hogy a háború alatt napi gyakorlatból ismerte az éhezést. Kisgyerek korától dolgozott.

Később az Üteg utcában egy középiskolában lett "Elektro technikus" pl. Szilas Péterrel és későbbi feleségével Szabó Erzsébettel. Sokan ebből az iskolából az akkor alakuló ELMÜ-ben dolgoztak.

Édesapám a katonatiszti pályáját 1956-ban megszakította és 1957-től a Mechanikai Művekben dolgozott évtizedekig. Itt feltaláló társaival együtt találmányuk elismeréséért küzdöttek 7 éven át. Perek sokaságán keresztül, végül teljes elismerésben részesültek, és ebből a találmányi díjból alapították meg – társaival együtt - 1983 január 2.-án a magántulajdonban álló a FÁKO Gmk-t, amit Ő koordinált. 1993-ban Édesapám vezetésével hozták létre kollégáival a FÁKO Kft-t is, ahonnan ment végül nyugdíjba. Sokan tudják, hogy nyugdíjasként talán még többet dolgozott, mint korábban. Előadásokat tartott, ismereteit sokakkal megosztotta. Pl. társ előadó volt Prof. Schanda János úrral az I. LED konferencián.

Édesapámtól sokan kaptak tudást, lehetőséget, segítséget.

Talán ezért is hagyott nyomot sok ember életében. Akik ismerték, szerették és tiszteltték.

A MEE tag volt, regisztráló szervezete a Világítástechnikai Társaság volt.

Családja, felesége, két fia, hét unokája, testvérei, rokonai, kollégái, akik ismerték, gyászolják Őt.

Édesapám nem csak nekem hiányzik. Űrt hagy maga után.

Budapest, 2019 október 14.

Füzes Zoltán

Balogh János Miklós
(1957 Békéscsaba –2021 Békéscsaba)

A MEE Szervezete a Világítástechnikai Társasággal együtt fájó szívvel búcsúzik Balogh János Miklóstól. Halál híre váratlanul ért minket, annak ellenére, hogy tudtuk 2019-ben súlyos műtétet végeztek el rajta. Felépülése hosszú ideig tartott, de reménykedtünk. Az utóbbi időben állapota romlott, bár derűje nem hagyta el, s ez újabb reménységre adott okot.

1957. május 23-án született Békéscsabán. Középfokú végzettségét Szentesen szerezte meg. 1974-ben lépett be a DÉMÁSZ-hoz, ahol technikus, művezető, műszaki vezető beosztásokban dolgozott 2001-ig. Ezt követően különböző villamos cégeknél termékmenedzser, értékesítő munkakörökben dolgozott haláláig. Munkája mellett villamos biztonságtechnikai felülvizsgálatokat is vállalt.

Szakmai előadásokat tartott, oktatott a felülvizsgálók képzésében, publikációi jelentek meg az Elektroinstallateur hasábjain. Nagyon sok hasznos gyakorlati tapasztalatot adott át a felülvizsgálóknak, akik rendszeresen felkeresték tanácsaiért.

Foglalkozott közvilágítással is, sok ilyen projekt őrzi munkáját.

1981 óta tagja a magyar Elektrotechnikai Egyesületnek. A Békéscsabai Szervezetnek több éven keresztül volt elnöke, titkára. Munkáját a MEE Kandó díjjal ismerte el 2012-ben. Szervezeti elnökként, megmutatta, hogy vidéki szervezetben is lehet magas színvonalú szakmai munkát végezni, közösséget építeni, létszámot bővíteni. A fejlődést a helyi villamosipari vállalkozásokra, képzőintézményekre alapozta, személyes érdemei elévülhetetlenek. Irányításával oktatási tevékenységük a kelet-magyarországi régióban meghatározó jelentőségűvé vált. A jelenlegi ciklusban a MEE Déri Miksa Dél-Alföldi Koordinációs Központ elnöke volt, valamint a MEE VTT alelnökeként is tevékenykedett. Ezeket a feladatokat is a tőle megszokott lendülettel, odaadással végezte.

Állandó, aktív résztvevője volt a VTT eseményeinek. Nagyszerű szervezőtehetségének és önzetlen társadalmi munkájának köszönhetően több Közvilágítási Ankét emlékezetes maradt a résztvevők számára. Kiterjedt ismeretségi körének köszönhetően mindig nagy létszámú kiállítást szervezett a VTT konferenciáira.

Személyében nagyszerű embert, megbecsült vezetőt vesztettünk el.

Osztozunk családja gyászában, emlékét szívünkben megőrizzük.

Balogh János Miklós nyugodj békében!

MEE Békéscsabai Szervezet
MEE Déri Miksa Dél-Alföldi Koordinációs központ
MEE Világítástechnikai Társaság

Schnur Gábor
(1936 Budapest–2021 Kalocsa)

Schnur Gáborban békés természetű, családját gondoskodó szeretettel óvó és ellátó, munkáját hozzáértéssel, körültekintéssel és precizitással végző embert veszítettünk el. A sors nem mindig volt kegyes hozzá. Jellemét és életfelfogását ezek a nehézségek alakították ki.

