

# Fényforrás jellemzőkről – a világítástechnika legelső fejezeteként

– Vetési Emil –

## 1. Miért a „legelső”?

Három feltevésemre alapozom a „szokásos” sorrend – javasolt – megváltoztatásának indokait.

**Első indok:** Fél évszázadon belül megjelent két (egyenként félezer oldalas) könyv: 1962-ben a VILÁGÍTÁSTECHNIKA [1], 1977-ben a GYAKORLATI VILÁGÍTÁSTECHNIKA [2].

E könyvek kezdő fejezeteit – véleményem szerint – első olvasásra csak a fizikusok értik meg, míg a világítástechnikával ismerkedő mérnökök inkább „visszalapoznak”, miután elérkeznek a fényforrások fejezetéhez.

**Második indok:** A világítástechnika iránt érdeklődő „más szakmák emberei” – tapasztalatom szerint – az alkalmazástechnika fejezetével kezdik az olvasást, és a fényforrások fejezetére „lapoznak vissza”.

**Harmadik indok:** 1985-ben a (negyedezer oldalas) FÉNYFORRÁSOK [3] könyv kiadását a fényforrások témája iránti „kereslet” indokolta. Ezen és ebben a „fényforrás” fogalom már könyvcímként, ill. nemcsak fejezetcímként szerepelt (szerkesztője, lektora, első fejezeténekszerzője is fizikus).

## T. Olvasó!

Felsorolt feltevéseim indokolták e tanulmány megírását, amely még csak nem is a fényforrásokat, hanem e téma kis részletét: a fényforrásjellemzők egy részét tárgyalja. A „kis részlet” jelző szubjektív indoka 1964-es keltezésű. A mérnöktovábbképző előadónak „felkészítőjén” felejtethetetlen tanácsot adott Gregor Aladár (aki az [1] könyv „szövegét ellenőrizte”): „Ha egy nagy téma minél kisebb, – sőt ismeretlen – részletéről beszélsz, annál nagyobb figyelemmel hallgatnak, és – tette hozzá – azért ismeretlen, mert ezt az előadásodra te találtad ki”. 30 évvel később a IV. Országos Egészségügyi Konferenciára készülve kellett kita-

lálnom azt a kis részletet, amivel „30 perc alatt” felkelhettem a kórházigazgatók, főorvosok, főmérnökök, „fővezetők” figyelmét a világítástechnika iránt.

E tanulmány ezt a „kis részlet”-et dolgozza fel.

A mennyiség megnevezése	A mennyiség jele	Mértékegység	A mértékegység jele
Fényhasznosítás	$\eta^*$	lumen per watt	lm/W
Élettartam	T	óra	h
Általános színvisszaadási index	R <sub>a</sub>	-dimenzió nélküli szám	l-
Színhőmérséklet /korrelált színhőmérséklet	CCT	kelvin	K
Felfutási idő	t <sub>F</sub>	másodperc	s
Újragyújtási idő	t <sub>U</sub>	másodperc	s
Egység-teljesítmény	P <sub>e</sub>	watt	W
Egységfényáram	$\phi_e$	lumen	lm
Egységfényenergia	Q <sub>e</sub>	lumenóra	lmh
Térfogategységfényáram	$\varphi_V$	lumen/köbcentiméter	lm/cm <sup>3</sup>

## 1. táblázat Fényforrásjellemzők

## 2. Egy új – és hasznos – fényforrásjellemző

Az 1. táblázatban összefoglaltam a fényforrásjellemzőket. Azért került az utolsó sorba a térfogategységfényáram jellemző, mert erről nem hallottam-olvastam-tanultam addig, amíg egy német nyelven írt könyvből kitépett lapon rá nem találtam különböző fényforrások ábráira és a melléjük írt mértékegységre, de a mennyiség megnevezése nélkül. Így rám hárult a név kitalálásának feladata, de soha nem mondtam le a szerző megtalálásáról. Minden írásom irodalomjegyzékébe beírtam, és ebbe is beírom: [4] „Térfogategységfényáram. Aki ismeri a

# Fényforrás jellemzőkről – a világítástechnika legelső fejezeteként

szerzőt és a forrást, szíveskedjék megírni a szerkesztőségbe.” Ennek az új jellemzőnek a fogalmát a mértékegysége (lm/cm<sup>3</sup>) félreérthetetlenül megmagyarázza.

