

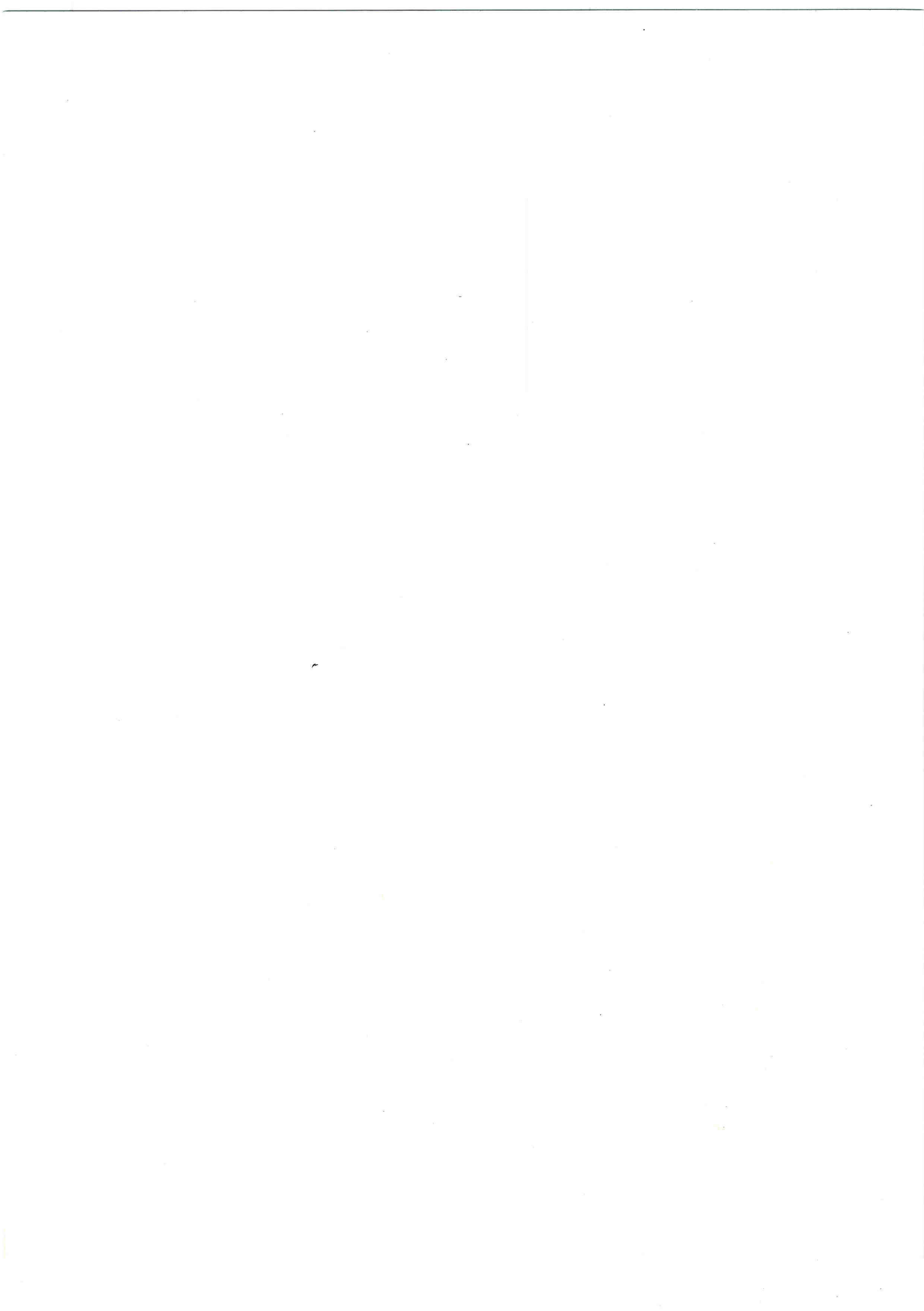
BEVEZETÉS

Jelen kiadványunkkal kettős célt kívántunk elérni. Egyrészt a már gyakorló – vagy éppen a gyakorlat elején álló – világítástechnikusok kezébe szeretnénk egy összefoglaló ismeretgyűjteményt adni, amely a legalapvetőbb fogalmakat és a legkorszerűbbnek tartott módszereket tárgyalja a ma elfogadott szóhasználattal és meghatározásokkal. A fénytechnikai terminológiát az 1991 áprilisa óta érvényes MSZ 9620 alapján alkalmazzuk, amely az 1987-es nemzetközi IEC-szabvány szerint készült. Ha figyelembe vesszük, hogy az utóbbi 15 évben magyar nyelven nem jelent meg összefoglaló jellegű munka a világítástechnikáról, jogosan remélhetjük, hogy kiadványunkat a szakemberek érdeklődéssel veszik kezükbe.

Másik célunkkal kissé távolabbra tekintünk, az Európai Unióhoz való felzárkózásunk a tudományos, műszaki, gazdasági élet valamennyi részterületén megkívánja módszereink korszerűsítését, ismereteink bizonyos fokú átértékelését, szemléletbeni megújítását, az elmúlt évtizedekben egyes, kevésbé hangsúlyozott szempontok érvényre jutását (környezetvédelem, energiatakarékosság). A magyar világítástechnikusnak eddig sem volt szégyellni valója, ami a szakképzettséget és a kreativitást illeti, ez azonban nem jelenti azt, hogy ne tanulnánk szívesen nálunk fejlettebb országoktól környezetkímélőbb, az embert jobban szolgáló műszaki megoldásokat. Ebben a kötetben néhány idevágó példával is szeretnénk a szakembereknek segíteni.

Ami a tárgyalt anyag felépítését illeti, néhány elengedhetetlenül szükséges fogalom rögzítése után azt tartottuk szem előtt, hogy a világításnak is van egy – divatos kifejezéssel élve – „hardver-” és egy „szoftveroldala”. Az első azt a kérdést vizsgálja, hogy **mivel** világítunk, a másik azt, hogy **hogyan**. Az első a világítástechnika eszközeit tekinti át, az utóbbi a tervezési eljárásokba, megoldásokba enged bepillantást mind a belső terek, mind a külső tér vonatkozásában.

A belső téri világítás tekintetében példáink esetlegesen kiragadottnak tűnhetnek, de a terjedelem szabta korlátok miatt nem is ölelhetik fel valamennyi beltérfajtát, így nem tárgyaljuk külön például a kórház-, az áruház-, a múzeum- vagy a színházvilágítást. Célunk inkább a szemléletnyújtás volt, az általános érvényű megállapítások néhány fontosnak tartott példával való illusztrálása.



VILÁGÍTÁS- TECHNIKAI ALAPFOGALMAK

Az alábbiakban a gyakorló világítástechnikus számára leg-
alapvetőbb fogalmakat tárgyaljuk, azokat, amelyek a to-
vábbi fejezetek megértéséhez *alapvetően* szükségesek.

A fényforrások által kibocsátott fényt *fényárammal* jelle-
mezzük. A fényáram a teljes sugárzott teljesítményből a
sugárzásnak a CIE fénymérő észlelőre gyakorolt hatása
alapján származtatott mennyiség.

Mértékegysége a *lumen* (lm), jele Φ .

A CIE fénymérő észlelőre gyakorolt hatás annyit jelent,
hogy nem pusztán a 380 és 780 nm-k közé eső sugárzás-
ról van szó, hanem ezen belül is csak arról, amit az embe-
ri szem a CIE által szabványosított szemérzékenységi gör-
be szerint lát (*ld. 1. ábra*).

A fényforrások általában a látható tartományon kívül is su-
gároznak: az ultraibolya (UV) és az infravörös (IR) tarto-
mányban. Ezeket nem nevezzük fénynek. Az ultraibolya
(1–380 nm) a látható tartományba és az infravörös (780 nm
– 1 mm) tartományba eső sugárzást együttesen optikai su-
gárzásnak nevezzük.

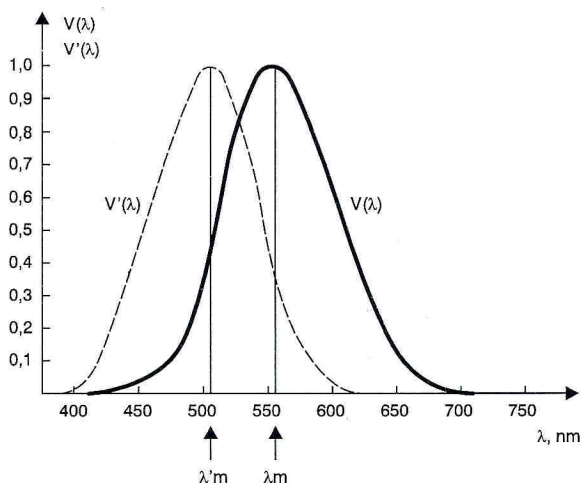
Az egyes fényforrások *fényhasznosítása* már gazdaságos-
ságukra is jellemző mutató: a kibocsátott fényáram és a
felvett teljesítmény hányadosa. Mértékegysége a lu-
men/watt ($lm \times W^{-1}$), jele η^* .

Megjegyzendő, hogy a lumen is teljesítmény jellegű men-
nyiség, de csak a fénytelsítményt jelenti, mert definíciójá-
ban szerepel a $V(\lambda)$ szemérzékenység. A fényhasznosítás
legnagyobb értéke $683 lm \times W^{-1}$ lehet, 540×10^{12} Hz-es
(555 nm-es világoszöld) monokromatikus fény esetén, ui.
itt van a $V(\lambda)$ görbe maximuma. A gyakorlatban alkalmazott
fényforrások fényhasznosítása messze elmarad ettől, rész-
ben a szükségszerű veszteségek miatt, részben mert szín-
képükben sok egyéb hullámhosszúságú sugárzás is sze-
repel, melyekhez kisebb $V(\lambda)$ értékek tartoznak.

A fényforrások fénykibocsátása különböző irányokban
nem azonos. Célszerű volt ezért a *fényerősség* fogalmának
bevezetése; a fényerősség *adott irányban* a fényforrást el-
hagyó és az adott irányt tartalmazó $d\Omega$ elemi térszögben
terjedő $d\Phi$ fényáram és az elemi térszög hányadosa. Mér-
tékegysége a kandela (cd), amely a fénytechnika SI alap-
egysége. A kandela annak az 540×10^{12} Hz frekvenciájú
monokromatikus sugárzást kibocsátó fényforrásnak adott
irányú fényerőssége, melynek sugárerőssége ebben az
irányban $1/683 W/steradián$. Jele I.

Mivel a fényáram a fényforrásnak egy adott térrészbe (vagy
teljes térszögbe) kibocsátott fényére vonatkozik, a fentiek-
ből következik, hogy a fényáram matematikailag a minden
irányban kisugárzott fényerősségek összegét, integrálját
jelenti (*ld. 2. ábra*).

A gyakorlatban a fényerősségek térbeli eloszlása a lénye-
ges, amelyet röviden fényeloszlásnak nevezünk. A fényel-
oszlási görbék egy adott síkban a fényforrást elhagyó fény-
erősség-vektorok burkológörbéi (*ld. 3. ábra*).



1. ábra.
Szemérzékenységi $V(\lambda)$ görbe fotopos (világosra adaptált) és $V'(\lambda)$ szkotopos (sötétre adaptált) látásra

A fényforrások megvilágítanak egy adott felületet. A megvilágítás a felület egy adott pontját tartalmazó felületemre beeső fényáramnak és a felületem területének a hányadosa.

Mértékegysége 1 lux (lx), jele E.

1 lux 1 m² felület megvilágítása, ha azon 1 lumen fényáram egyenletesen oszlik el.

$$1 \text{ lux} = 1 \frac{\text{lm}}{\text{m}^2}$$

A megvilágítás egyenesen arányos a felületre merőleges fényerősséggel, fordítottan arányos a sugárzó és a felület közötti távolság (r) négyzetével (fotometriai távolságtörvény). Ha nem merőleges a beesés, a felület normálisával alkotott szög cosinusával szorzandó a fényerősség értéke. A törvény szigorúan véve távoli, pontszerűnek tekinthető fényforrás esetén érvényes (ld. 4. ábra).

Szemünk fényssűrűséget észlel. A tárgyakat azért tudjuk környezetünkben egymástól megkülönböztetni, mert különböző fényssűrűség-inger érkezik róluk szemünkre. Egy felületem fényssűrűsége a felületemet merőleges irányban elhagyó fényerősségnek és a felületemnek a hányadosa.

Mértékegysége $1 \frac{\text{cd}}{\text{m}^2}$, jele L.

A felület fényssűrűsége attól függ, hogy egy (természetes vagy mesterséges) fényforrás mennyire világítja meg, és anyagi minőségének, felületi állapotának megfelelően mennyi fényt ver vissza. A sötétben vezető autós számára például nemcsak az autót megvilágítottasága, hanem az útburkolat minősége (reflexiója) is lényeges.

A látóterünkben lévő nagy fényssűrűségű ($>10^4 \frac{\text{cd}}{\text{m}^2}$) felületek káprázást okoznak.

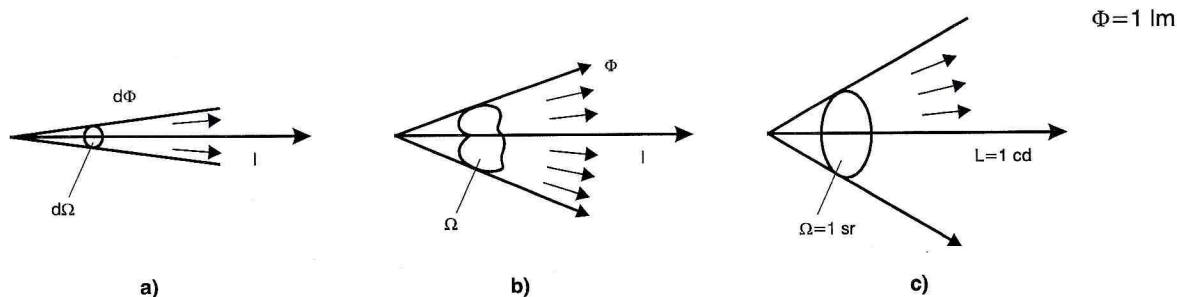
Az eddig felsoroltak közül fényforrás-jellemző elsősorban a fényáram és a fényhasznosítás. A fényerősség az irányított fényű lámpák jellemzője.

(I_{maximum} érték, illetve az I_{max} és $\frac{I_{\text{max}}}{2}$ közötti ún. „félérték-szög”).

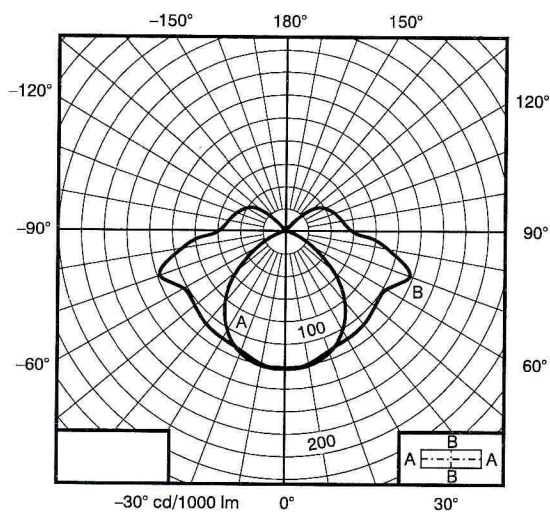
Fényeloszlással főként a lámpatesteket (2.2. fejezet) jellemezzük. Fényssűrűsége természetesen minden látható felületnek van, fényforrásnak (elsődleges sugárzó) és megvilágított felületnek (másodlagos sugárzó) egyaránt.