Budapest ostromának elején 1945 januárjában, kilenc évesen, egy eltévedt, a családi házuk teraszán felrobbant akna miatt elveszítette édesapját és mindkét nagyapját. Gyerekkorának következő, történelmileg is nehéz időszakát, egyetlen húgával együtt, erős lelkületű, áldozatkész, szerető édesanyjával, apai nagymamájával és nevelőapja (keresztapja) támogatásával élte. Ekkor alakult ki az egész életét meghatározó kötelességtudása.

Műszaki érdeklődése korán jelentkezett, a családi legendárium szerint már ötévesen szétszedte új papucsát, mert érdekelte milyen rétegekből áll a talpa.

Rendszeretetét, precizitását édesapjától örökölte, akinek hátrahagyott iratai, feljegyzései mind ezt tükrözik. Műszaki, ezermesteri vénáját a hasonló beállítottságú nagypapáknak köszönhette.

1954-ben a „Kandóban" (akkori nevén 7. sz. Gépipari Technikum) híradás-technikusi, 1972-ben a kecskeméti Gépipari és Automatizálási Műszaki Főiskolán gépgyártás-technológus üzemmérnöki képesítést szerzett. Középiskolai tanulmányai során szerzett technikusi végzettségével 1954-ben az Elektromos Készülékek és Anyagok (EKA) gyárában helyezkedett el. Először segédművezető volt, majd programozó technikusi feladatokat kapott. 1961-ben megbízták a gyár teljes vertikumát kitöltő kapacitásterhelés-mérések feltételeinek kidolgozásával és végrehajtásával.

Az ipari átszervezések során 1964-től az EKA a frissen alakult VBKM része lett, egyúttal Kalocsán egy másik üzem belsőtéri lámpatest részlegét is megkapta. Akkoriban politikai döntés volt, hogy a gyárak vidékre településenek, amit indokolt az ott, akkor még rendelkezésre álló szabad munkaerő. Munkája alapján kapta a felkérést, megbízatást, hogy e gyáregység műszaki vezetője legyen. A gyáregység éves 40000 darabos termelését 1 millió darabra fejlesztették föl. 1986-ban a gyáregység EMIKA néven önálló gyárrá vált.

57 éve tehát feleségével, Évával - akkor még mennyasszonyával - úgy döntöttek, hogy csábító és egyben megtisztelő a feladat, valamint a kapott tanácsi lakás megéri a hőn szeretett Budapest elhagyását. Így lettek 1964 nyarától kalocsai lakosok, de Ő lélekben mindig is megmaradt budapestinek, hiszen már a nagyszülők is azok voltak és a rokonok is ott éltek. Talán emiatt nem alakultak ki a városban szorosabb baráti kapcsolataik.

1986-1996 között az EMIKA műszaki igazgatója volt. 1997-ben nyugdíjba vonult.

Egész pályafutása a lámpatest gyártásához kötődik, amelyből 32 év vezetői tevékenység. Végigélte, munkatársaival megteremtette a gyárat, annak fejlődését, felfutását, működését a tervutasításos rendszertől a piacgazdaságig, majd megélte a történelmi és gazdasági változások okozta hanyatlását is.

Mindeközben gépészmérnöki diplomát is szerzett, megszületett egyetlen lánya, aki

fiúunokával szerzett sok örömöt a nagyszülőknek. Ők szintén Kalocsán élnek, így fel sem merült, hogy édesanyja halála után visszatérjenek Pestre a szülői házba.

Egész életében műszaki irányultsága, szaktudása és manuális készsége alapján minden házkörüli teendőt kellő alapossággal elvégzett, rendszeresen húgánál is segédkezett. Nyugdíjas éveiben már ideje is engedte, hogy jól felszerelt műhelyében - bármit is ötölt ki Ő vagy a családja - elkészítse, megalkossa.

Szakmai érdeklődése végig megmaradt, járatta a szaklapokat. 1986-tól volt a MEE tagja, ezen belül a Világítástechnikai Társaságban illetve jogelődjeiben tevékenykedett, mind szervezete képviseletében, mind egyéni tagként. Egy cikluson át a VTT elnökségének is tagja. 1997-től az Elektrotechnikai Alapítvány kuratóriumának tagja volt több cikluson át. Szerette a tudományokat, a szépirodalmat, a klasszikusokat és jelentős könyvtárat gyűjtött össze. Betöltötte életét a komolyzene szeretete és a különböző előadók felvételének gyűjtése. A sors különös iróniája, hogy halála előtti estén Mozart Requiemjének közvetítését hallgatta meg.

Idős korára sem hagyta el magát, szigorú napirend szerint, tevékenyen élte napjait.