Úgy gondolom, hogy a lámpatervezők – belsőépítészek – világítástervezők – oktatók a munkájuk során eredményesen hasznosíthatják ennek az új fényforrásjellemzőnek, a „térfogategységfényáram”-nak az adatsorait.

A „talált” lapról példaként idézem a 20 W-os lineáris fénycső és a 35 W-os fémhalogénlámpás gépkocsi-fényszóró adatait:  $\varphi_V = 1,8 \text{ lm/cm}^3$ , ill.  $4300 \text{ lm/cm}^3$ .

Kiszámolva e kettő arányát – 1: 2389 – megdöbbentően nagy számot kaptam! Sok arányszám meghatározása során megtett ez az „aránypárosdi játék”... és 1977-ben kétrészes cikket írtam e témáról az Elektrotechnikába [5].

A cikkben „a gondolatmenet töretlen követhetősége érdekében” csak 3 fényforrással és csak 3 fényforrásjellemzővel számoltam. Ebben a tanulmányban is maradok az élettartam, az általános színvisszaadási index és a fényhasznosítás vizsgálatánál, továbbá az ILCOS (International Lamp Coding System – Nemzetközi lámpakódolási rendszer – MSZ IEC 61231) szerinti fényforrásjelölésnél.

## T. Olvasó!

Joggal gondolhatják: miért vettem elő a már egyszer megírt témát? Két mentségem van.

Az egyik: Az eltelt 15 év alatt tapasztaltam, hogy sok „illetékes” nem gondol a fényforrásjellemzők arányszámaira akkor, amikor éppen hasznosíthatná ezek ismeretét.

A második mentségem a 15 év alatt bekövetkezett fejlődés és változás. A fejlődés a számértékek növekedésében, a változás a fényforrásválasztékban mutatkozik. (Hiszen akkor „volt még” izzólámpa és „nem volt még” LED.)

Harmadik mentségem is van, de azt már csak közmondásként – és azt is zárójelben – merem leírni: („ismétlés a tudás anyja”). A „tudás hiányának” egy lámpaboltban szem-

és fültanúja voltam, amikor egy jobb sorsra érdemes villanyszerelő az – általam véletlenül ismert „szaktudású” – eladótól kért „ilyen lámpákat”, s mutatta a – belsőépítész szalvétájára rajzolt – „kisköröket-nagyköröket”.

Visszatérve témánkra...

## 3. Három fényforrás három fényforrásjellemzőjének tanulmányozása a határérték-egyeneseikkel

A határérték-egyenese fogalma: az adott jellemző leghisebb és legnagyobb számértékének egy egyenesen történő ábrázolása, kiegészítve annak a fényforrásnak a megnevezésével, amelyikre érvényes a beírt érték.

Az 1. ábrán megrajzoltam 3 fényforrásjellemző ("η" fényhasznosítás, "t" élettartam, "R<sub>a</sub>" általános színvisszaadási index) határérték-egyeneseit.

A határérték-egyeneseiken megadtam 3 fényforrás – az "IA" általános világítási célú izzólámpa, a "LED" Light Emitting Diode világítódiodó, és az "L" kisnyomású nátriumlámpa – „helyzetét”.

\*Az 1.a. ábrán bejelöltem az IA-t 10, és az L-et 200 lm/W fényhasznosítással (zárójelben a LED 100 lm/W számértékét is feltüntettem). Az arányszám 1:20. A többi fényforrás ezek a határok között van (a LED-é 1:10).