A fényjelenség mindig valamilyen színnel párosul. A fényforrás színtani jellemzőit a kiválasztott fény színe (spektruma) szabja meg. A színek lehet folytonos, vonalas és vegyes, vizsgálata spektrofotométerrel történik, amely a fényforrás fényét valamilyen alkalmas optikai eszközzel (prizma vagy optikai rác) közelítőleg monokromatikus (egyszínű) összetevőkre bontja.

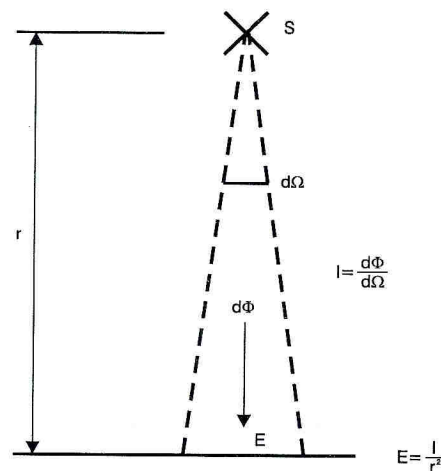
A spektrumból adódó egyik színtani jellemző a színhőmérséklet. Ennek meghatározása a fekete testtel (Planck-sugárzóval) való összehasonlításon alapszik: a fényforrás színhőmérséklete megegyezik a vele azonos színérzetet előidéző fekete test hőmérsékletével. A meghatározásból adódik, hogy ez a megfogalmazás a hőmérsékleti sugárzókra (izzólámpákra) érvényes – bár szigorúan véve a volf-



2. ábra.
Fényerősség és fényáram fogalma



3. ábra.
Fénycsöves lámpatest fényeloszlása két egymásra merőleges síkban polárkoordináta rendszerben



4. ábra.
A fotometriai távolságtörvény

rám sem fekete test. A kisülő lámpák esetében azt a feketetest-hőmérsékletet fogadjuk el színhőmérsékletnek, amelytől a szóban forgó fényforrás okozta színérzet a legkevésbé tér el. Ez az ún. *korrelált színhőmérséklet*. A kisebb színhőmérsékletű testek több vöröset, a nagyobb színhőmérsékletűek több kéket tartalmaznak. A szín azonban nemcsak fizikai, hanem pszichológiai fogalom is: a több vöröset tartalmazót „melegebb”-nek, a több kéket pedig „hidegebb”-nek érezzük. A színhőmérséklet alapján a fényforrásokat csoportokba soroljuk (ld. 1. táblázat).

Az 5. ábrán néhány fényforrás fényének spektrális eloszlását láthatjuk. A vízszintes tengelyen a hullámhossz, a függőlegesen a kisugárzott teljesítménnyel arányos mennyiség szerepel.

Másik lényeges szintani tulajdonsága egy fényforrásnak, hogy az általa kibocsátott fény milyen hűen adja vissza a különböző színeket. Ennek mennyiségi kifejezése az *átlagos színvisszaadási index* (R_a). Az átlagos azt jelenti, hogy több (8, esetenként 14) meghatározott színminta alapján számítják ki, számítógép segítségével. Legnagyobb értéke (legjobb színvisszaadás): 100, ezt csak folytonos színekpű sugárzással lehet elérni. Ilyen az izzólámpa. Vonalas spektrum esetén annál rosszabb a színvisszaadás, minél kevesebb a vonal.

A színvisszaadási index alapján a fényforrásokat osztályokba sorolják (ld. 2. táblázat).

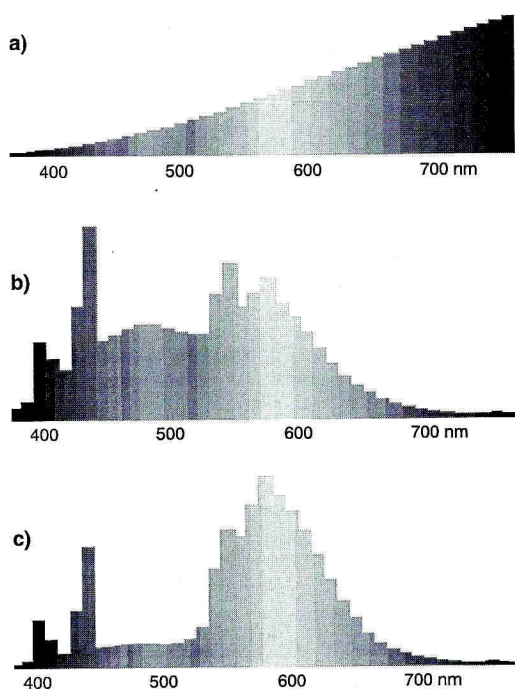
A fényforrások által kibocsátott fény a környezetünkben levő tárgyak felületéről részben visszaverődik, részben (átlátszó anyagok esetén) áthatolhat rajtuk, végül részben elnyelődik bennük. E három jelenség alapján határozzuk

1. táblázat.
Színhőmérsékleti csoportosítás

A színhőmérsékleti csoport jele	Korrelált színhőmérséklet (K)	Alkalmazási példák standard fénycsöveknél
M (meleg)	< 3300	F29 (2900K)
S (semleges)	3300–5300	F33 (4300K)
H (hideg)	> 5300	F74 (6500K)

2. táblázat.
Fényforrások osztályozása a színvisszaadási index alapján

90–100	1.A	izzólámpák ötsávos fénycsövek
80–90	1.B	kompakt és háromsávos fénycsövek
60–80	2.	standard fénycsövek jav. színvisszaad. higanylámpák
40–60	3.	jav. színvisszaad. nagy nyom. nátriumlámpák higanylámpák
< 40	4.	nátriumlámpák



5. ábra.

Spektrumok

a) izzólámpa

b) hideg fehér fénycső

c) meleg fehér fénycső

meg az anyagok fénytechnikai jellemzőit, úgymint a reflexiós tényezőt (ρ), a transzmissziós tényezőt (τ) és az abszorpciós tényezőt (α). A három fogalom analóg egymással, azt jelenti, hogy a beeső fényáram hány százaléka verődik vissza, hatol át az anyagon, illetve nyelődik el benne. Egy adott anyagi minőségű testre vonatkoztatva az előbbiekből következik, hogy

$$\rho + \tau + \alpha = 1.$$

Könnyen érthető, hogy ezeknek az anyagjellemzőknek igen nagy a világítástechnikai jelentőségük. Gondoljunk például arra, hogy a nagy reflexiós tényezőjű fehérre festett fal mennyivel világosabbá teszi a szobát egy bordó tapétához képest, vagy arra, hogy a lámpatest burájának anyaga („átlátszósága”) erősen befolyásolja a kilépő fény mértékét.

Megjegyzendő, hogy mindhárom mennyiség értéke különböző hullámhosszágú fényre más és más. (Ha nem így lenne, nem tudnánk értelmezni, hogy miért látjuk valamilyen színűnek a környezetünkben levő tárgyakat.)

A VILÁGÍTÁS- TECHNIKA ESZKÖZEI

2.1. FÉNYFORRÁSOK

A századvég éveiben is érvényes az a megállapítás, mely szerint a gyakorló világítástechnikus a fizikai alapelveket tekintve kétféle fényforrást használ:

- izzólámpát és/vagy
- kisülő lámpát.

Az izzólámpák is két csoportba sorolhatók:

- hagyományos vagy
- halogénlámpák csoportjába.

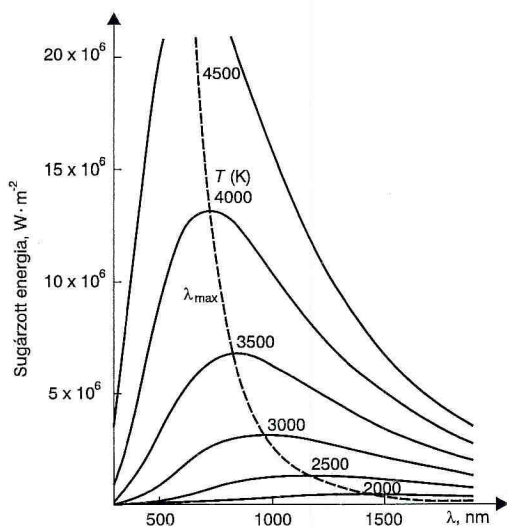
2.1.1. IZZÓLÁMPÁK

Az izzólámpák hőmérsékleti sugárzók, vagyis valamely nagy hőmérsékletre felhevített test olyan elektromágneses sugárzást bocsát ki, amelynek csekély hányada az emberi szem által látható tartományba esik. A döntő hányadot az infravörös (hő)sugárzás alkotja, s az izzó test hőmérsékletének növelésével a maximális energiakibocsátáshoz tartozó hullámhossz folyamatosan tolódik el a látható tartomány felé. Szemléletesen mutatja ezt a 6. ábra, amelyet ugyan a maximális elnyelési és kibocsátási képességű fekete testre vonatkozóan vettek fel (Planck 1900), de ezt az izzólámpákban alkalmazott volfrám – különösen nagy hőmérsékleten – viszonylag jól megközelíti.

A cél első megközelítésre magától értetődő: a lehető legnagyobb hőmérsékletre kell hevíteni az izzószálat, a Planck-görbéből minél nagyobb területet fedjen le a szemünk által észlelhető rész. (Természetesen ezen belül a 380 és 780 nm közti intervallumot a szemérzékenységi $V(\lambda)$ görbével is súlyozni kell.) A hagyományos izzólámpákban alkalmazott volfrámspirál hőmérséklete max. 2900 K, efelett a nemesgáztöltés ellenére is jelentékeny a párolgás, mely a szál elvékonyodásához vezet. Bizonyos mértékig ezen a problémán segít a *halogénlámpa*; az elpárolgó W-atomok a lámpa terébe kis mennyiségben adalékolt halogénekkal (elsősorban brómmal és jóddal) ideiglenesen volfrámhalogenidet képeznek. A hőmérsékleti zónák kialakítása olyan, hogy nem válnak ki a hidegebb burafalra, hanem visszadiffundálva a spirál melegebb környezetébe s újból szétbomolva halogén- és W-atomokra megakadályozzák, hogy újabb W-részecskék párologjanak el a szálról. Így „büntetlenül” lehet a spirált nagyobb hőmérsékletre hevíteni, ami a hagyományos lámpához képest *jelentős fényhasznosítás-növekedést* jelent. Ugyanakkor lehetőség van csekélyebb fényhasznosítás-növekedés mellett *hosszabb élettartamú* lámpák előállítására.

A bennünket körülvevő tárgyak, termékek – így a fényforrások – élettartama igen lényeges, részben gazdaságosságot is meghatározó adat.

Egy adott izzólámpa fényhasznosítása és élettartama elmentéses mozgású: a részlegesnél kisebb feszültségen üze-



6. ábra.
A fekete test (Planck-sugárzó) emisszióképessége a hullámhossz és a hőmérséklet függvényében

mellette csökken a lámpán átfolyó áram (az ellenállás hőfokfüggése miatt nem lineárisan!), a szál hőmérséklete s vele együtt a kibocsátott fényáram, ugyanakkor az aláfeszítés következtében nő a várható élettartam.

Megemlítendő, hogy az izzólámpák esetében az élettartam „drasztikusan”, a szál elszakadásával ér véget. A katalógusokban közölt élettartamérték-statisztikák szerint igen nagyszámú lámpából a legtöbb a megjelölt élettartam közvetlen közelében megy tönkre, de a Gauss-féle haranggörbének megfelelően sokat jóval előbb, illetve jóval később ér a „hirtelen halál”. Az izzólámpaspirál néhányszor 10 mikron átmérőjű, egyszer vagy kétszer spiralizált volfrámszál, melyhez a gyártás során – tulajdonságait javítva – igen kis mennyiségű elemet adnak (kálium, alumínium, szilícium). A szálszakadásnak több oka lehet, az esetleges technológiai hiányosságtól kezdve az egyenlőtlen volfrámpárolgáson keresztül a bekapcsoláskor jelen levő néhány ms-ig tartó áramlökésekig. (A szál hideg ellenállása még kicsi!)

A színhőmérséklet és a színvisszaadás a fényforrás szintani (a fény színével kapcsolatos) jellemzői. Ha a volfrámot abszolút fekete testnek tekintjük, a tényleges spirálhőmérséklet megegyezik a színhőmérséklettel. (Sárgás vagy melegfehér szín.)

Mivel az izzólámpák hőmérsékleti sugárzók, színképük folytonos, vagyis spektrumukban minden szín (hullámhossz) megtalálható, egymásba folyamatosan átmosódva. Ebből következően az izzólámpák kiváló színvisszaadásúak, bármely színű felületről reflektált fényük hűen visszaadja a felület „eredeti” (nappali világításban megszokott) színét.

A hagyományos izzólámpa működésfizikájából következően meglehetősen energiapazarló fényforrás. Ennek ellenére gyártásának és alkalmazásának még a század végén is van létjogosultsága. Néhány indok e létjogosultság mellett:

- kedvező színképi eloszlás, ideális színvisszaadás;
- egyszerű alkalmazhatóság, egyéb elektrotechnikai eszközök nem igényel;
- igen sokféle konstrukcióval, speciális rendeltetésnek megfelelően, teljesítmény- és feszültségértékkel gyártható;
- előállítás viszonylag olcsó, ára megfizethető.

Olcsósága és egyszerű üzemeltetése miatt a háztartások jó részében még ma is izzólámpa elégíti ki a beltéri világítási igényt. A jelenség oka részben esztétikai. Antik csillárhoz vagy régebbi stílusú hangulatlámpához nem mindig illik a kompakt fénycső.

A sokféle rendeltetésnek megfelelő konstrukciókra néhány példa:

- változatos burakialakítás és -felületkezelés (festett, pácolt, maratott, tükrösített burák);
- lámpaméreték széles skálája E 10-es fejű miniatűr lámpáktól az E 40-es nagylámpákig;
- különböző spirálkonstrukciók, alul- vagy túlfeszített méretezés (infralámpák, vonalizzók, szoffilámpák).

Az 3. táblázat néhány hagyományos típusú (nem halogén) izzólámpa főbb adatait (teljesítmény [P], fényáram [Φ], névleges élettartam [T_n]) tartalmazza összehasonlítás céljából. (Az üzemi feszültség mindegyiknél 230 V.)