Olyan ember volt, akire mindig lehetett számítani, támaszkodni, aki szeretetével, gondoskodásával biztonságot jelentett családjának, és távozásával betölthetetlen űrt hagyott maga után. – Jó emberként, megérdemelte a kegyes halált!

Bányi Gábor - N. Vidovszky Ágnes

A VTT Kiemelt támogatója

Tungsram Operations Kft.	www.tungsram.com

A VTT Támogató tagjai

E.ON Tiszántúli Áramhálózati Zrt.	www.eon.hu
ECLIPSE Smart City Rendszerház Kft.	
HOFEKA Kft.	www.hofeka.hu
Kanlux Kft	www.kanlux.com/hu
Lighttech Lámpatechnológiai Kft.	www.light-sources.com
OSRAM A.S. Magyarországi fióktelepe	www.osram.hu
PERCEPT Kft.	www.percept.hu
Schréder Magyarország Zrt.	www.schreder.hu
TRILUX Hungária Kft.	www.trilux.hu
TÜV Rheinland InterCert Kft.	www.tuv.com/hungary/hu

A VTT Pártoló tagjai

Beghelli Hungary Kft.	www.beghelli.hu
Electro-Coord Magyarország Nonprofit Kft.	www.electro-coord.hu
Flashnet Hungary Kft.	www.intelilight.eu
IBV Hungária Világítástechnikai és Műanyagipari Kft.	www.ibv.hu
Kermann Műszaki Fejlesztő és Tanácsadó Kft.	www.kermann.hu
LEDVANCE Kft.	www.ledvance.hu
LightingLab Kalibrálólaboratórium Kft.	www.lightinglab.eu
RÁBALUX Kft.	www.rabalux.hu
SIGNIFY Hungary Kft.	www.signify.com/hu-hu
SIMOTRADE Kereskedelmi és Termelői Kft.	www.simotrade.hu
ZG Lighting Kft.	www.zumtobel.com/hu-hu/

Dr. Ábrahám György
professor emeritus, az MTA doktora, BME Mechatronika, Optika és Gépészeti Informatika tanszékének alapító tanszékvezetője. 48 éves oktatói- kutatói munkássága során kiemelkedő tevékenységet végzett a színtévesztés színszűrős szemüvegekkel történő korrekciója, az optikai átviteli függvények méréstechnikája és nemzetközi űrprogramokban történő részvétele terén.

Dr. Balázs László
egyetemi docens, intézetigazgató Óbudai Egyetem Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar Mikroelektronikai és Technológiai Intézet. Az Eötvös Loránd Tudományegyetemen szerezte okleveles vegyész diplomáját 1988-ban. Az MTA Atomenergiakutató Intézetben tudományos munkatársaként dolgozott 1995-ig, ahol kutatási területe a lézerionizációs tömegspektrometria és elektrokémia volt. PhD fokozatát 1992-ben védte meg. 1995-ben a GE fényforrás üzletágában folytatta karrierjét, ahol fejlesztő mérnökként majd műszaki vezetőként dolgozott kutatás-fejlesztés és innováció területén. 2017-től egyetemi docens az Óbudai Egyetemen, ahol világítástechnikát, fizikát és villamosipari anyagismeretet oktat. Érdeklődési területe az intelligens világítás és a növényvilágítás. 39 tudományos közlemény és 11 szabadalmi beadvány szerzője

Bársony István
okl. villamosmérnök, Széchenyi díjas akadémikus, az ELKH Energiakutató Központ Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Intézet kutatóprofesszor emeritusa. Szakterülete a mikro- és nanoelektronika, a szenzorok, fotovoltaikus és fénykibocsátó eszközök kutatás-fejlesztése. Az International Solid-State Lighting Alliance Advisory Board tagja.

Bengyel Gyuláné
Okleveles villamos üzemmérnök, világítástechnikai szakmérnök, felsőfokú külkereskedelmi végzettséggel és Oxfort Brookes University managerképzővel rendelkezik. Kutatótechnikusként autovillamossági termékek fejlesztése, termelésbe bevezetése volt a feladata. Dolgozott a Philips Car Communication VDO-nál műszaki igazgatóhelyettesként majd üzemeltetési igazgatóként. Elektromos tervezőként/ vezetőtervezőként közel 40 évet dolgozott. Az utolsó 15 évben a műemlékek villamos terveinek és a díszvilágítási terveinek készítésével foglakozott. Nyugdíjas. Tagja a Magyar Mérnök Kamarának, a Magyar Elektrotechnikai Egyesületnek és a Világítástechnikai Társaságnak

Erbeszkorn Lajos
okl. villamosmérnök
okl. nukleáris elektronikai szakmérnök
nyugdíjas
E-mail: lajkorn@t-online.hu

Dr. Fekete Róbert Tamás
Doktor (műszaki tudományok) , K+F mérnök, szoftverfejlesztő, viselkedéselemző pszichológus. 15 éve tanít a felsőoktatásban, 20 éve foglalkozik interdiszciplináris mérnöki tudományokkal. Fő kutatási területe az emberi fiziológia és kognitív működés számítógépes modellezése, ezen kívül az emberi színlátás, és színtévesztés korrekció kutatása, továbbá a mesterséges intelligencia mérnöki alkalmazásai.