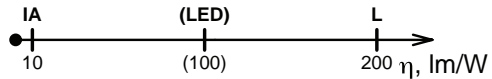
Az 1.b. ábrán az IA 1 kh, és a LED 50 kh élettartammal szerepel. Az arányszám 1:50. A többi fényforrás e két arányszám közé kerül (pl. az L névleges élettartama: 18 kh).

Az 1.c. ábrán látható az L „l”-es, míg az IA 100-as R<sub>a</sub> általános színvisszaadási indexe. Az idézőjelek közé írt 1 szám a kisnyomású nátriumlámpa „nem értelmezhető” színvisszaadását szimbolizálja. Az arányszám 1:100. A többi fényforrás e két érték közé kerül (pl. a LED általános színvisszaadási indexe: 90...95).

Levonható a következtetés: a **KÜLÖNBÖZŐ fényforrások AZONOS fényforrásjellemzőinek számarányai széles intervallumban találhatóak.** (A vizsgálat

## Fényforrás jellemzőkről – a világítástechnika legelső fejezeteként

ba bevont fényforrások és fényforrásjellemzők esetében ezek az arányszámok 1-től 20-ig, 1-től 50-ig és 1-től 100-ig, tehát jogosan „szélesnek” nevezhető határok között jelentek meg.)

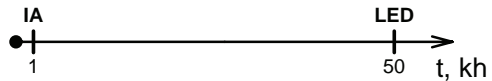


1.a. ábra: Az  $\eta^*$  fényhasznosítás határérték-egyenesei (lépték nélkül).

Az intervallum min./max. értékeinek aránypárjai:

--IA : LED=10 lm/W : 100 lm/W = 1:10

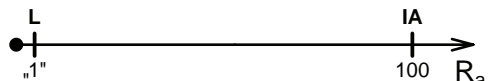
--IA : L = 10 lm/W : 200 lm/W = 1: 20



1.b. ábra: A t névleges élettartam határérték-egyenesei (lépték nélkül).

Az intervallum min./max. értékeinek aránypárja:

--IA : LED = 1000 h : 50 000 h = 1: 50



1.c. ábra: Az  $R_a$  általános színvisszaadási index határérték-egyenesei (lépték nélkül).

Az intervallum min./max. értékeinek aránypárja:

--L : IA = „1”:100 (az „1” szimbolizálja az L „nem értelmezhető” színvisszaadását)

1. ábra: KÜLÖNBÖZŐ fényforrások (IA, LED, L) AZONOS fényforrásjellemzőinek ( $\eta^*$ , t,  $R_a$ ) számértékei széles intervallumban találhatóak (lépték nélkül)

Mire használható az így megszerzett tudás?

A beruházók – tervezők – üzemeltetők – oktatók a napi munkájuk során hasznosítják a megfogalmazott következtetést.

Talán más információkat is hordoz ez a 3 határérték-egyenes?

Igen!

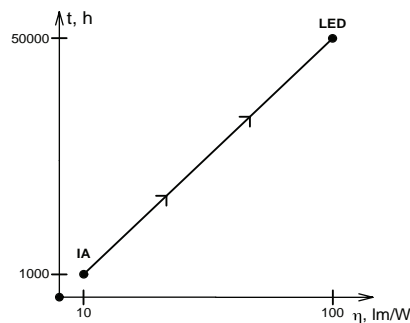
4. Két-két fényforrás jellemzőinek tanulmányozása egy-egy közös koordináta-rendszerben

Állítsunk egymásra merőlegesen 1-1 határérték-egyenest, metszéspontjukat jelöljük 0-val, és a 2. ábrán élénk tárul 2 derékszögű koordináta-rendszer! Az abszcissa mindkét rendszerben az 1.a. ábra szerinti  $\eta$  fényhasznosítás-egyenes.

Milyen következtetéseket vonhatunk le a fényforrások jellemzőinek – egy közös koordináta-rendszerben szemléltetett – helyzetéből? Érdekeseket!

Érdekeseket!

Olvassuk le az a. és b. ábráról!



2.a. ábra: Az  $[\eta^* - t]$  koordináta-rendszerben egyszerre szemléltethető az IA fényforrás...