Az izzólámpák kategóriájában a halogénlámpák – speciális alkalmazási területeken – a következő években is kere-

3. táblázat.
Hagyományos izzók főbb adatai

Megnevezés	Speciális jellemző	P (W)	Φ (lm)	T _n (h)
Normál izzó	világos bura	40	415	1000
Normál izzó	világos bura	100	1340	1000
Normál izzó	homályosított bura	100	1340	1000
Kriptontöltésű izzó	világos bura	100	1475	1000
Kriptontöltésű izzó	opál bura	100	1235	1000
Gyertyalámpa	világos bura	40	400	1000
Vonalizzó	opál bura	60	420	2500
PAR 38 reflektorlámpa	világos frontlencse	120	-	2000
			Maximális fényerősség 7000 cd	

sett fényforrások lesznek. Előnyeiket már ismertettük. Fő alkalmazási területeik:

- gépjármű-világítás (fényoszóró lámpák);
- optikai eszközök (vetítő, írásvetítő, mikroszkóp);
- nagy fényáramot igénylő beltéri világítás (filmstúdió, színpad, műterem);
- törpefeszültségű rendszerek:
 - modern, rugalmas lakásvilágítás;
 - reprezentatív belső terek (hotel, recepciók, bankok stb.);
 - kirakatvilágítás;
- kültéri alkalmazások: sportpályák, díszvilágítás.

A halogénlámpák színhőmérséklete nagyobb (3000–3200 K), a látható tartományban viszonylag többet sugároznak, de a Planck-görbék balra tolódása miatt (Wien-törvény) az UV-tartományba is jobban „beleérnek”. Tekintettel arra, hogy a halogénlámpák többségének buráját a nagyobb hőterhelés miatt kvarcból készítik, amely az UV-sugárzás jelentős részét átengedi, a káros UV kiszűrésére külön előtétüveget vagy műanyag UV-szűrőt célszerű használni (festmények védelme).

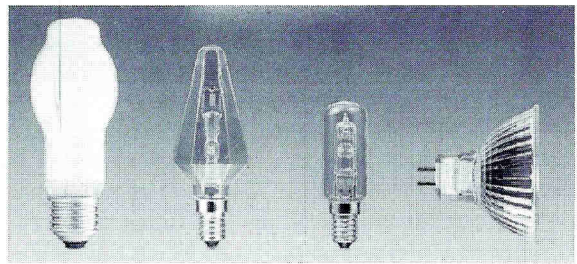
A nagyobb fényáram és a kissé megemelt színhőmérséklet (fehérebb fény) az emberi szem számára különösen kedvező színvisszaadási tulajdonságot kölcsönöz a halogénlámpáknak. Köztudott, hogy a látóideg-végződés között a csapok érzékelik a színeket, ugyanakkor minél nagyobb a megvilágítási szint, vagyis minél nagyobb az általunk érzékelt fényerősség, a csapok egyre inkább átveszik a pálcikáktól a fényérzékelés funkcióját is.

Felépítésüket tekintve a halogénlámpák ma már igen sokfélék. Valamennyinek működési feltétele, hogy a volfrám+halogén \leftrightarrow volfrámhalogénid kémiai reakció egyensúlyi hőmérséklete a spirál és a bura hőmérséklete közé essék, valamint, hogy a bura ne legyen kisebb hőmérsékletű, mint a volfrámhalogénid lecsapódási hőmérséklete. Ez a hagyományos izzólampától eltérő konstrukciót (kisebb spirál-bura távolságot) és másfajta szerkezeti anyagot követelt (lágýüveg helyett kvarcot, esetenként keményüveget).

Az utóbbi években igen népszerűvé váltak a halogénlámpás törpefeszültségű világítási rendszerek. A fényforrás legtöbbször 12 V-on működtetett halogénlámpa, melyet megfelelően méretezett, forgási ellipszoid profilú reflektor burába ragasztanak úgy, hogy a spirál tömegközéppontja az ellipszoid egyik fókuszpontjába essék. Reflektorrétegként alumíniumtükör vagy ún. *hideg tükör* szolgál.

A hideg tükör kifejlesztését a vetítőlámpakénti alkalmazás tette szükségessé: meg kellett oldani, hogy a filmre (diapozitívre) minél kisebb intenzitású hősugárzás jusson a fénynyel együtt. A hideg tükör az IR-sugárzást átengedi (hátrafelé), a fényt viszont igen jó hatásfokkal reflektálja és irányítja a filmkapu felé. Több igen vékony rétegből áll, melyeket egy kicsi és egy nagy törésmutatójú anyagból felváltva visznek fel („ λ -negyedek rétegek”).

A legújabb jelentős halogénlámpa-fejlesztés az IRC-fényforrás (Infra Red Coating). Lényege, hogy a spirálról emittált



7. ábra.
Halogén izzólampák

infravörös (hő)sugárzás egy részét a burafalra felvitt szelektív tükrözőréteg visszaverje a spirálra. Ezzel vagy az izzószál hőmérséklete (és vele együtt a fényáram) növekszik, vagy változatlan fényáram elérése céljából csökkenthetjük a hálózathoz felvett teljesítményt. A feladat megoldásához nemcsak a hővisszaverő réteg összetételének és felületi technológiájának kidolgozására volt szükség, hanem a geometriai viszonyok megfelelő kialakítására is. A hideg tükörös lámpákhoz hasonlóan alapjában véve itt is két különböző törésmutatójú anyagból készült rétegrendszerrel van szó (dielektromos interferenciaszűrő, melynek számos követelményt kell kielégíteni (hőtágulásbeli illeszkedés, fázisstabilitás, környezeti stabilitás stb.). A gyakrabban alkalmazott anyagpárok ($Ta_2O_5 - SiO_2$ és $TiO_2 - SiO_2$) felvitele katódporlasztással vagy kémiai úton oldható meg.

Az IRC-bevonatot elsősorban ceruzalámpákban alkalmazzák, de a közelmúltban a nyugat-európai piacon megjelentek a törpefeszültségű IRC-bevonatos halogénlámpák is. A gyártók elsődleges célja az energiatakarékosság, vagyis változatlan fényáram és élettartam mellett kisebb felvett teljesítmény. Így ceruzalámpák terén ugyanakkora fényáram esetén 300 W-os bevonatlan típusnak 225 W-os bevont, 500 W-os bevonatlan típusnak 375 W-os bevont felel meg.

Ez 25%-os energiamegtakarítást jelent! A hidegtükröshöz hasonló konstrukciójú törpefeszültségű halogénlámpa vonatkozásában a 35 W-os IRC-bevonatos fényforrás pótolhatja az 50 W-os bevonatlat.

Megjegyzendő, hogy a normál izzólampák tömeggyártásakor nem alkalmazzák a hőreflektáló bevonatot. Ezt részben a viszonylag nagy előállítási költség, részben a hagyományos bura- és izzószál-geometria okozta nehézségek indokolják.

2.1.2. KISÜLŐ FÉNYFORRÁSOK

A kisülő fényforrások azon az elven alapulnak, hogy az elektromos kisülések bizonyos fajtája fényjelenséggel párosul, s ez lehetővé teszi a rendszer világítástechnikai alkalmazását is. Ha egy csőben megfelelő minőségű

(összetételű) és nyomású gáz és/vagy gőz van, s e cső két végén elhelyezett elektródok közé elegendő feszültséget kapcsolunk, a kialakult elektromos erőter gyorsítja a már meglévő töltött részecskéket (elektronok és pozitív gáz-ionok). Az elektronok ütköznek a semleges gáz- (gőz-) atomokkal és kinetikus energiájuk egy részét átadva ionizálják vagy gerjesztik azokat. A keletkezett ionok részt vesznek az elektromos áram vezetésében, a gerjesztett atomok pedig fényt keltenek, melynek hullámhosszát (színét) az dönti el, hogy elektronjuk mekkora energiájú gerjesztett nívóról mekkora kisebb energiájú nívóra „zuhan vissza”.

A kisülő fényforrásokban *ívkisülés* játszódik le, melyhez 0,1–10 A nagyságrendű áramerősség tartozik; az elektródok felizzanak és *termikus emisszió* folytán elektronokat bocsátanak ki, amelyek résztvevői lesznek a kisülés fenn tartásának (áramvezetés és a további ütközésekben való részvétel). A növekvő elektron- (és ion-) áram viszont nagyobb elektródhőmérsékletet és fokozottabb emissziót eredményez, így az áram korlátozásáról a cső védelmében gondoskodni kell (lásd később).

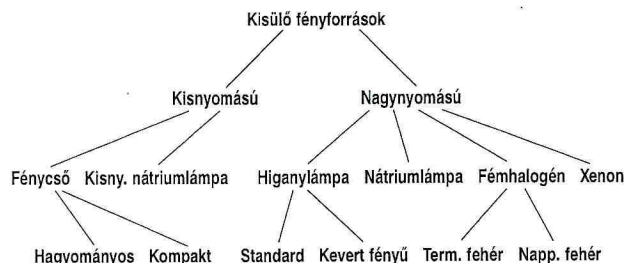
A „klasszikus” kisülőcső három fő részből áll: katódtérből, anódtérből és a köztük lévő *pozitív oszlopból*, amely a fénykeltés helye, tehát a világítás szempontjából döntő fontosságú. Mivel a táplálás ma csaknem teljesen váltakozó árammal történik, mindkét elektród katódi és anódi szerepe a frekvenciának megfelelő ütemben cserélődik.

A feszültség nem változik egyenletesen a kisülőcső mentén, a teljes csőre jutó feszültség nagy része a katódtér két határa közé „esik”. A térnek struktúrája van, ez kisebb mértékben az anód terében is megfigyelhető (ld. 8. ábra).

Ez belátható, hiszen a nagyon különböző tehetetlenségű és sebességű töltéshordozók (ionok és elektronok) eloszlása is nagyon különböző a két elektród közötti térben.

A kisülő fényforrásokot a fénykeltés módja – és ennek a konstrukcióra gyakorolt hatása – alapján két fő csoport-

ba osztjuk: *kisnyomású* és *nagynyomású* kisülő fényforrásokra:



Mi jellemzi *általában* a kisülő fényforrásokat?

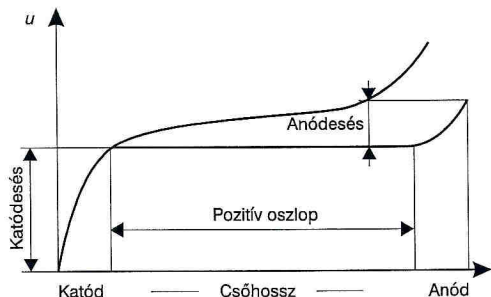
- Az izzólámpához képest lényegesen nagyobb fényhasznosítás és hosszabb élettartam.
- Negatív ellenállás-karakteristikájuk miatt kizárólag *előtéttel* sorba kötve üzemeltethetők.
- Bekapcsolásukhoz egy viszonylag nagy *gyújtási feszültségre* van szükség, amely a hálózati feszültség sokszorososa is lehet. A gyújtáshoz külön *gyújtóegységet* is kell alkalmazni (kivéve higanylámpa).
- A bekapcsolás pillanatától a stabil működésig bizonyos (típusonként változó) időt igényelnek (felfutási idő). A felfutási idő valamely fényforrás bekapcsolási időpontjától az állandósult fényáram 95%-os eléréséig terjedő időtartam. Hosszúnak tekintjük a felfutási időt, ha az 0,1 percnél tovább tart. A nagynyomású lámpák felfutási ideje 1–10 perc nagyságrendű.
- A stabil működéskor kialakul egy bizonyos *égésfeszültség* az elektródok között. Ennek értékét a lámpakonstrukció és az alkalmazott előtét *együttesen* határozza meg.

Külön említjük meg különleges felépítésük és az eddigiektől eltérő működési elvük miatt az *elektród nélküli* lámpákat.

2.1.2.1. Hagyományos fénycsövek

A fénycsövekről szólva főként két területen tapasztalhatunk fejlődést. Az egyik az egyre jobb szintani tulajdonságú és egyre nagyobb stabilitású fényporok előállítására és alkalmazására, a másik a geometriai viszonyok előnyös változása – a 26 mm átmérőjű fénycsövek után a 16 mm-es fénycsövek megjelenése.

A hagyományosnak tekinthető halofoszfát alaprácsú fénypor mellett az elmúlt évtizedben megjelentek az ún. három-ötsávos fényporok. Itt mindegyik alapszín megjelenéséért más fényporanyag a felelős. A fénycsövek kisnyomású terében higanygőzkisülés játszódik le, és az itt gerjesztett ultraibolya (főként 253,7 nm) sugárzás alakítja át a burafalra vitt fluoreszkáló anyagot (fénypor) látható fényre. A háromsávos fénycsövek színvisszaadási indexe 80, az ötsávosoké 90 felett van; az előzőek fényhasznosítása eléri a 96 lm/W-ot, az utóbbiaké 70–86 lm/W között mozog.



8. ábra.
Elektromos potenciál változása
a kisülőcső mentén

A fénycsövek közismert előnye egyéb fényforráshoz képest az igen széles színhőmérséklet szerinti választék. A 2900 K-es melegfehértől (M) a 4300 K-es semleges fehéren (S) át a 6500 K-es hidegfehérig (H) kaphatók és alkalmazhatók aszerint, hogy milyen jellegű, milyen hangulatú és megvilágítási szintű világítást kívánunk létrehozni. (Viszonylag kisebb megvilágításnál szemünk a melegebb, több vöröset tartalmazó, nagyobb megvilágítási szintnél a hidegebb, több kéket tartalmazó színeket preferálja.)

Összehasonlítóképpen a 4. táblázatban közöljük ugyanannak a gyártó cégnek a standard, a háromsávós és az ötsávós, 36 W-os melegfehér fénycsővének néhány fontosabb adatait.

4. táblázat.
Fénycsövek összehasonlítása

	Fényáram (lm)	Színhőmérséklet (K)	R_a	Élettartam (h)
Standard	2700	2900	62	10 000
Háromsávós	3450	2950	> 80	15 000
Ötsávós	2300	3000	> 90	12 000

Látható, hogy mind a fényhasznosítás, mind az élettartam szempontjából a fénycsövek messze az izzólámpák felett állnak. A kisülő fényforrások működéséből következik, hogy az élettartam vége nem hirtelen következik be, mint az izzólámpáknál, hanem elsősorban az elektódokra vitt emittáló anyag (ún. katódmassza) elhasználódása vezet az elektronemisszió csökkenéséhez, és ezzel együtt a gerjesztett fény csökkenéséhez is. A fénycső névleges élettartamának végét a kezdeti fényáram 70% alá csökkenése jelenti; ekkor az üzemeltetés már nem gazdaságos. Hozzá kell tenni, hogy az élettartam folyamán az égési feszültség növekszik, ez pedig gyújtási nehézséggel is járhat. Ekkor a fénycsövet ki kell cserélni. A gyártó cégek a 10–15 000 óra élettartamot akkor garantálják, ha két egymást követő bekapcsolás között legalább három óra telik el.

A fénycsövek fényhasznosítása nem pusztán egy adott típusra jellemző, függ a felvett teljesítménytől is. 26 mm átmérőjű F29-es típus esetében a különböző teljesítményű fénycsövek fényáramát és az ebből számított fényhasznosítást az 5. táblázat mutatja be.