Gosztonyi Csenge Luca
a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Gépészmérnöki Karának mechatronikai mérnöki mesterképzésének hallgatója. Az alapképzésen az optomechatronika területére specializálódtam, így adott volt a témakör iránti érdeklődésem. Kifejezetten érdekelt a látásproblémákkal küzdő emberekre optimalizált világítás problémája, részben saját érintettség okán is.

Hantos Gusztáv
okleveles villamosmérnök, okleveles műszaki menedzser, a BME VIK Elektronikus Eszközök Tanszékén működő Termikus, Optikai és Megbízhatósági Laboratórium vezetője. Szakterülete a teljesítmény félvezetők (pl. teljesítmény MOSFET-ek, LED-ek) termikus minősítése, megbízhatósági vizsgálatai. Tagja a MEE VTT és a CIE több műszaki bizottságának.

Hegedűs János
okleveles villamosmérnök, a BME VIK Elektronikus Eszközök Tanszéke tudományos segédmunkatársa. Kutatási témája: LED-ek multi-domain karakterizálása méréssel és szimulációval, LED-ek megbízhatósági kérdései. E témával foglalkozó PhD disszertációját 2021-ben sikeresen megvédte. A MEE VTT tagja. hegedus.janos@vik.bme.hu

Horváth Péter
Elektrotechnikus, magángyűjtő, műkedvelő technikatörténész. Korábban villanyszerelőként és elektronikai műszerészként dolgozott, azonban jó ideje kizárólag az általa létrehozott világítástechnikai szakgyűjtemény bővítésével és menedzselésével foglalkozik. Kedvelt szakterületei a ma már kihalófélben levő neonos szakma ismeretanyaga és technikája, valamint az 1956-1990 között gyártott közvilágítási és különleges fényforrások.
www.fenymuzeum.hu, info@fenymuzeum.hu

Keszei Ernő
Okleveles vegyész diplomáját 1975-ben, doktori fokozatát 1978-ban szerezte az Eötvös Loránd Tudományegyetemen, ahol azóta is dolgozik. 1985–87 és 1989–91 között négy évet töltött vendégkutatóként a kanadai Sherbrook-i Egyetemen, ahol bekapcsolódott az ultragyors lézerkinetikai (femtokémiai) kutatásokba. Mostanában femtokémiai kísérleti adatok és fehérjekémiai NMR-mérések kinetikai elemzésével foglalkozik. 1993–2007 között a Fizikai Kémiai Tanszék vezetője, 2008-ban a Kémiai Intézet igazgatója, 2010–2013 között pedig az ELTE tudományos, kutatási és innovációs rektorhelyettese volt. Az MTA Fizikai Kémiai Bizottságának és Reakciókinetikai- és Fotokémiai Munkabizottságának aktív tagja 1993 óta. 2009-ben a „Custodes Vinorum de Villány" borlovagrend tiszteleti tagjává avatta.

Király Kristóf
A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Gépészmérnöki Karának mechatronikai mérnöki mesterképzésének hallgatója. Az alapképzésen az optomechatronika területére specializálódtam, így adott volt a témakör iránti érdeklődésem. Kifejezetten érdekelt a látásproblémákkal küzdő emberekre optimalizált világítás problémája, részben saját érintettség okán is.

Kolláth Zoltán A fizikai tudományokban szerezte PhD fokozatát 1990-ben majd a Magyar Tudományos Akadémia doktora lett 2003-ban. Jelenleg az Eszterházy Károly Katolikus Egyetem Fizika Tanszékének egyetemi tanára, a Környezeti Fényviszonyok Kutatócsoport vezetője. A Világítástechnikai Társaság tagja 2008 óta. Egyéb tagságai: Nemzetközi Csillagászati Unió, CIE TC2-95 és TC4-58 Technikai Bizottságok, MTA Csillagászati és Űrfizikai Tudományos Bizottság, Nemzetközi Sötét Égbolt Társaság (IDA).

✞ **Kosák Gábor**
Okl. villamosmérnök, az MSZT/NB1 Magyar Nemzeti Elektrotechnikai Bizottság titkára
A BME Villamosmérnöki karának, Erősáramú szakán diplomázott 1985-ben. Jelenleg a Magyar Szabványügyi Testület szabványosító menedzsere, az elektrotechnikai erősáramú szabványosítással foglalkozik. 22 műszaki bizottság titkára, a nemzetközi IEC és az európai CENELEC szabványosító szervezetekbe bejelentett nemzeti bizottsági titkár.

Dr. Kovács Béla
Közgazdász, a közgazdaságtudományok doktora, nemzetközi gazdasági szakértő, okleveles adószakértő. Az Electro-Coord Magyarország Nonprofit Kft. ügyvezetője és a Eucolight világítástechnikai hulladékok begyűjtésével és újrahasznosításával foglalkozó európai szövetség Logisztikai Munkacsoportjának tagja.