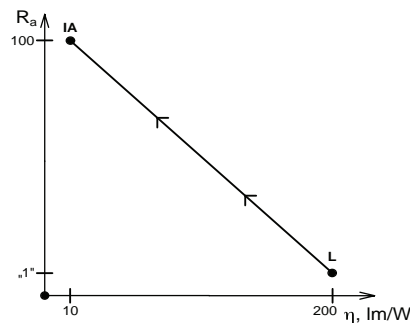
...2 hátránya (: a legkisebb  $\eta^*$  fényhasznosítás és a legrövidebb t élettartam), továbbá a LED fényforrás...

...2 előnye (:a nagy  $\eta^*$  fényhasznosítás és a leghosszabb t élettartam).

A koordináta-rendszerből kivehető aránypárok:

--IA : LED=10 lm/W : 100 lm/W = 1:10

--IA : LED = 1000 h : 50 000 h = 1: 50



2.b. ábra: Az  $[\eta^* - R_a]$  koordináta-rendszerben egyszerre szemléltethető 2 fényforrás (az IA és az L)...

...1-1 hátránya (: az IA -nak a legkisebb az  $\eta^*$  fényhasznosítása, ill. az L-nek „nem értelmezhető” az  $R_a$  színvisszaadása), valamint...

...1-1 előnye (: az IA-nak legjobb az  $R_a$  általános színvisszaadási indexe, ill. az L-nek a legnagyobb az  $\eta^*$  fényhasznosítása).

A koordináta-rendszerből kivehető aránypárok:

--IA : L = 10 lm/W : 200 lm/W = 1: 20

--L : IA = „1”:100

2. ábra: A 3 határérték-egyeneseiből ( $\eta^*$ , t,  $R_a$ ) szerkesztett [f-t] és [f-Ra] határérték-koordináta-rendszerekben egyszerre szemléltethetők 3 vizsgált fényforrás (IA, LED, L) előnyös és hátrányos jellemzői (lépték nélkül).

## Fényforrás jellemzőkről – a világítástechnika legelső fejezeteként

A 2.a ábrán az ordináta az 1.b ábra t élet-tartam-egyenese.

Az izzólámpa és a LED jellemzőinek helyzetéből levonható következtetés:

Az izzólámpa két hátránnyal, míg a LED fényforrás két előnnyel rendelkezik a többi fényforráshoz viszonyítva. Részletezve:

--Az IA két hátránya: legkisebb a fényhasznosítása, legrövidebb az élettartama.

--A LED két előnye: viszonylag nagy a fényhasznosítása, leghosszabb az élettartama.

A 2.b ábra ordinátája az 1.c ábra  $R_a$  általános színvisszaadási index-egyenese.

Ebben a koordináta-rendszerben az egyszerre szemléltethető két fényforrás jellemzőinek helyzetéből levonható következtetések közül az első:

Az izzólámpának és a kisnyomású nátriumlámpának egy-egy hátránya van a többi fényforráshoz viszonyítva:

-- az IA hátránya: legkisebb a fényhasznosítása,

-- az L hátránya: „nem értelmezhető” a színvisszaadása.

Második következtetés: e két fényforrásnak egy-egy előnye van a többi fényforráshoz viszonyítva:

-- az IA előnye: legjobb az általános színvisszaadási indexe,

-- az L előnye: legnagyobb a fényhasznosítása.

5. Mit rejtenek a „kerek” számértékek? – Mik a következtetések?

Természetesen „kerekített” számokat! A következtetéseket két elméleti vizsgálat alapján fogalmazom meg.

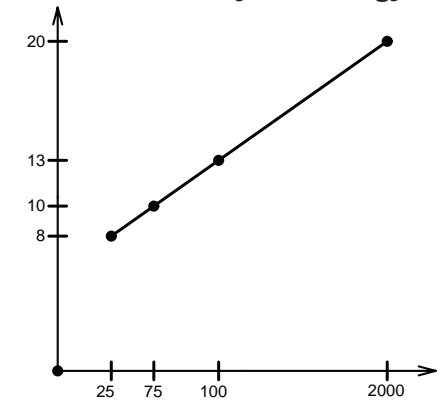
**Első vizsgálat:** Az 1.a. ábra szerinti fényhasznosítás-egyenesen bejelölt kerek 10 lm/W számérték mennyire alkalmas az izzólámpa fényhasznosításának megadására?