A nagyobb teljesítményű csöveknél nagyobb feszültség jelenik meg az elektródok között (36 W-os csónál kb. 103 V), az optimális értékű feszültséggradiens (térerősség) eléréséhez hosszabb pozitív oszlop kialakítására van lehetőség, amely a lineárisnál nagyobb mértékben megnöveli a fényáramot. Gazdaságos beltéri világítás tervezéséhez a fénycsövek kiválasztásánál figyelemmel kell lenni erre a szempontokra is.

5. táblázat.
F29-es fénycsövek fényhasznosítása

Teljesítmény (W)	Fényáram (lm)	Fényhasznosítás (lm/W)	Csőhossz (mm)
15	950	63,3	438
18	1150	63,8	590
23	1800	78,2	970
36	3000	83,3	1200
58	4800	82,7	1500

A hagyományos fénycsövek a már említett szintani tulajdonságok és a különféle egységteljesítmények mellett számos változatban készülnek:

- külön gyújtót nem igénylő (külső vagy belső gyújtócsíkos) fénycsövek;
- reflektorburájú (a fényporon kívül fényvisszaverő réteget is tartalmazó) fénycsövek;
- speciális spektrális eloszlású (pl. növénytermesztéshez alkalmazható) fénycsövek;
- színes fénycsövek (ezek buráján vagy különleges fénypor, vagy a fénypor mellett festékbevonat is van);
- UV-fénycsövek;
- kör alakú fénycsövek;
- miniatűr fénycsövek.

Geometriai jellegű újdonság a 16 mm átmérőjű fénycsövek megjelenése. A miniatürizálás igényének kielégítéséhez hozzájárult a fénycsövek hosszának 5 cm-rel való rövidítése is. A kisebb helyigény megfelelt a kisülésfizikai szempontból célszerű konstrukciós módosításoknak. Az elektromos paraméterek bizonyos mértékű eltolódása miatt ehhez a lámpatípushoz gyártói elektronikus előtétet javasolnak. Ez a kisebb méretű fényforrás igen alkalmas modulszerkezetű mennyezeti világítás, bútorvilágítás céljaira.

A fénycsövek működéséből következik, hogy fényáramuknak egy bizonyos környezeti hőmérsékleten maximuma van: a standard fénycsöveké kb. 25 °C. A 16 mm-es fénycsövek méretüknél fogva kisebb helyen, rosszabb szellőzési viszonyok között is működhetnek, hőmérséklet-tartományuk széles, 50 °C-ig terjed.

A 16 mm-es fénycsövet, melyet egy nyugat-európai cég mutatott be az 1995-ös hannoveri vásáron, a 6. táblázat adatai jellemzik.

2.1.2.2. Kompakt fénycsövek

Az 1970-es évektől nyomon követhető a fényforrásgyártóknak az a törekvése, hogy olyan lámpatípust fejlesszenek ki, amely a fénycsövek gazdaságosságát az izzólámpák kis

6. táblázat.

A 16 mm-es fénycső jellemzői

Névleges teljesítmény (W)	Fényáram (lm)	Hosszúság (mm)	Elektronikus előtéttel együtt felvett teljesítmény (W)
24	2000	280	27
39	3500	359	45
54	5000	359	61

méreteivel és kényelmes kezelhetőségével párosítja. 1978-ban kezdték gyártani a kompakt fénycsövek első típusait, amelyek fényáramukat és méreteiket tekintve már sikerrel vették fel a versenyt a hagyományos izzólámpákkal.

A „kompakt fénycső” elnevezés ma már kiterjedt típuscsaládot jelent. A „kompakt” jelző a típuscsalád több jellemzőjére is utal, ezek:

- kisebb méret, amely kisülésfizikai szempontból kisebb ívátmérőt jelent a hagyományos fénycsövekéhez képest;
- az ívút a lámpa hosszirányának csökkentése céljából egyszeresen vagy többszörösen meghajlított;
- egy fejes a szerelésé;
- az esetek nagy többségében a fénycső fejében helyezik el a gyújtóegységet, sőt ma már egyre több típusnál az előtétet is. Az előtét lehet hagyományos fojtó vagy nagyfrekvenciásan működő elektronikus előtét.

A méretcsökkentés (a csóátmérő 10 vagy 15 mm) magával hozott néhány fizikai problémát, amelyeket megfelelő anyagok alkalmazásával (pl. nagyobb UV-terhelést és fahőmérsékletet bíró fényporok) és bizonyos konstrukciós módosításokkal (ún. hidegkamra kialakítás) oldottak meg.

Az első kompakt fénycsövek megjelenése óta eltelt csaknem 20 év. A fényforrásgyártó cégek azóta számos típust állítottak elő, melyek között a következő csoportosítás szerint tájékozódhatunk:

1. Hány „csöves” (hány „ujjú”) a fénycső, vagyis hányszorosan hajlították meg?
Lehet 2, 4, 6 és 8 csöves (ujjú).
2. Mit foglal magában?
– csak a gyújtót,
– előtétet is,
– egyiket sem.
3. Milyen fejjel van ellátva, vagyis milyen foglalatba illeszthető?
Ezt meghatározza az előző két típusbeli hovatartozás. Ha a lámpa csak a gyújtót tartalmazza, fejkialakítása lehetővé teszi, hogy előtétéhez (adapterhez) illesszük, amely közbeiktatásával közönséges izzólámpa-foglatba (E 27 vagy E14) csavarható.

4. Milyen a hajlítás megformálása, amely egyben a hidegpont kialakítást is jelenti?

Ezt minden nagy világító cég másként oldja meg, és megoldása szabadalmi védeltséget élvez.

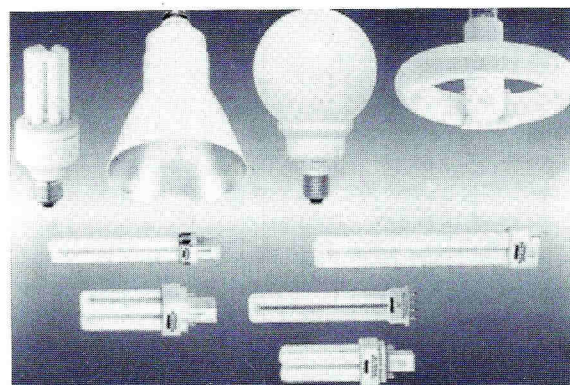
5. Lehetnek speciális kialakítású, ún. „alakos” fénycsövek, valamint olyan megoldások is, hogy a kompakt fénycsövet külső burába helyezik. Ez kedvezőbb, egyenletesebb fényeloszlást biztosít és a káprázás lehetőségét is csökkenti.

A színhőmérsékleti skála ugyanolyan széles, mint a hagyományos fénycső esetében, színvisszaadási indexük 80 felett van. Élettartamukra vonatkozóan a gyártó cégek 10 000 óra körüli értéket adnak.

A 9. ábra néhány felsorolt konstrukciót mutat be.

A kompakt fénycsövek fénytechnikai és elektromos adatait a gyártó cégek termékismertetői tartalmazzák.

Viszonyítási alapként mutatunk be néhány lámpatípusra vonatkozó adatot a 7. táblázatban.



9. ábra.
Kompakt fénycsövek

7. táblázat.
Fénycsőtípusok

Típus	Teljesítmény (W)	Fényáram (lm)	Lámpahossz (mm)	Megjegyzés
Kétcsöves	9	600	165	előtét nélkül
Négycsöves	13	900	134	előtét nélkül
Hatcsöves	18	1200	124	előtét nélkül
Hatcsöves	20	1200	159	elektromos előtéttel együtt
Normál izzólámpa	75	940		

A 13 W-os kompakt fénycső fényhasznosítása előtéttel mintegy 57 lm/W vagyis 4,5-ször nagyobb, mint az izzólámpáé. Ha figyelembe vesszük azt is, hogy a fénycső élettartama kb. 10-szerese az izzólámpáénak, azonnal beláthatjuk, hogy a költségesebb beszerzés ellenére is a kompakt fénycső jelentős energia- és költségmegtakarítást eredményez mind a hálózat, mind a fogyasztó számára.

2.1.2.3. Elektród nélküli (indukciós) lámpa

Mivel a kisülő fényforrások leginkább igénybe vett és az élettartamot meghatározó alkatrészei az elektródok, kézenfekvő, hogy a kutatók érdeklődését felkeltette az elektród nélküli kisülőlámpák konstruálásának lehetősége. A kisülőcsőbe beépített elektródok nélküli kisülés beindítása és fenntartása induktív, kapacitív úton, vagy mikrohullámok segítségével lehet.

Az ún. QL lámpák 1991-ben jelentek meg a fényforrás piacon és induktív úton működnek. Lényegüket tekintve a fénycsőhöz hasonlóan kisnyomású higanygőzkisülés játszódik le bennük, azonban nem az elektródok által emittált elektronok játsszák a szerepet a higanyatomok gerjesztésében és ionizációjában, hanem kellően nagy elektromos térerősség hatására valósul meg a kisülés. (Ahogyan egy nagyteljesítményű rádióadó közelében egy egyszerű fénycső is világítani kezd.)

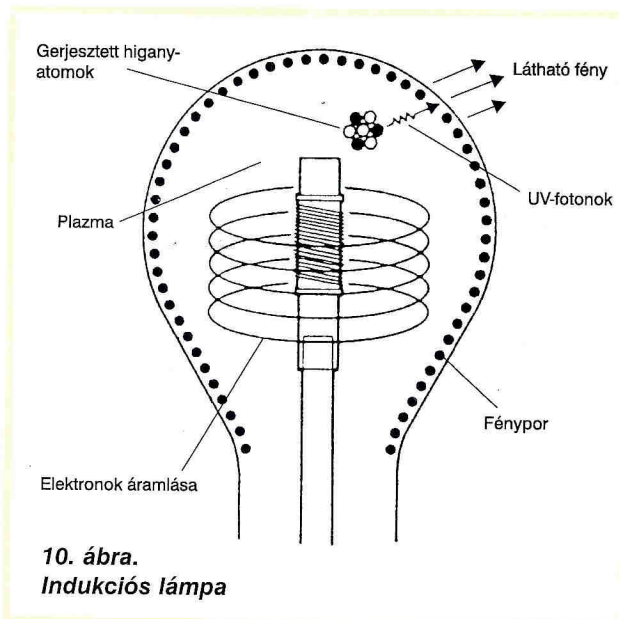
Az elvet a 10. ábra mutatja be: a lámpa terébe benyúló ferritúdra tekercselt huzalon egy nagyfrekvenciás generátor által előállított áram folyik át, melynek változó mágneses tere kellő térerősségű elektromos mezőt indukál. Az elektromos mező energiája gerjeszti a kisnyomású térben a higanyatomokat, a keletkezett UV-sugárzást a fénycsőhöz hasonlóan a burafalra vitt fénypor alakítja át látható fényvé.

Mivel az élettartamnak elsősorban az elektródok elhasználódása szab határt, érthető, hogy egy elektród nélküli kisülőlámpa élettartama igen nagy lehet (60 000 óra), ezt elsődlegesen az elektronikus előtét élettartama határozza meg.

Az indukciós lámpát már gyártja szinte valamennyi nagy fényforrásgyártó világ cég, és különböző fantáziánéven forgalmazza (Endura, Genura, QL). Hosszú élettartam és 60–80 lm/W fényhasznosítás jellemzi őket, típustól és gyártótól függően (ld. 8. táblázat).

8. táblázat.
Indukciós lámpák

	P (W)	Φ (lm)
Genura	23	1100
QL	85	5500
Endura	150	12 000



10. ábra.
Indukciós lámpa

Az elektróda nélküli lámpa igen jól alkalmazható a nehezen megközelíthető helyek világítására. Hosszú élettartamának köszönhetően célszerű ott használni, ahol a fényforráscsere költséges vagy bonyolult. (Alagutak, nagy teljesítményű csarnokok stb.).

Az utóbbi időben kezdtek foglalkozni a mikrohullámú fénygerjesztésen alapuló kénlámpával, amely egyelőre még technikai kuriózum.

2.1.2.4. Kisnyomású nátriumlámpa

A kisnyomású nátriumlámpa működése a nátrium 589 és 589,6 nm-es színképvonalainak gerjesztésén alapul. Ez nagyrészt megmagyarázza tulajdonságait és alkalmazását: az említett vonalak a szem érzékenységi görbemaximumának közelébe esnek, tehát fényhasznosítása igen jó (túllépheti a 200 lm/W-ot is). A monokromatikus sárga fény azonban hátrányt is jelent: a rossz színvisszaadást, mely határt szab a lámpa alkalmazásának. Ott használható, ahol a színfelismerés nem követelmény. Ilyen az útvilágítás (autópályák, közlekedési csomópontok, felvonulási területek, szabadtéri raktárak stb.), ahol kedvező a nagyobb hullámhosszú sárga fény azon tulajdonsága, hogy kevésbé szóródik a köd- és porrészecskéken. A lámpa felépítését a 11. ábrán láthatjuk.

A kisülőcsövet, mely a nátriumon kívül neongázt tartalmaz, külső üvegcsőbe építik be. A veszteségek csökkentésére a külső bura belső falára fényt áteresztő, de hőt visszaverő réteget visznek fel.

Bekapcsoláskor először a neon jellegzetes vörös fénye világít. Ahogy a fémnátrium egyre jobban párolog, a kisülés



11. ábra.
Kisnyomású nátriumlámpa

színe fokozatosan sárgába megy át, miközben a fényáram rohamosan növekszik. A teljes felfutás 10–15 percig is tart. A lámpát 18 W-tól 180 W-ig változatos teljesítményértékkel gyártják. Az optimális működés feltétele a nátriumgőz egyenletes eloszlása a kisülőcsőben, így égetési helyzete nem lehet tetszőleges. A lámpához induktív előtétet (soros fojtótekerccset vagy transzformátort) alkalmaznak.

2.1.2.5. Nagynyomású nátriumlámpa

Átérve a nagynyomású kisülőlámpák családjára, a ma világítástechnikájában játszott szerepét tekintve elsőnek a nagynyomású nátriumlámpát említjük meg.

A kisülőcsőben a nyomást növelve az előző fejezetben említett 589 és 589,6 nm-es ún. rezonanciavonalak mindinkább elnyelődnek, és mindinkább megjelennek a színképben tőlük „jobbra” és „balra” levő vonalak. A színképben – és a lámpa fényében – továbbra is a sárga szín dominál, de a szélesebb hullámhossz-intervallumban történő sugárzás kedvezőbbé teszi a színvisszaadást a fényhasznosítás rovására.

A nagyobb nyomáshoz nagyobb hőmérséklet is tartozik, amikor a nátriumgőz agresszív kémiai hatása jobban érvényesül. Emiatt a kisülőcső Al_2O_3 -kerámiából készül, mely kémiai ellenálló, ugyanakkor a fényáteresztő képessége 90% feletti. A ma általában működő lámpák kisülőcsővében a nátriumnál nagyságrenddel nagyobb nyomású higanygőz is van, amelynek a villamos jellemzők (égéshőszűlés, lámpaáram) beállításában van szerepe; startergázként xenont alkalmaznak. Újabb azonban megjelentek a higanymentes – környezetkímélő – nátriumlámpák is, ami összhangban van az európai környezetvédelmi előírásokkal (EBEAFI).