Dr. Kránicz Balázs
Okleveles mérnökinformatikus. PhD fokozatát 2002-ben szerezte Schanda János professzor úr doktori iskolájában az akkori Veszprémi Egyetemen. 2001-től 2013-ig a Veszprémi, mai nevén Pannon Egyetemen dolgozott oktatóként és kutatóként. 2013-tól a Continental Automotive Hungary Kft. munkatársa, jelenlegi pozíciója szenior szoftverfejlesztő mérnök. A mai napig 73 diplomadolgozat és szakdolgozat készült témavezetésével. Számos szakmai díj birtokosa, 2017-ben és 2018-ban pedig már a Continentalnál vehette át egy-egy lelkes kis csapattal a Vállalati díj ezüst fokozatát. A munkahelyváltás ellenére örök szerelmének, a fénynek és a kutatásnak soha nem fordított hátat – lásd az évkönyvben megjelent publikációt. 2021-ben a Pannon Egyetem címzetes egyetemi docensi címben részesítette.

Dr. Nagy Balázs Vince
Egyetemi docens a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Mechatronika, Optika és Gépészeti Informatika Tanszékén. A Mechatronika szak és az Optomechatronika specializáció felelőse a BME-n. Gépészmérnöki mester diplomával és doktori fokozattal valamint mérnök-közgaszdász diplomával rendelkezik, emellett világítástechnikai szakmérnök. A CIE Division 1 magyar képviselője. Kutatási területei a világítástechnika, emberi látás és érzékelés vizsgálata valamint a színtan.

Némethné Vidovszky Ágnes
Okl. villamosmérnök, okl. gazdasági mérnök. Egyetemi doktori fokozatát Vasútvilágítás gazdasági kérdéseiből írt disszertációval szerezte. Közigazgatásban vasútvilágítással foglalkozott. Oktatott a BME VIK-en és oktat a BME KJK MTK intézetében. A VTT alelnöke, nyugdíjas.

Dr. Pilter Zoltán

Vegyészmérnök, a Környezettudományok Doktora Termékszabályozási Vezető – Tungsram Group. Devecserben született, jelenleg Dunakeszin él családjával, három gyermek édesapja. 1992-ben végzett vegyészmérnökként a Veszprémi Egyetemen, majd 2000-ben környezettudományokból doktorált ugyanott. 1998-től a GE Lighting-nál dolgozott fejlesztőmérnökként majd termékmenedzserként, 2010-től a termékek törvényi megfelelőségét felügyelő csoport vezetője. Jelenleg ugyanebben a pozícióban a GE Lighting európai üzletágát felvásárló Tungrsam Group munkatársa. Munkája során több európai és európán kívüli szakmai szervezet munkájában aktívan részt vett közreműködő és vezető pozíciókban egyaránt.

Dr. Poppe András

okleveles villamosmérnök, az MTA doktora, a BME Elektronikus Eszközök Tanszéke tanszékvezetője, egyetemi tanár. Szakterülete: félvezető eszközök, különösen LED-ek méréstechnikája, multi-domain modellezése, szimulációja. Tagja a JEDEC JC15-ös szabványosítási bizottságnak és a CIE több műszaki bizottságának, a CIE TC2-84-es műszaki bizottság elnöke, a VTT alelnöke

Dr. Szabó Péter Gábor

okleveles villamosmérnök, PhD, a BME VIK Elektronikus Eszközök Tanszékének egyetemi docense. Főbb szakterülete a mikroelektro-mechanikus rendszerek modellezése és karakterizációja, valamint az elektronikus eszközök és rendszerek termikus viszonyainak modellezése és szimulációja. Tagja a Hírközlési és Informatikai Tudományos Egyesület Mikro- és nanoelektronikai szakosztályának.

Szekeres Sándor

Okl. gépészmérnök, nyugdíjas Az Egyesült Izzóban különböző területeken dolgozott 34 évig, majd az Elektro Profi Kft.-nél 10 évet. 1993 óta tagja a MEE világítástechnikai tagozatának. A Társaság székhelyének a Világítás Házának kialakításában és szervezésében végzett munkáját 2012-ben Bláthy díjjal ismerték el. 2018-ban a VTT Pollich díjjal értékelte munkáját. A Magyar Világítástechnikáért Alapítvány kuratóriumi elnöki tisztét töltötte be 2010-2012 közt. A MEE Technikatörténeti, valamint a MEE Etikai Bizottságának tagja.

Urbin Ágnes

PhD kutatását a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Gépészmérnöki karán, a Mechatronika, Optika és Gépészeti Informatika tanszéken végzi, ugyanitt oktat is.

Kutatásának célja az emberi színlátás, azon belül elsősorban a kromatikus adaptáció pontosabb megértése.