A válasz megfogalmazásához megint egy koordináta-rendszert alkotunk: a 3. ábrán az ordináta az  $\eta^*$  fényhasznosítás-egyenes, mégpedig a 10 lm/W környékének kinagyításával a 8...20 lm/W intervallumban.

Abszcisszaként a  $P_e$  egységteljesítmény egyenesét használjuk a 25...2000 W teljesítményhatárok között. A katalógusadatok alapján megrajzolt egyenesen (egyenes, mert ln-léptékű!) látható, hogy a kereken 10 lm/W a 75 W-os izzólámpa fényhasznosítása. (A 100 W-osé 13 lm/W. Technikatörténeti érdekességként megjegyzem, hogy 1940-ben a TUNGSRAM 100 W-os kriptonlámpája 15 lm/W fényhasznosítású volt [6].)

**Következtetés:** alkalmasak lehetnek a kerekített számok a jellemzők megadására, mert – az ábrából leolvashatóan – a nagy arányban (1:80) különböző egységteljesítmények hatása a fényhasznosításokra ennél kisebb arányú (1:2,5).

E következtetésen túlmenően azt is megállapíthatjuk, hogy egy (=AZONOS!) fényforrás (pl. az IA) két KÜLÖNBÖZŐ jellemzője (pl.:  $P_e$  és  $\eta^*$ ) KÜLÖNBÖZŐ arányban hat egymásra.



3. ábra: A  $[P_e - \eta^*]$  koordináta-rendszerben szemléltethető 1 (=AZONOS!) fényforrás (IA) két KÜLÖNBÖZŐ jellemzőjének ( $P_e$  és  $\eta^*$ ) egymásra hatása: a nagy (pl. 1:80) arányban különböző  $P_e$  egységteljesítmény hatása az  $\eta^*$  fényhasznosításra kisebb (pl. 1:2,5) arányú. Léptékek:

--  $P_e$ ... ln

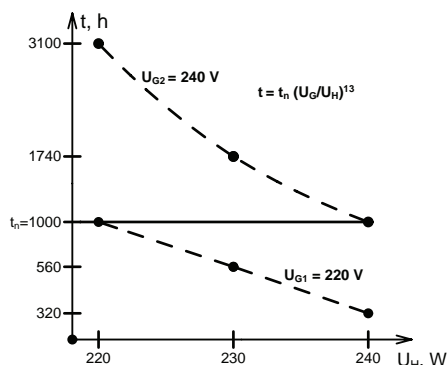
--  $\eta^*$ ... 1 mm \_ 0,4 lm/W

A koordináta-rendszerből kivehető aránypárok:

--  $P_{e\min} : P_{e\max} = 25 \text{ W} : 2000 \text{ W} = 1 : 80$

--  $\eta^*_{\min} : \eta^*_{\max} = 8 \text{ lm/W} : 20 \text{ lm/W} = 1 : 2,5$

## Fényforrás jellemzőkről – a világítástechnika legelső fejezeteként



4. ábra: Az  $[U_H - t]$  koordináta-rendszerben szemléltethető az üzemeltetési körülmények (pl. az  $U_H$  hálózati feszültség) hatása 1 fényforrás (IA) 1 jellemzőjére (pl.  $t$  élettartamára): az  $U_H$  hálózati feszültség kis (pl. 1:1,1) arányú változása a 2 különböző (pl. 1:1,1 arányú)  $U_G$  feszültséggel gyártott fényforrás (IA)  $t$  élettartamára nagyobb (pl. 1:3,1) arányban hat.