A kisülőcsövet cső, csepp vagy ellipszoid alakú burába építik, amely vagy teljesen átlátszó, vagy fehérre festett, a fény egyenletes szórása és a káprázás csökkentése céljából (nem fénypor!).

A standard nagynyomású nátriumlámpák színvisszaadása ugyan jobb, mint a kisnyomásúaké, de R_a alig éri el a 25-öt. A fejlesztés fő iránya így elsősorban a színvisszaadás javítása. A nyomás további növelése (ez vonatkozik mind a nátriumgőz, mind a xenon nyomására) az utóbbi évtizedben igen nagy javulást eredményezett, a színvisszaadási

index elérte a 60-at, sőt a nagyobb színhőmérsékletű – már melegfehér – ún. White SON lámpánál a 80-at.

A színvisszaadás javításának ára a fényhasznosítás csökkenése volt. A standard lámpa fényhasznosítása elérte a 130 lm/W-ot, a javított színvisszaadásúé 90–95 lm/W, a White SON lámpaé alig 50 lm/W.

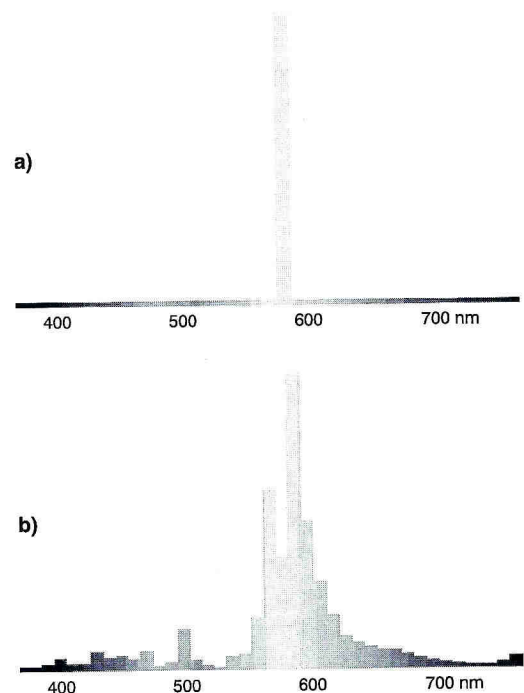
A lámpa élettartama igen hosszú, a típustól függően 14 000–28 000 óra között van.

Újabban kifejlesztették a két végén fejtelt típust is, lehetővé téve kisebb lámpatestek alkalmazását.

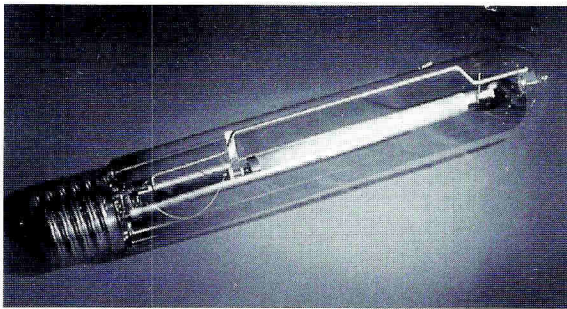
A lámpa felfutási ideje típustól függően 2–8 perc.

A nagynyomású nátriumlámpát nagy fényhasznosítása, hosszú élettartama, fényének színe a közvilágítás első számú fényforrásává teszi, alkalmazása minden olyan helyen célszerű, ahol a nagy fényáramnak nem kell jó színvisszaadással párosulnia (alagutak, iparcsarnokok, díszvilágítás egyes esetei stb.).

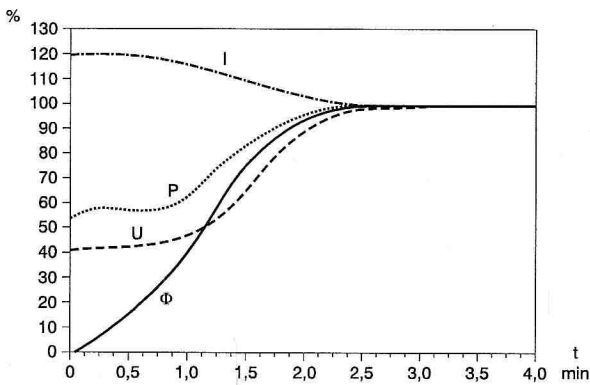
Az élettartam vége felé a kisülőcsőben a nátriumgőz parciális nyomása csökken (a nátrium lassan kidiffundál), lecsökken a lámpaáram, emelkedik az égéshőszűlés, a lám-



12. ábra.
A kisnyomású és nagynyomású nátriumlámpa színképének összehasonlítása.
a) kisnyomású
b) nagynyomású



13. ábra.
Nagynyomású nátriumlámpa

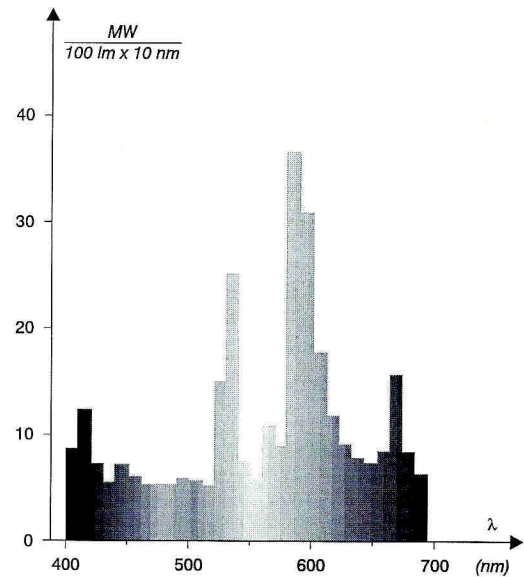


14. ábra.
150 W-os Lucalox nátriumlámpa felfutási görbéje

pa „kialvóssá” válik. Az újragyújtás mind nehezebb, itt mutatkozik meg az ún. időtagos gyújtók előnye, amelyek bizonyos számú kísérlet után nem próbálnak újból gyújtani.

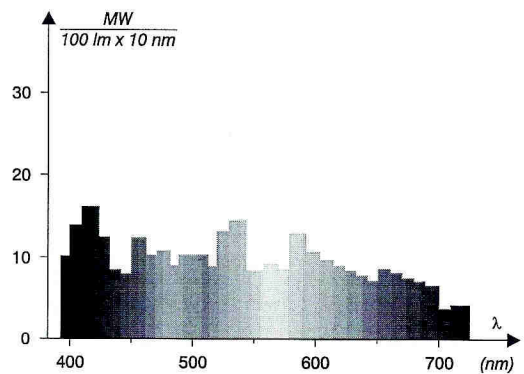
2.1.2.6. Fémhalogén lámpák

A nagyfényáramú kisülőlámpákat alkalmazva is felmerült az igény jó színvisszaadású, nagyobb színhőmérsékletű fényforrásokra. Az évtizedek óta használt és igen elterjedt higanylámpában az UV mellett a higanykisülésnek elsősorban a kék és zöld vonalai gerjednek, a vörösiányt a fényporral lehetett valamelyest korrigálni. Kézenfekvő volt az elképzelés, hogy a kisülőkcsőben olyan fémek gőzei legyenek, amelyek spektruma minél vonalgazdagabb, egymást kiegészítve az egész színeképet lefedjék. A fémeket nem elemi állapotban juttatják a kisülőkcsőbe, hanem halogenidjeik – elsősorban jodidjaik – formájában. Ez részben azért történik, mert a fémjodidok tenziója nagyobb és viszonylag



a)

Teljesítmény (W)	Fényáram (lm)	Színhőmérséklet (K)	R_a
400	30 000	4000	65



b)

Teljesítmény (W)	Fényáram (lm)	Színhőmérséklet (K)	R_a
400	24 000	6000	>90

15. ábra.
Semleges fehér (a) és hideg fehér (b) fémhalogénlámpák spektruma

kisebb hőmérsékleten érik el a szükséges nyomást, részben azért, mert a burafal körüli hőmérsékleten a fémhalogénid nem ártalmas a burafalra, az ív hőmérsékletén viszont a fématomok a fényerjesztéshez szükséges szabad állapotban vannak.

A fémhalogénid adalékok így eldöntik a lámpa színtani tulajdonságait. Két típus terjedt el, a semleges fehér és a hideg fehér. Színképük és néhány adatuk a 15. ábrán látható.

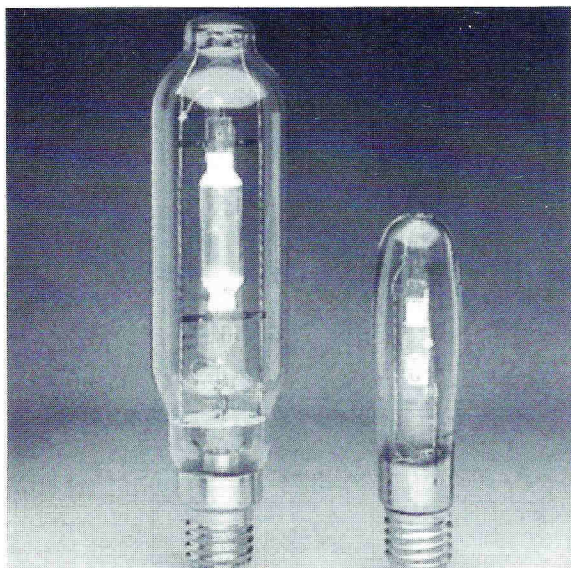
A hideg fehér típusnak jobb színvisszaadása az adalékok igen nagy vonalgazdagságának köszönhető; ritkaföldfémek jodidjait alkalmazzák, melyek többszörösen is lezáratlan elektronszerkezetük miatt igen sok elektronátmeneti lehetőséggel rendelkeznek (diszprózium, holmium, tullium stb.).

Konstrukciót tekintve is többféle típus ismeretes. Legelterjedtebb a higanylámpától „örökölt” felépítés; a kisülés egy belső csőben játszódik le, ezt külső bura veszi körül a nagynyomású nátriumlámpához hasonlóan (16. ábra).

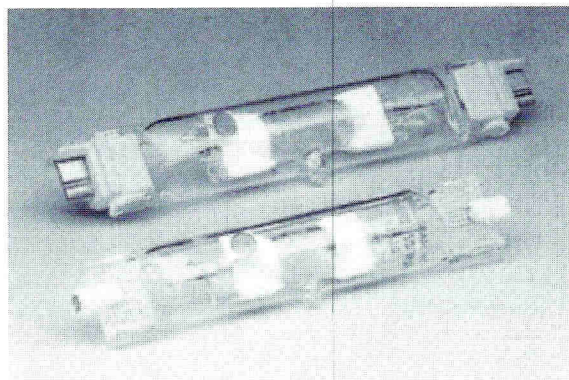
A kisülőső anyaga hagyományosan kvarc, a két végén hőreflektáló bevonattal. Ez a lámpatípus ugyanis színével érzékenyen reagál a hőmérsékleti instabilitásra – az optimálistól eltérő hőmérsékleten az adalékok parciális nyomásának aránya is megváltozik, ez pedig beláthatóan szín-hőmérséklet-változáshoz vezet.

A legutóbbi időkben fejlesztették ki a kerámiacsöves fémhalogénlámpákat. Ez két szempontból is előnyös:

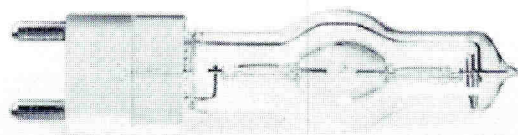
- 1) A kerámiacsőben kb. 200 °C-kal nagyobb lehet a falhőmérséklet, így a plazma hőmérséklete is, megnövekszik



16. ábra.
Egyik végén fejtelt fémhalogénlámpák



17. ábra.
Két végén fejtelt nagynyomású
fémhalogénlámpák



18. ábra.
Rövidívű fémhalogénlámpa

a fényerjesztésben résztvevő fématomok koncentrációja, s ez kb. 25% fényáram-növekedést jelent.

- 2) Nagyobb a hőmérsékleti és nyomásstabilitás, amely kisebb mértékű színingadozáshoz vezet. A bura lehet világos és diffúz fényt eredményező úgy, mint a nátriumlámpák esetében, sőt tükröző felületű is – irányított fénykibocsátás számára.

Egyes európai gyártók újabban a fémhalogénlámpákat PAR (Parabolic Aluminium Reflector) lámpaburába építve árulják.

A két végén fejtelt típust nem Edison-fej zárja le, hanem a cső alakú külső bura két végén a halogén ceruzalámpákéhoz hasonló fejelés látható.

A rövidívű (arcstream) típusnál a két elektródot a kisülőső azonos végén vezetik be. A két elektród között kialakuló ív kis mérete folytán optikailag könnyen kezelhető, így ez a lámpa a tv- és filmstúdiók, színházi berendezések gyakran alkalmazott fényforrása.

A fémhalogén lámpáknál sem tetszőleges az égetési helyzet, az adalékok eloszlása helyzetfüggő. A gyártó cégek katalógusaikban az égetési helyzetre vonatkozóan utasítást adnak.

A lámpák élettartama nagy (8000–10 000 h), a nagyteljesítményűeké rövidebb (2000–5000 h). Felfutási idejük kb. 4 perc.

A fémhalogénlámpák családján belül a másik legújabb fejlesztés a xenon töltésű fémhalogénlámpa. Ez a fényforrás egyesíti a fémhalogénlámpák jó fényhasznosítását a rövidívű xenonkísülés nagy fényerőséggel (az ívhossz kisebb, mint 3 mm). A kibocsátott fény optikailag jól kezelhető, és kimondottan alkalmas üvegszál-optikás világítási rendszerek számára. A xenontöltés azzal az előnnyel is jár, hogy le rövidíti az újragyújtási időt.

Fénytechnikai adatai:

Fényhasznosítás	70 lm/W
Fényerősség	4380 cd/m ²
Színhőmérséklet	4000 K
Színvisszaadási index	65

2.1.2.7. Higanylámpa

A teljesség kedvéért említjük meg a higanylámpát, amely az első nagynyomású kisülőlámpa volt, s a nátriumlámpa megjelenéséig mind a kültéri, mind a nagy beltérek világításának fő eszközeként szerepelt. Konstruktív szempontból jelentősége, hogy egy külső burában elhelyezett kisülőcső a fénykeltés színhelye, és ezt a felépítést megőrizve alakult ki később a fémhalogénlámpa és a nátriumlámpa. A nagynyomású higanykísüléskor is keletkezik jelentős mértékben UV-sugárzás (365 nm), ennek láthatóvá alakítására a külső burára felvitt fényporbevonat szolgál. Az elektródok mellé – legalább az egyik oldalon – a gyújtás céljára ún. segédelektrodát lapítanak be, így külön gyújtót nem igényel.

A higanylámpát sem fényhasznosítása (gazdaságossága), sem színvisszaadása miatt nem sorolhatjuk a korszerű fényforrások közé. Általános célkitűzés, hogy – elsősorban gazdaságossági megfontolásból – nagynyomású nátriumlámpákkal váltsuk ki őket.

Példaként egy azonos teljesítményű (400 W-os) standard higany- és nátriumlámpa fontosabb adatait soroljuk fel (9. táblázat).