Dr. Varga Péter János

Egyetemi adjunktus, Óbudai Egyetem Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar Híradástechnika Intézet.

A Kandó Kálmán Műszaki Főiskolán szerezte villamosmérnök diplomáját 1999-ben. A Miskolci Egyetemen 2007-ben MSc képzésen informatikus lett. PhD fokozatát 2013-ban szerezte meg. 2013-tól egyetemi adjunktus az Óbudai Egyetemen, ahol Híradástechnika és Optikai hálózatok tárgyakat oktat.

Dr. Wenczel Klára (Wenzel Gottfriedné Dr Gerőfy Klára)

Gépészmérnök, kandidátus, habil, Finommechanikai szakmérnök, egyetemi magántanár

Budapesti Műszaki es Gazdaságtudományi Egyetem, MOGI Tanszék

Tudományos munka: *Veszprémi Akadémiai Bizottság (VEAB) elnöke: 2014-2018, A CIE magyarországi 1. Szakcsoport vezetője 2018-ig, az AIC magyarországi vezetőségi tagja, a Kolorisztikai Egyesület vezetőségi tagja, az International Colour Vision Society (ICVS) tagja.*

Kitüntetések: *Munka érdemrend bronz fokozata 1987, Pro Scientia kitüntetés 1993, Pro Scientific Student Work kitüntetés 1994, Pro Education kitüntetés 1997, Genius Feltalálói Kiállitás nagydíja 1998, Urbanek dij 2012, VTT Nívódíj 2014, Gergely-Szirákidíj2017–BME-GPK-Életmű-díj-2020*

Tudományterület: *A színtévesztés korrekciója, A színlátás mérése*

E-mail: wenzel.klara@gmail.com, Tel.: 06-20-944 9990

Dr. Wühlr Tibor

Egyetemi docens, Óbudai Egyetem Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar Híradástechnika Intézet.

A Kandó Kálmán Műszaki Főiskolán villamos üzemmérnök diplomáját 1990-ben szerezte meg, a Budapesti Műszaki Egyetemen 1993-ban villamosmérnökként végzett. PhD fokozatot 2007-ben szerezte meg, 2016-ban habilitált. Jelenleg az Óbudai Egyetem Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar Híradástechnika Intézet műszaki tudományos igazgatóhelyettese, digitális jelfeldolgozást (DSP), híradástechnikai tárgyakat oktat.

ELEKTROTECHNIKA NAGYDÍJ
Alapítva: 1969
Évente kiadható díjak száma: 1

1972: Gergely Pál ✞
1980: dr. Sziráki Zoltán ✞
1991: Debreczeni Gábor ✞
1993: dr. Horváth József ✞
1998: dr. Lantos Tibor ✞
2002: Kádár Aba ✞
2007: Dr. Schanda János ✞
2011: dr. Borsányi János ✞
2021: Almási Sándor

ZIPERNOWSKY-DÍJ
Alapítva: 1912
Évente kiadható díjak száma: 1

1933: dr. Selényi Pál ✞
1947: Szigeti György ✞
1983: Dr. Schanda János ✞
1996: dr. Horváth József ✞

DÉRI-DÍJ
Alapítva: 1960
Évente kiadható díjak száma: 1

1975: Vincze Vilmos ✞
1981: Gergely Pál ✞
1984: Debreczeni Gábor ✞
1991: dr. Gelléri Emil ✞
1992: Vadas Gábor ✞
1994: Jáni Józsefné ✞
Poppe Kornélné
1995: Várkonyi László
2000: Vonnák István
2007: Tóth Zoltán
2008: dr. Kránicz Balázs
2010: Arató András
2012: Kerekes Béla ✞
2018: Dr. Poppe András
2021: Rajkai Ferenc

BLÁTHY-DÍJ
Alapítva: 1958
Évente kiadható díjak száma: 2

1962: dr. Sziráki Zoltán ✞
1971: Gregor Aladár ✞
1971: Kádár Aba ✞
1979: Debreczeni Gábor ✞
1985: dr. Gelléri Emil ✞
1992: dr. Lantos Tibor ✞
1994: Nagy János
1997: Horváth József
1997: Némethné Vidovszky Ágnes dr.
1998: Radványiné Novotny Olga
2001: Pollich János ✞
2004: Gyöngyösi Géza
2007: Rajnoha László
2012: Szekeres Sándor
2013: Almási Sándor
2019: Kovácsné Jáni Katalin

VEREBÉLY-DÍJ
Alapítva: 1983
Évente kiadható díjak száma. 1

2015: Rajkai Ferenc

KANDÓ-DÍJ
Alapítva: 1979
Évente kiadható díjak száma: 4

1990: Gyöngyösi Géza
1991: Kosztolicz István
1995: Borkovits György
1996: Déri Tamás
2003: Dumetovics János
2005: Almási Sándor
2007: Schulcz Gábor
2009: Pelle Ervin
2010: Budai Béla
2011: Major Gyula
2012:Balogh János Miklós ✞
2014: Kovács Csaba