Paraméter: az IA fényforrás  $U_{G1}$  és  $U_{G2}$  gyártási feszültsége.

Léptékek:

--  $U_H \dots 1 \text{ mm} \div 0,5 \text{ V}$

--  $t \dots 1 \text{ mm} \div 50 \text{ h}$

A koordináta-rendszerből kivehető aránypárok:

--  $U_{Hmin} : U_{Hmax} = 220 \text{ V} : 240 \text{ V} = 1 : 1,1$

--  $U_{G1} : U_{G2} = 220 \text{ V} : 240 \text{ V} = 1 : 1,1$

--  $U_{G1} = 220 \text{ V} \dots t_{min} : t_{max} = 320 \text{ h} : 1000 \text{ h} = 1 : 3,1$

--  $U_{G2} = 240 \text{ V} \dots t_{min} : t_{max} = 1000 \text{ h} : 3100 \text{ h} = 1 : 3,1$

**Második vizsgálat:** Az 1.a. ábra szerinti élettartam-egyenesen bejelölt kerek 1000 h mennyire alkalmas az izzólámpa élettartamának megadására? A válasz megadásához szerkesszük meg a 4. ábrán az  $[U_H - t]$  koordináta-rendszert, amiben az ordináta az 1.a. ábra szerinti  $t$  élettartam-egyenes 1000 h környezete kb. 300-tól 3000 óráig. Abszcissa az  $U_H$  hálózati feszültség a 220...240 V intervallumban. Paraméter lesz az izzólámpa  $U_{G1} = 220 \text{ V}$  és  $U_{G2} = 240 \text{ V}$  gyártási feszültsége.

A [71] szakkönyv  $t = t_n (U_G / U_H)^{13}$ !!!! A 13: HATVÁNYKITEVŐ!!!! – képletével számolt két UG-görbével szemléltethető az – üzemeltetési körülményként meghatározott

–  $U_H$  hálózati feszültség változásának a hatása az izzólámpa élettartamára.

*Következtetések:*

I. A hálózati feszültség 1 : 1,1 arányú, tehát kis mértékű változása az izzólámpa élettartamára 1 : 3,1 arányban, azaz nagyobb mértékben hat.

II. A gyártási feszültség 1 : 1,1 arányú, tehát kis mértékű változása is 1 : 3,1 arányban, azaz nagyobb mértékben hat az izzólámpa élettartamára.

III. A kiszámolt arányok azt mutatják, hogy a kerek 1000 óra élettartam fenntartással – és csakis „névleges” jelzővel – fogadható el.

A vizsgálat eredményeit általánosítva megfogalmazható, hogy **egy (=AZONOS!) fényforrás (pl. az IA) az üzemeltetési körülményeinek (pl.:  $U_H$  és  $U_G$ ) változása és a – hatásukra bekövetkező – fényforrásjellemző-változás (pl.:  $t$ ) KÜLÖNBÖZŐ arányú.**

### 6. A fényforrásjellemzők tanulmányozásának remélt haszna

E tanulmányban ismertettem egy „megtalált”, új fényforrásjellemzőt: a  $\text{lm}/\text{cm}^3$  mértékegységű **térfogategység-fényáramot**, amelyet a lámpatesttervezők – belsőépítészek – világítástervezők – oktatók a munkájuk során **felhasználhatnak**.

Bemutattam két lehetséges **módszert a fényforrásjellemzők tanulmányozására**, amelyeket a világítástervezők – beruházók – üzemeltetők – oktatók a munkájuk során **hasznosíthatnak**

- az egyik a „határérték-egyenes”,
- a másik a „határérték-koordináta-rendszer”.

A **határérték-egyenesen** szemléltethető, hogy a KÜLÖNBÖZŐ fényforrások AZONOS fényforrásjellemzőinek számarányai széles intervallumban találhatók.

A **határérték-koordináta-rendszerben** szemléltethető, hogy – egyrészt az AZONOS fényforrások KÜLÖNBÖZŐ jellemzői **KÜLÖNBÖZŐ** arányban hatnak egymásra,