A higanylámpák sajátos típusa a kevert fényű lámpa, amelyhez nem kell külön előtétet (fojtót) használni, mert a lámpába a kisülőcsővel sorosan egy spirált építettek be, ez

9. táblázat.
Standard higany- és nátriumlámpa

	Teljesítmény (W)	Fényáram (lm)	Színhőmérséklet (K)	R _a	Élettartam (h)
Higanylámpa	400	22 000	4000	40	20 000
Nátriumlámpa	400	50 000	2000	25	28 000

ohmos előtétként maga is fényt bocsát ki. Ezzel a megoldással – amely a lámpa használatát ugyan kényelmessé teszi – az izzólámpa hátrányait is beépítették a lámpába, amely rosszabb fényhasznosítást és a kisebb élettartamot eredményez.

Meg kell jegyezni, hogy a standard higanylámpa és a kevert fényű lámpa együttes alkalmazása mindenképpen kerülendő. Ha fényforráscserénél egy szerelő tévedésből kevert fényű lámpa helyébe hozzá igen hasonló higanylámpát csavar be, ez utóbbi bekapcsoláskor nemcsak azonnal tönkremegy, hanem fel is robbanhat sérüléseket okozva környezetében.

Hasonlítsuk össze egy azonos teljesítményű higanylámpa és kevert fényű lámpa adatait (ld. 10. táblázat).

10. táblázat.
Higanylámpa és kevert fényű lámpa összehasonlítása

	Teljesítmény (W)	Fényáram (lm)	Színhőmérséklet (K)	R _a	Élettartam (h)
Higanylámpa	250	13 000	4000	40	20 000
Kevert fényű lámpa	250	5500	4200	52	10 000

2.1.2.8. Fényforrások egységes nemzetközi jelölési ILCOS rendszere

A fénycsövek, a nagynyomású kisülőlámpák megjelenését követően óriásira nőtt a fényforrásgyártók által kínált választék. Az általánosabban használt típusoknál a gyártók igyekeztek az egyszerű betű-szám kombinációt meghaladó segítséget nyújtani, a fényforrás valamilyen meghatározó jellemzője alapján. Így kaptak pl. a Philipsnél a nátriumlámpák az angol nyelvű terminológia alapján SO (sodium), az Osram pedig a német (natrium) megnevezés alapján NA jelzést. A TUNGSRAM régebbi TC jele a nátriumlámpák kerámia kisülőcsővére utal. Az alkalmazástechnikai szempontból fontos további adatokat (pl. átlátszó csőburás, fényporbevonatú ellipszoidburás) további betűjelekkel adták meg.

Napjainkra ezen eltérő betűjelű gyártmányok közötti megfelelő tájékozódás – akkor is, ha figyelmünket csak a legnagyobb gyártókra korlátozzuk – az átlagos üzemeltető vagy tervező lehetőségeit meghaladó feladatot jelent.

Az 1980-as években felmerült e nehezen áttekinthető állapot tarthatatlansága, s megindult egy folyamat, amelynek célja a fényforrások gyártófüggetlen, egységes, nemzetközi jelölésrendszerének kidolgozása. Ma már egyre gyakrabban találkozunk ezekkel az ún. ILCOS jelölésekkel.

Az ILCOS rendszerben a fényforrást jelölő kód első betűjele a fényforrástípus családjele:

- I — izzólámpák
- H — halogén(izzó)lámpák
- V — gépjárműlámpák
- L — fénycsövek
- S — nátriumlámpák (nagy nyomású nátriumlámpák)
- L — kisnyomású nátriumlámpák
- G — higanylámpák
- M — fémhalogénlámpák
- X — speciális lámpák

A családjel után következő betű egy nagyobb csoportra utal. Pl. az IA az izzólámpákból az általános használatú ún. normál izzókat, az ST az átlátszó csőburás, az SE a fényporbevonatú ellipszoidburás nátriumlámpákat jelöli.

2.2. LÁMPATESTEK

2.2.1. A LÁMPATEST FUNKCIÓI

A világítási berendezéseknek a fényforrások melletti másik lényeges eszköze a lámpatest.

Az érvényben levő szabvány megfogalmazása szerint a lámpatest a fényforrás fényének elosztására, szűrésére vagy átalakítására szolgál, tartalmazza a fényforrás(ok) rögzítésére és védelmére, valamint a hálózati csatlakoztatásra szolgáló alkatrészeket, esetenként az egyéb működtető áramköri elemeket.

Ennek alapján a lámpatestnek

- fénytechnikai,
- elektromos,
- mechanikai

funkciói vannak. Nem hanyagolhatjuk el azonban ezeken kívül az esztétikai funkciót sem; a lámpatestnek stílusában, jellegében, kivételének színvonalában alkalmazkodnia kell ahhoz a helyhez, térrészhez, objektumhoz, amelynek világítására alkalmazzák.

2.2.2. A LÁMPATESTEK JELLEMZÉSÉNEK SZEMPONTJAI

Egy lámpatest jellemzésének több szempontja lehet.

A legfontosabbak a következők:

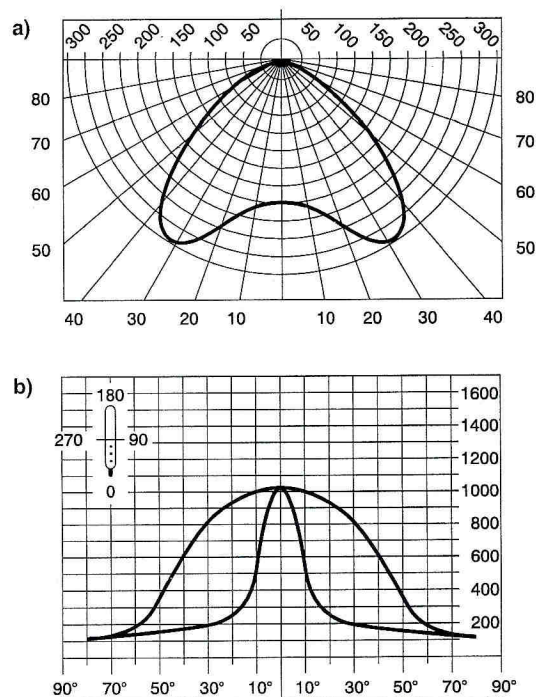
Milyen fényforrás befogadására alkalmas?

Lehetnek izzólámpás, fénycsöves, nagy nyomású kisülőlámpás lámpatestek.

Milyen a fényeloszlása?

Ez alapvetően lényeges tulajdonság, a fény térbeli elosztását jelenti.

Eldönti egy lámpatest adott célra történő alkalmazhatóságát,



19. ábra.

Példák a fényeloszlásra

a) Polár koordináta-rendszerben

b) Descartes-rendszerben

ságát, alapját képezi a világítástervezési számításoknak. A fényeloszlást a tér egy adott síkjában leggyakrabban polárkoordináta-rendszerben adják meg. Fényvetők jellemzésére a Descartes-koordináta-rendszer használatos. A két görbe két egymásra merőleges síkra vonatkoztatott fényeloszlást jelent (19. ábra).

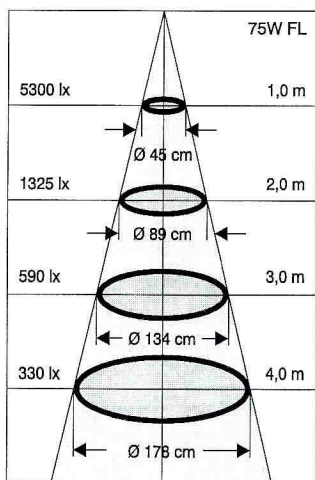
A szög a síkon belül a függőlegessel bezárt szöget jelenti, sugárirányban az illető szöghöz tartozó, 1000 lm beépített fényáramra vonatkozó fényerősségtérképek olvashatók le cd/klm egységben.

Főként az ún. irányított fényű lámpák esetében szokásos megadni, hogy mekkora felületen, milyen távolságból, mekkora megvilágítást kaphatunk (20. ábra).

A lámpatestek fényeloszlás szempontjából speciális típusai a fényvetők; ezek olyan lámpatestek, amelyek nagy fényerősség elérésére a lámpa fényáramát tükrökkel és/vagy lencsével meghatározott térszögbe sűrítik. Lehetnek fényeloszlásuk alapján forgásszimmetrikusak, tengelyszimmetrikusak és aszimmetrikusak.

Milyen a hatásfoka?

A lámpatest hatásfokán a lámpatestből kisugárzott fényáramnak és a benne levő fényforrás névleges fényáramának a hányadosát értjük.



20. ábra.
A fényforrástól való távolság és a megvilágítás kapcsolata

A fényeloszlást milyen optikai elven valósítja meg?

A két fő optikai módszer a tükörrel (reflexióval) és a bura kialakításával (refrakcióval) előidézett fényeloszlás.

A fénytechnikai jellemzéshez hozzátartozik, hogy minél kisebb mértékben kápráztasson. Erre szolgálnak pl. a fénycsöves lámpatestekbe helyezett rácsok (raszterek). A közvilágítási lámpatesteket a szabvány káprázási osztályokba sorolja aszerint, hogy a függőlegestől mért szögben mekkora a maximális fényerősség.

Milyen célra alkalmazható?

Kültér (közvilágítás, dísz-, sport- stb. világítás).
Beltér (lakás, iroda, étterem, múzeum stb.).

Milyen a védettsége?

Az úgynevezett IP (International Protection) besorolás első számjegye a szilárd testekkel (por), második számjegye a vízzel szembeni védettséget jelenti. A maximális védettség IP 68.

Milyen az érintésvédelme?

Érintésvédelmi szempontból I. osztályú (védővezetével ellátott, nullázásos vagy földeléses), II. osztályú (kettős szigetelésű) és III. osztályú (törpe feszültségen üzemelő) lámpatestek használhatók.

Milyen anyagokból készült?

Főként a lámpatest mechanikai vázát alkotó házat és az optikai funkciót ellátó alkatrészeket (tükör, bura) alkotó anyag fajtája az, amely magát a lámpatestet is minősíti.

A korszerű lámpatestek házának anyaga alumíniumöntvény, fröccsöntött műanyag, ill. a kettő kombinációja. A cél a nagyfokú szilárdság mellett lehetőleg kis súly.

A burára vonatkozóan a jó fényáteresztő képesség, UV-sugárással szembeni kifokú érzékenység és megfelelő mechanikai szilárdság a követelmény. A plexi, „üveg” UV-vel szembeni ellenálló képességével, a polikarbonát mechanikai szilárdságával, ütésállóságával tűnik ki.

A tükrök anyaga elsősorban alumínium, amely igen jó reflexió tulajdonságokat mutat. Legkorszerűbb tükrökészítés a fröccsöntött műanyagok fémgőzölése.

Hogyan szerelhető, rögzíthető?

A beltéri lámpatestek lehetnek falra, mennyezetre, sínrendszerre szerelhetők, mennyezetbe süllyeszthetők, függeszthetők, padlón vagy asztalon elhelyezhetők stb.

A kültéri lámpatestek lehetnek oszlopra, karra, falra, acélsodronyra stb. szerelhetők, földbe szúrhatók (kertvilágítás).

A fentiekén kívül a felhasználó számára általában nem közbömbös a lámpatest súlya, mérete, alakja és színe. A tervező választja ki mindezen szempontok figyelembevételével a céljainak leginkább megfelelő lámpatestet.

2.3. EGYÉB MŰKÖDTETŐ ELEMEEK

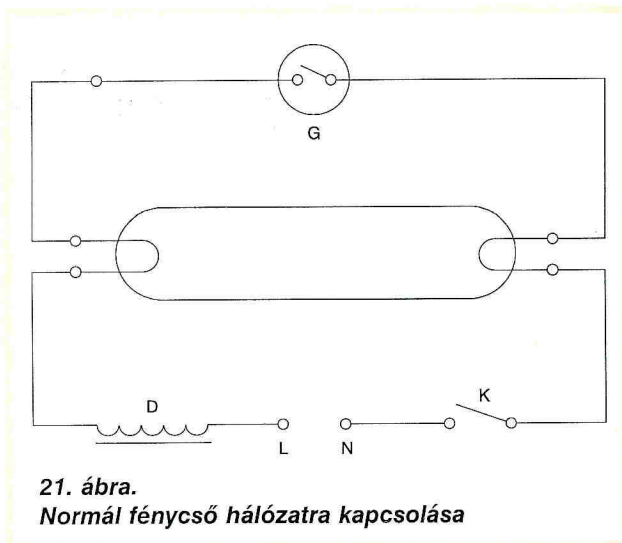
Egy világítási berendezéshez a fényforrásokon és lámpatesteken kívül egyéb működtető elemek is hozzátartoznak. Ilyenek a kisülő fényforrásokhoz alkalmazott gyújtóegységek és előtéték. Jelen kiadványban ezzel a két létfontosságú elektromos eszközzel foglalkozunk, és nem érintünk olyan elemeket, amelyek mechanikai rögzítési funkciókat látnak el (oszlop, falikar stb.). Ugyanígy nem foglalkozunk hálózati vonatkozású kérdésekkel (vezetékek, fázistényező javítása).

2.3.1. GYÚJTÓK

2.3.1.1. Fénycsöveknél alkalmazott gyújtók

A fénycsövek gyújtó feszültsége – vagyis az a feszültség, amely az elektródok közé kapcsolva a kisülés megindításához szükséges – többszöröse a hálózati feszültségnek. A gyújtó feladata, hogy közreműködésével megjelenjen a kb. 600–800 V-os feszültség, mely elegendő a fénycső üzembe helyezéséhez.

A fénycsőgyújtó egy kis glimmlámpa, amelynek legalább az egyik elektródja U alakúra hajlított ikerfémlemez. A hálózati feszültséget a rendszerre kapcsolva a gyújtóban megindul a parázsfénykisülés, mert a gyújtó gyújtási feszültsége kisebb, mint a hálózati feszültség. A keletkezett hő hatására az ikerfém érintkezik a másik elektróddal, és az áramkör az elektródokon és a fénycsővel sorba kötött



21. ábra.
Normál fénycső hálózatra kapcsolása

előtétlen (fojtótekercsen) keresztül záródik. Az áram felmelegíti az elektródokat, megkezdődik az elektronemisszió, ugyanakkor a gyújtóban a parázsfénykísülés megszűnik, az ikerfém lehűl és megszakítja az áramkört. Ennek hatására a fojtótekercsen (induktív előtét) akkora feszültség indukálódik, amely elegendő a fénycső begyújtásához.

Ha a gyújtás nem volt sikeres – a rövid előfűtési idő miatt még nem elegendő az emisszió mértéke – a folyamat mindaddig ismétlődik, amíg a kísülés meg nem indul. A fénycsövek élettartamának vége felé az elektródok emittálóképessége jelentősen csökken, a fénycső villog, a kísülés nem tud tartósan fennmaradni. Ilyenkor a gyújtó és az előtét túlmelegedés miatt tönkremehet. Léteznek olyan gyújtók, amelyekbe a túlmelegedés ellen időkapcsolót építenek, ez adott hőmérsékleten lekapcsolja a gyújtó áramkört.