STRAUB-DÍJ
Alapítva:1985
Évente kiadható díjak száma:1

1985: Kádár Aba ✞
1997: Lengyel János
2000: Rajnoha László

URBANEK-DÍJ
Alapítva: 1985
Évente kiadható díjak száma: 1

1985: Faragó György ✞
1986: Dr. Schanda János ✞
1987: dr. Sziráki Zoltán ✞
1988: Jáni Józsefné ✞
1989: Radványiné Novotny Olga
1990: dr. Borsányi János ✞
1991: Hauser Imre ✞
1992: Poppe Kornélné
1993: Vincze Vilmos ✞
1994: Pollich János ✞

1995: Szilas Péter
1996: Almási Sándor
1997: dr. Takács György ✞
1998: Kosztolicz István
1999: Debreczeni Gábor ✞
2000: Böszörményi Béla
2001: Nagy János
2002: Arató András
2003: Némethné Vidovszky Ágnes dr.
2004: Nagy József
2005: Schwarcz Péter
2006: Déri Tamás
2007: Esztergomi Ferenc ✞
2008: Máthé Jenő ✞
2009: dr. Székács György
2010: Várkonyi László
2011: Dr. Majoros András
2012: Dr. Wenzel Klára
2013: dr. Vetési Emil
2014: Molnár Károly Zsolt
2015: Kulcsár Ferenc
2016: Buczny Grzegorz
2017: Dr. Szabó Ferenc phd
2018: Láng Ernő
2019: Zaymus Vince
2020: Major Gyula
2021: Dr. Kolláth Zoltán

NÍVÓ-DÍJ

Évente kiadható díjak száma: 3

1989: dr. Lantos Tibor ✞
1990: dr. Gelléri Emil ✞
1993: Déri Tamás
1993: Némethné dr. Vidovszky Ágnes
1994: Szőnyi László
1994: dr. Vetési Emil
1995: Haász Ferenc
2006: Molnár Károly
2007: Kosztolicz István
2008: Dr. Majoros András
2009: Deme László
2011: Schulcz Gábor
2014: dr. Wenzel Klára
2015: Dr. Kránicz Balázs
2017: Dr. Csuti Péter
2019:Király Tamás

MEE ÉLETPÁLYA-ELISMERÉS

Alapítva:1994
Évente kiadható díjak száma:4

1995: Kádár Aba ✞
1996: dr. Borsányi János ✞
1997: Lengyel János
1997: Vincze Vilmos ✞
2000: Poppe Kornélné
2002: Hauser Imre ✞
2004: Jáni Józsefné ✞
2005: Szilas Péter
2005: Zala Kurtné
2008: Schnur Gábor ✞
2009: Kosák Józsefné
2010: Kosztolicz István
2012: Budai Béla
2013: Szőnyi László
2014: Radványiné N. Olga
2016: Dr. Vetési Emil
2017: Gyöngyösi Géza
2018: Dézsi Gyula
2020: Dr. Majoros András
2021: Petrikovicsné Asbóth Zsuzsanna

VILÁGÍTÁSTECHNIKAI TÁRSASÁGÉRT DÍJ

Dr. Borsányi János ✞
Böszörményi Béla
Déri Tamás
Hauser Imre ✞
Hiezl József
Jáni Józsefné ✞
Kosztolicz István
dr. Lantos Tibor ✞
Nagy János
Nagy József
Némethné dr. Vidovszky Ágnes
Pintér Árpád
Poppe Kornélné
Radványiné Novotny Olga
Veres Sándorné
Gyökeres Sándor
Vincze Vilmos ✞

VILÁGÍTÁSTECHNIKAI TÁRSASÁGÉRT – POLLICH JÁNOS DÍJ

Alapítva: 2002
Évente kiadható díjak száma: 1

2002: dr. Horváth József ✞
2003: Vincze Vilmos (posztumusz) ✞
2004: Kosztolicz István
2005: Kosák Józsefné
2006: Radványiné Novotny Olga
2007: Pécsi Tivadar
2008: Buczny Grzegorz
2009: Jáni Józsefné ✞
2010: Arató András
2011: Major Gyula
2012: Hódos Jirina ✞

2013: Almási Sándor
2014: Balogh János Miklós ✞
2015: Rajkai Ferenc
2016: Kulcsár Ferenc
2017: Pap Zoltán
2018: Szekeres Sándor
2019: Kovács Béla
2020: Forgó Krisztián
2021: --

MAGYAR VILÁGÍTÁSTECHNIKÁÉRT - GERGELY–SZIRÁKI DÍJ

Alapítva: 2002
Évente kiadható díjak száma: 1

2002: Poppe Kornélné
2003: Debrecznei Gábor ✞
2004: dr. Lantos Tibor ✞
2005: Várkonyi László
2006: Dr. Schanda János ✞
2007: Dr. Majoros András
2008: Polgár Péter ✞
2009: Szilas Péter
2010: dr. Borsányi János ✞
2011: Kosák Józsefné
2012: Esztergomi Ferenc ✞
2013: Deme László
2014: Dr. Kolláth Zoltán
2015: Zaymus Vince
2016: Kun Gábor
2017: Dr. Wenzel Klára
2018: Budai Béla

A DÍJ NEVE MEGVÁLTOZOTT MAGYAR VILÁGÍTÁSTECHNIKÁÉRT – GERGELY–DR. HORVÁTH DÍJ

2019: Kosák Gábor ✞
2020: Dr. Csuti Péter
2021: –

„PRO LUMINE" DÍJ AZ ÉV VILÁGÍTÁSTERVEZŐJE

Alapítva: 2005
Évente kiadható díjak száma: 2
Kategóriánként: 1

2005: Belsőtéri kategória:
Villányi László ✞
Némethi Ferenc
2017: Belsőtéri kategóriában nem került kiadásra

Külsőtéri kategóriában:
Hódos Jirina ✞–Pap Zoltán –Tamás László–Zaymus Vince
2018: közösségi létesítmény világítás kategóriában: Király Tamás

SZIRÁKI ZOLTÁN DÍSZVILÁGÍTÁSI DÍJ a díj pályázat útján nyerhető el, amely pályázatot a Magyar Világítástechnikáért Alapítvány ír ki

2020: Deme László – Kiss László: Stadion díszvilágítása

SCHANDA JÁNOS PUBLIKÁCIÓS ÖSZTÖNDÍJ alapítva 2014. Pályázni a magyar Világítástechnikáért Alapítványnál lehet

2018 Hegedűs János BME

A VTT TISZTELETBELI TAGJAI:

2001-től Dr. Berta István professzor, Kádár Aba (✞), Lontay Zoltán (✞)
2002-től Király István Dániel
2018-tól Ercfalvy András, Straub Dezső, Kovács Béla, Dr. Jeszenszky Sándor

A VTT TISZTELETBELI ELNÖKSÉGI TAGJA:

2009-től: Dr. Schanda János ✞

Előszó 3

KÖRNYEZETTUDATOSSÁG

Kovács Béla- Pilter Zoltán: GoGreen – Hogyan áll a világítástechnika a környezetvédelemmel és körforgásos gazdasággal? 4

Kosák Gábor: A természetes fény hasznosítása a belső terek világítására MSZ EN 17037:2019, Természetes világítás épületekben 13

LÁTÁS - SZÍNEK

Dr. Ábrahám György: Az ibolya szín érzékelése az emberi színlátó rendszerben 20

Dr. Wenczel Klára: Látás az élet utolsó pillanataiban 24

Keszei Ernő: A bor, a palack és a megvilágítás összehangolása 33

Urbin Ágnes – Nagy Balázs Vince – Nyitrai Ákos – Szabó Dániel – Sipos László: Színkülönbségek maszkolása érzékszervi vizsgálatokban 40

MÉRÉS - TERVEZÉS

Kolláth Zoltán: Csak mértékkel 44

Dr. Kránicz Balázs: Spektrális mérések dekonvolúciója spline interpolációval 49

Balázs László – Molnár Zsolt – Páva Tamás – Sejpes Zoltán: Fotonáramsűrűség-eloszlás jellemzése 56

Gosztonyi Csenge Luca - Király Kristóf – Urbin Ágnes: Lakásvilágítás tervezési szempontjai glaukómás felhasználó igényeit figyelembe véve 66

Hegedűs János-Hantos Gusztáv – Szabó Péter Gábor – Poppe András: Egy világításkorszerűsítési projekt megbízhatósági problémái 74

Varga Péter János – Wühlr Tibor – Balázs László: Villamosmérnöki szakterületek találkozása: épületvilágítás és infokommunikáció 89

Kermann: Intelligens vezérlés (Pr cikk) 97

Erbeszkorn Lajos: Pontosítás a Planck görbékre alapozott, tömörített fényforrás jellemzők meghatározásához 100

TÖRTÉNELEM AZAZ ÉVFORDULÓK, FÉNYÉVEK ÉS TÖRTÉNETEK

Bársony István: Tíz éves az ISA (International Solid-State Lighting Alliance)..... 107

Szekeres Sándor:Adatok Túry Pál életéből 114

Láng Antal: Fényéveim Életem a villamosiparban 118

Bengyel Gyuláné: Mit jelent számomra a világítástechnika?..... 120

Horváth Péter: "Neonfényes" Budapest a fényreklámok technikája,
múltja és egy tévedés leleplezése 125

A 25 éves VTT története 139

NEKROLÓGOK

Kádár Aba..... 149

Hódos Jirina..... 151

Kosák Gábor..... 153

Gábor András 154

Füzes Attila..... 155

Balogh János Miklós 156

Schnur Gábor..... 157

A VTT pártoló és támogató tagjai 159

Szerzőink 160

Díjazottaink 163