Hasonló gyújtási nehézségek léphetnek fel kis környezeti hőmérsékleten (pl. télen, szabadban). Egyes cégek gyújtói -20 °C és $+80\text{ °C}$ között gyorsan és megbízhatóan gyújtanak.

A fénycsövek kisebb hányada, a belső, ill. külső gyújtócsikkal ellátott speciális csövek nem igényelnek gyújtót.

2.3.1.2. Nagynyomású kísülőlámpákhoz alkalmazott gyújtókészülékek

A világítástechnikai gyakorlatban kétféle nagynyomású kísülőlámpa van, amelyhez gyújtót kell használni: a nátriumlámpa és a fémhalogénlámpa.

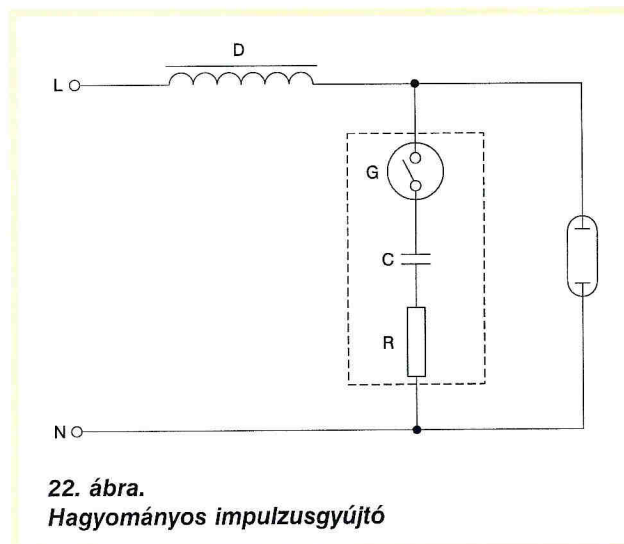
Ezen a területen az alábbi gyújtótípusokat különböztetjük meg.

1. Hagyományos impulzusgyújtó (ld. a 22. ábrát)
2. Tirisztoros impulzusgyújtó

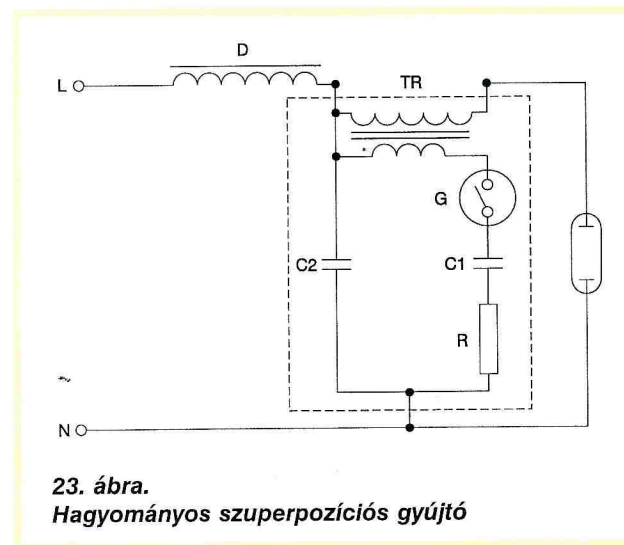
3. Hagyományos szuperpozíciós gyújtó (ld. a 23. ábrát)
4. Elektronikus szuperpozíciós gyújtó

A gyújtóknak meg kell felelniük a Magyarországon ma érvényes szabványok általános és biztonsági, valamint működési követelményeinek. Ide tartozik a megbízható gyújtás, a ma már nem működő (deaktivált) lámpák folyamatos újragyújtásának kiküszöbölése, minimális teljesítményfelvétel, hosszú élettartam, az ISO 9000-es szabványsorozat alapján megvalósított egyenletes jó minőség.

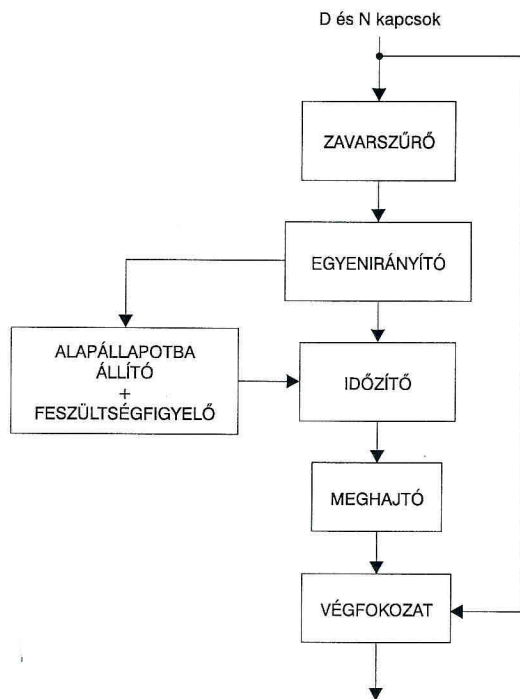
A nagynyomású kísülőlámpák áramköreiben ma nálunk döntő többségben szuperpozíciós gyújtót használnak, ezek közül is egyre inkább az időtagos, elektronikus felépítésű szuperpozíciós gyújtót. Magának a szuperpozíciónak az elvét a 23. ábrán követhetjük. A hálózatra kapcsoláskor a meginduló glimmáram feltölti a C_1 kondenzátort, s



22. ábra.
Hagyományos impulzusgyújtó



23. ábra.
Hagyományos szuperpozíciós gyújtó



24. ábra.
Időtagos szuperpozíciós gyújtó elvi felépítése

miután az ikerfém a fénycsőgyújtóhoz hasonlóan zárja az áramkört, a kondenzátor a TR transzformátor primér tekercsén át kisül. A kondenzátor kisülésekor az $RC_1L_pC_2$ soros rezgőkörön csillapodó sinusos nagyfrekvenciás feszültség keletkezik, amely a transzformátor szekunder tekercsében a hálózati feszültségre szuperponálódó nagyfeszültséget indukál. Ez a több kilovoltos feszültség – megfelelően méretezett gyújtó esetén – elegendő a nagynyomású lámpában a kisülés beindításához.

Az időtagos (leálló) gyújtó a gyújtásképtelen lámpát néhány gyújtási kísérlet után nem próbálja tovább gyújtani; a bekapcsolástól számított néhány perc múlva leáll. Ez a többi áramköri elem élettartamát kedvezően befolyásolja.

Az időtagos szuperpozíciós gyújtók részletes áramköri megoldásai nem publikusak. A 24. ábrán a gyújtó általános felépítésének blokk-sémáját közöljük.

A gyújtókészülékeknek – mint a hagyományos szuperpozíciós gyújtónak is – három külső csatlakozó pontja van. N a nullvezetőhöz, vagyis a lámpa fejének menetes hüvelyéhez, D az előtétéhez, L a lámpafej középső kontaktlemezéhez csatlakozik, ezen a kivezetésen jelenik meg a gyújtó impulzus.

A gyújtón – többek között – feltüntetik, hogy melyik típusú és milyen teljesítményű lámpa gyújtására alkalmas.

2.3.2. ELŐTÉTEK

A kisülő fényforrásokat a negatív ellenállás-karakterisztika miatt sorosan kötött áramkorlátozó előtétrel kell működtetni. Az előtét helyes megválasztása fontos feladat, a lámpa+előtét egy rendszert képez, a rosszul illeszkedő előtét a lámpa stabil működését teszi lehetetlenné.

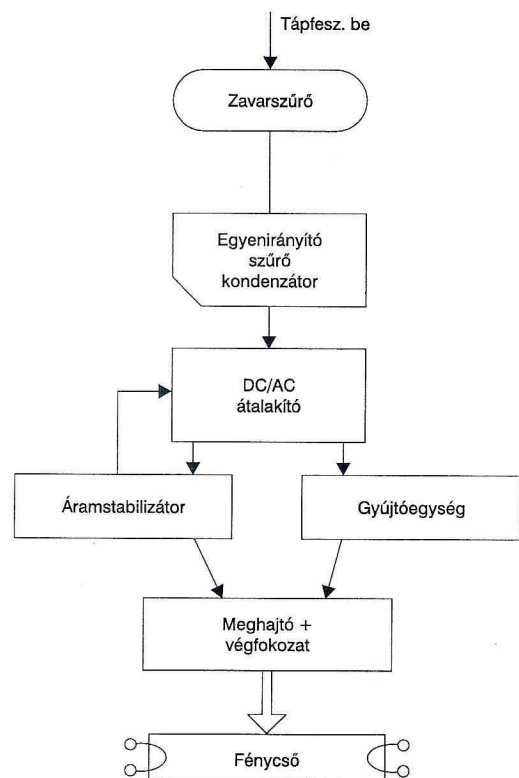
Az előtét elvben lehet ohmos ellenállás, tekercs (induktivitás) és kondenzátor. Elektrotechnikai és lámpafizikai megfontolásokból az ohmos és kapacitív előtét alárendelt jelentőségű.

A gyakorlatban alapjában véve kétféle áramkorlátozó elemet alkalmaznak:

1. Hagományos fojtótekercset
2. Elektronikus előtétet

Ma Magyarországon még vitathatatlanul a hagyományos induktív előtétek szerepelnek nagyobb mennyiségben, súlyos, nagykiterjedésű vasaggal. (Pl. egy 2000 W-os fémhalogénlámpához alkalmazandó fojtó súlya több mint 23 kg!)

A sokkal korszerűbb, nagyfrekvencián működő elektronikus előtétek az utóbbi években nagy számban és kellő tí-



25. ábra.
Elektronikus fénycsőelőtét blokkvázlata

pusválasztékban jelentek meg a magyar piacon részben külföldi, részben hazai cégek gyártmányaiként. Mik azok a tulajdonságok, amelyekben felülmúlják a hagyományos induktív előtéteteket?

1. A nagyfrekvenciás táplálás ugyanakkora bevezetett teljesítménynél kb. 10%-os fényáram-növekedést eredményez.
2. További energiamegtakarítást jelent, hogy az elektronikus előtétben a veszteség kb. egyharmada a hagyományos fojtóénak. Ezzel függ össze a kisebb melegedés és hőterhelés.
3. Kisebb súly és méret, kényelmesebb használat.
4. Villogásmentes begyújtás.
5. Nincs stroboszkóp hatás.
6. Nincs a hagyományos értelemben vett fáziseltolás ($\cos \varphi$).
7. Megoldható a szabályozás (dimmelés) egészen kis fényáramig, a névleges fényáramnak akár 0,1%-áig.
8. Nagyobb áram- és feszültségstabilizáció, mely pozitív hatással van a fényforrás élettartamára.

A 25. ábra egy elektronikus fénycsőelőtét elvi vázlatát mutatja be.

Néhány megjegyzés a rajzhoz:

A bemeneti zavaroszűrő feladata egyrészt, hogy a több MHz-es felharmonikusokat ne engedje a hálózatba, másrészt, hogy az előtétet védje a hálózati túlfeszültségtől.

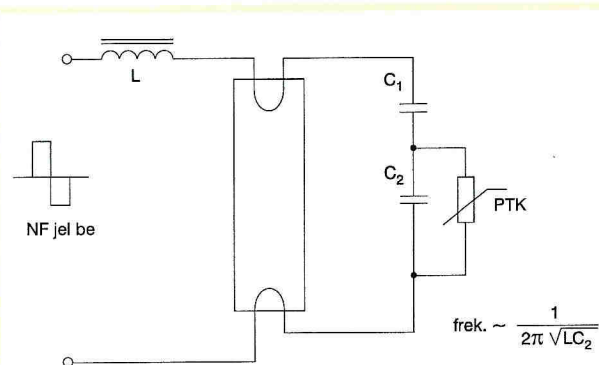
Az egyenirányító egy Graetz-kapcsoló, a simító kondenzátor általában ELCO (10–50 μF).

A DC/AC átalakító a kapcsoló tranzisztorokat meghajtó oszcillátor (frekvencia kb. 40 kHz), a tranzisztorok által szolgáltatott közelítőleg négyszögjelet a normál fénycsőkapcsolásokból ismert fojtón keresztül csatlakoztatjuk a fénycsőhöz. (Tehát megfelelő impedanciájú tekercs ugyanúgy szükséges, mint a hagyományos fénycsőkapcsolásnál, csak a nagyfrekvenciás tekercs súlya és mérete sokkal kisebb a hagyományosnál). Amennyiben egyenáramú táplálás van, nincs szükség egyenirányítóra. A nagyfrekvenciás oldalon a frekvencia 25 és 50 kHz között van; az emberi hallástartományon kívül kell esnie, 50 kHz felett viszont jelentősen növekszik a veszteség és erősödik az antennahatás.

Az elektródok előfűtésére és a szükséges gyújtási feszültség szolgáltatására több eljárás ismeretes; az egyik nagy nyugat-európai cég a 26. ábrán látható kapcsolást alkalmazza.

A C_2 kondenzátorral pozitív termikus koefficiensű (PTC) ellenállást kötnek párhuzamosan. A bekapcsolásnál ez még hideg, ellenállása kicsi, a nagyfrekvenciás fűtőáramot C_1 és L határozza meg. A PTC melegedésekor az áram már nem rajta, hanem a C_2 kondenzátoron „folyik keresztül”. Mivel $C_1 \gg C_2$, és az LC_2 kör a tápláló nagyfrekvenciára van hangolva, rezonancia következtében akkora feszültség lép fel, hogy a cső begyújtása megtörténhet.

A legújabban kifejlesztett előtétokról szólva megemlíthetjük az elektronikus transzformátorokat, amelyek a nálunk is nép-



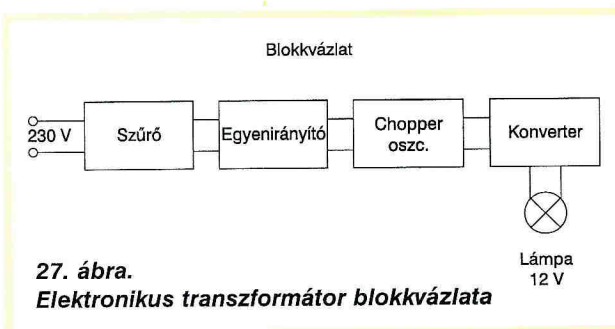
26. ábra.
Elektronikus előtéttel megvalósított gyújtás elve

szerű törpefeszültségű halogén izzólámpás világítási rendszerek elterjedőben lévő tartozékai. A hagyományos 230V/12V transzformátorokhoz képest jelentős veszteségcsökkenés, 0,1 kg nagyságrendű súly, fényforráskímélő üzemeltetés, kismérvű hőfejlődés jellemzi. Működési frekvenciája kb. 30 kHz, kimeneti feszültség 11,6 V.

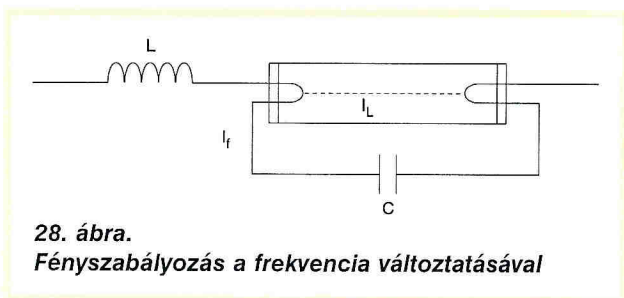
A korszerű világítási berendezés követelménye, hogy szabályozható legyen. Ez annyit jelent, hogy fényáramát a kívánalmaknak megfelelően csökkenthessük. További igény lehet, hogy ez a szabályozás emberi beavatkozás nélküli, automatizált legyen.

A fényáram csökkentése („dimmelés”) nem minden fényforrás esetében problémamentes. Az izzólámpák folyamatos fényáram-szabályozása egyszerűen megoldható egy, a lámpával sorba kötött változtatható ellenállással vagy újabban elektronikus feszültség-szabályozással. Halogén izzólámpánál már korlátot szabnak a volfrám-halogén körfolyamat optimális megvalósításának hőmérsékleti feltételei.

Kisülő fényforrások esetében bonyolultabb a helyzet. A fényáram csökkenését a vele közelítőleg arányos lámpáram csökkenése idézi elő. Az áramerősség csökkenését azonban az elektródok hőmérsékletének a csökkenése is kíséri, amely kisebb mértékű elektronemissziót, félperiódu-



27. ábra.
Elektronikus transzformátor blokkvázlata



28. ábra.
Fényszabályozás a frekvencia változtatásával

sonkénti újragyújtási nehézséget eredményez, sőt az ív ki-
alvása is bekövetkezhet.

A kisülőlámpák családján belül maguk a különféle típusú
fénycsövek sem viselkednek azonos módon dimmelés ha-
tására. A kapacitív hatású réteggel bevont Rapidstart cső-
vek nagyobb határok között szabályozhatók induktív előtét
mellett is, ezenkívül a töltőgáz összetétele, nyomása s a
csőgeometria is befolyásolja a dimmelhetőséget.

Az elektronikus előtétek alkalmazása a kisülőlámpák sza-
bályozását is megoldotta. A leglényegesebb előny a na-
gyobb szabályozási tartomány és ennek révén jelentős
költségmegtakarítás, de megemlítendő a lámpa fokozott
kímélése is, amely az élettartamban jut kifejezésre.

Anélkül, hogy a műszaki megoldások részletezésébe bele-
mennénk, megemlítjük, hogy a fénypálya-szabályozás két
fő módja a változó nagyfrekvenciás táplálás és az ún. fázis-
vágás. A frekvenciaváltoztatással való szabályozás elvét a
28. ábra mutatja be. 25–70 kHz frekvenciájú áramot alkalmazva a frekvencia növelésekor a tekerics induktív ellenál-
lása nő, tehát a kisülőcsövön átfolyó áram csökken,
ugyanakkor a csővel párhuzamos kondenzátor kapacitív
ellenállása csökken, tehát a fűtőáram növekszik.

A fáziskivágásos szabályozásnál szintén alapvető követel-
mény, hogy az elektródok fűtése ne szűnjék meg. Ehhez
speciális előtét használandó, amely a szokásos tekercsen
kívül egy megfelelően méretezett fűtőtranszformátort tartal-
maz. Az újragyújtást a cső hosszán végighúzó, vagy a
lámpatestben elhelyezett gyújtócsík segíti.

A szabályozáshoz szükség van tehát egy szabályozásban
aktívan részt vevő speciális előtetre, valamint egy szabályo-
zó egységre, amely vagy 1–10 V intervallumban egyenfe-
szültségű jelet szolgáltat, vagy digitális jelekkel szabályoz.

A legkorszerűbb berendezésekben a szabályozó rendszer-
be fényérzékelőt építenek be, s például egy irodahelyiség-
ben a természetes világítás mértékének változását a fény-
források fénypálya-szabályozásának változása önműködően követi. Ma
már kifejlesztettek olyan rendszereket, amelyek egy egész
épület (pl. irodakomplexum) szabályozott világítását szá-
mítógépes vezérléssel oldják meg.

Napjainkban megoldott mind az egyedi, mind a csoportos
fényforrás-szabályozás.



TERMÉSZETES VILÁGÍTÁS

A természetes világítás fényforrása a Nap, tágabban fogalmazva az a külső tér, amely a Nap fényét a belső térbe juttatja. Ez lehet maga a Nap, az égbolt, amely szórja a Nap fényét, lehetnek a belső térből látható égbolttakarások, valamint a terep. Ez utóbbiak visszaverik a Nap közvetlen és az égbolt szórt fényét.

A természetes világítás lámpatestje az ún. bevilágító (pl. ablak), amely a világító külső tér fényét beengedi és szétosztja a belső térben.

Az előzőkből következik, hogy minden belső térnek saját világító környezete, saját természetes „lámpája” van.

A világító külső térnek tehát négy komponense van:

- a Nap
- az égbolt
- a takarás
- a terep

Az egyes komponensek nem azonos súllyal határozzák meg a természetes világítást. A Napnak és az égbolt szórt fényének szerepe meghatározó. Tekintettel arra, hogy a Napnak a földfelszínhez viszonyított mozgása az égbolton, továbbá a légköri változások földrajzi hely függőek, a természetes világítás „lámpája”, a világító külső környezet földrajzi helyenként szükségszerűen különböző.

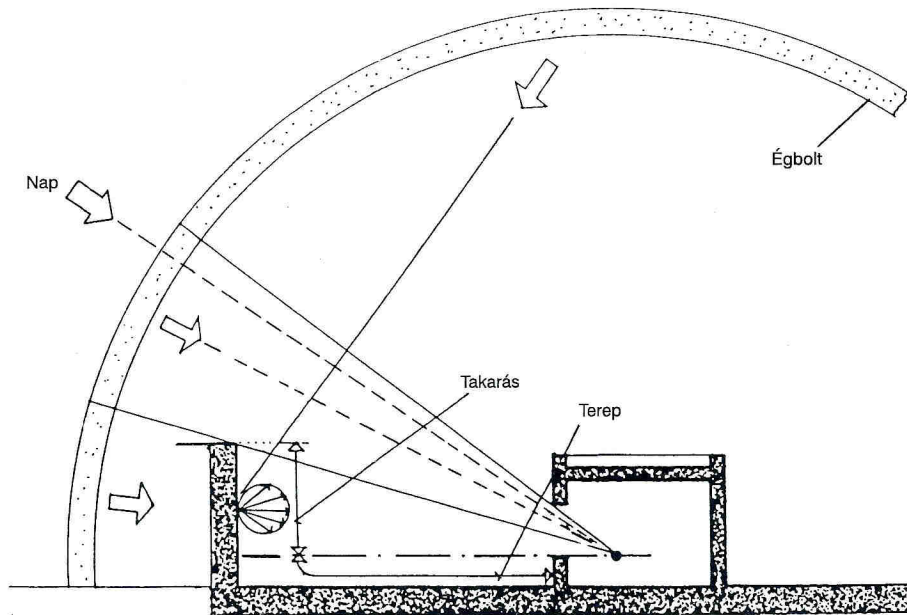
További sajátosság, hogy adott földrajzi helyen, a légkör állapota a meteorológiai statisztika törvényszerűségeinek megfelelően változik, aminek következménye, hogy bizonyos légköri állapotok valamilyen valószínűséggel fordulnak elő, illetve várhatók. Végeredményben így a természetes világítás intenzitása csak mint valamilyen valószínűséggel várható érték értelmezhető. A gyakorlatban az 50% valószínűséggel várható értékek szolgálnak a jellemzésre, ezek gyakorlatilag olyan átlagértékek, melyeknél nagyobbak és kisebbek egyaránt előfordulhatnak.

A komponensek szerepe a belső tér világításának alakításában az egyes belső terek esetén általában eltérő és az időben változó. Lényeges az eltérés a napsütéses és borult idő között, továbbá a tekintetben, hogy külső takarás milyen mértékben korlátozza az égbolt hatását, aminek szélső esetei a „nincs takarás” és a „belső térből nem látható az égbolt”.

A természetes fényforrást mennyiségi szempontból egzakt módon a fénysűrűség-eloszlással lehetne jellemezni. Mint-hogy ehhez igen sok adat ismerete szükséges, és ezek nem állnak rendelkezésre, a gyakorlatban a fényintenzitás jellemzésére alkalmasan választott síkon létrehozott megvilágítás szolgál.

3.1. A KOMPONENSEK SAJÁTOSÁGAI

A **Nap** olyan közel párhuzamos (direkt) fényt sugárzó komponens, amely a belső térhez viszonyított helyzetét állandóan, naponként eltérő módon változtatja.



29. ábra.
A világító külső tér összetevői

A napfény sajátossága, hogy a felhők okozta takarás miatt a nappaloknak csak egy részében éri közvetlenül a földfelszínt. Magyarországon a napsütéses órák száma kevesebb, mint a nappalok időtartamának fele, évi 1700–2000 óra.

A napfény fénytechnikai adatai:

A földfelszínen (a fényerősségre merőleges síkon) mért megvilágítás Magyarországon maximálisan 50 000 lx. Színhőmérséklete 3000 és 5700 K között mozog, színviszszaadási indexe 100.

A párhuzamos napfény a belső tér egy éles határral kirajzolható részét világítja meg. E határvonal két oldalán a megvilágítás értéke nagyon eltérő, közöttük több nagyságrendbeli különbség lehet. A napfényrel bevilágított felület általában olyan nagy fényssűrűségű, hogy kápráztat. Végeredményben a közvetlen napfény okozta belső térmegvilágítás olyan nagy mértékben kiegyensúlyozatlan, hogy kötött munkavégzésre szolgáló helyiségekben a használati időben megengedhetetlen. Így a Nap, bár a világító külső környezet alapeleme, a természetes világítás szempontjából olyan összetevő, amelynek diszkomfort hatásai ellen védekezni kell, és a belső tér természetes világításában közvetlenül csak esetenként vehet részt.

Az **égbolt** szórja a Nap fényét, szórt (diffúz) fényt sugároz. Felhőtlen időben gyengébb az égboltsugárzás, mint felhős égbolt esetén. Legerősebb az égboltsugárzás vékony felhőréteggel fedett égbolt esetén. Az égbolt fénye okozta megvilágítást külső megvilágításnak nevezzük (E_k), értéke hazánkban max. 40 000 lx.

Az égbolt fényintenzitásának évi változásáról jó áttekintést adnak az E_k izopleták (30. ábra).

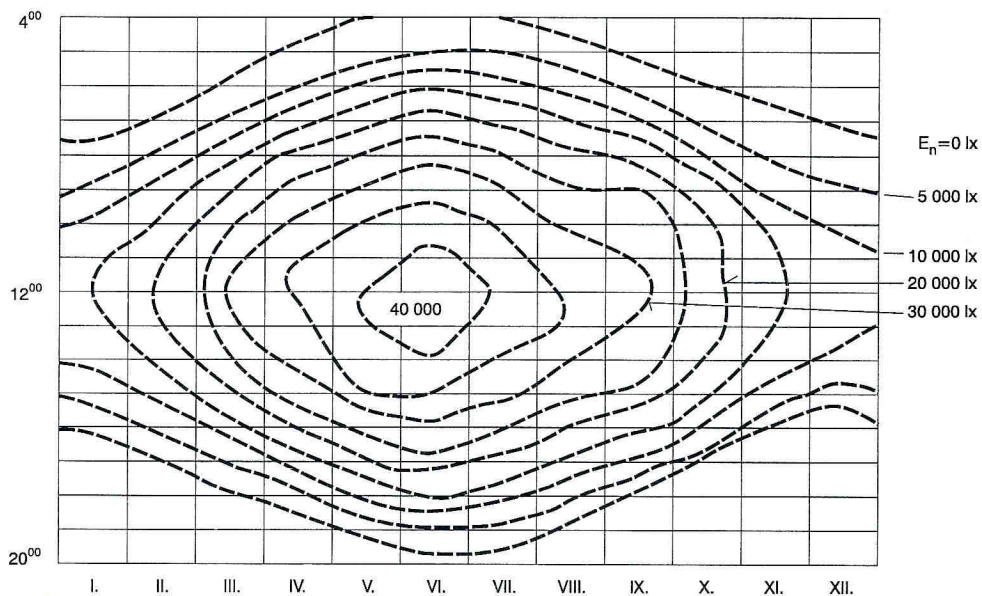
Hogy egy adott megvilágítás egy évben hány órán keresztül tapasztalható, az E_k tartamdiagram mutatja meg (31. ábra).

Az égbolt mint fényforrás az év közel felében, kb. 4400 órában áll rendelkezésre, s minthogy körbeveszi az épületeket, a bevilágítóval ellátott belső térből (ha nincs takarás) minden esetben látható az égbolt, tehát számítani lehet az égbolt fényének hasznosítására. Az égbolt szórt fényének hatására a belső térben kialakuló megvilágításeloszlás kedvező. Az egymás mellett lévő felületek megvilágítása folyamatos átmenettel változik, nincsenek éles határvonalak. Az égbolt szórt fénye a belső térben csak ritkán eredményez olyan mértékű túlvilágítást, ami káprázást okoz.

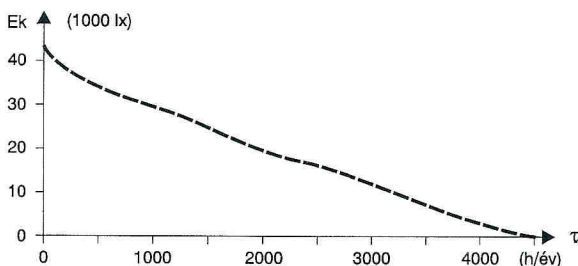
Végeredményben az égbolt diffúz fénye jól használható természetes világításra. A belső terek természetes világítása elsősorban az égbolt fényének hasznosítására épül.

A **takarás** a külső tér azon része, amely a belső térből nézve takarja az égbolt egy részét. Ilyen módon kizárja az égbolt egy részének és esetenként a Napnak a hatását, ugyanakkor az égbolt más részének és esetenként a Napnak a fényét reflektálja a belső térbe.

A takarás attól függően módosítja a helyiség természetes világítását, hogy fényssűrűsége kisebb vagy nagyobb, mint a takart égbolt. Az, hogy a takarás világosabb-e, mint a takart égboltrész, elsősorban fényvisszaverő képességétől



30. ábra.
Az év azon időpontjai, amikor adott E_k megvilágítás várható



31. ábra.
A külső megvilágítás tartamdiagramja

függ. Sötét felületek (növényzet, ablakkal ellátott vagy sötét épülethomlokzat) rendszerint csökkentik, világos felületek (havas hegyoldal, világos színű tűzfal) többnyire növelik a belső tér természetes világítottságát.

A takarás világító hatása mennyiségi szempontból (általában az előzőeken túlmenően) nem jellemezhető.

A takarás fénye jellemzően szórt fény, az általa belső térben létrejövő világítás hasonló az égbolt hatására kialakuló világításhoz. Így a takarás fénye hasznosítható természetes világítás céljára.

A **terep** a külső tér azon része, amelynek fénye a szokásos vízszintes, asztal magasságban lévő munkasíkra csak belső téri reflexió révén juthat.

A terep valamilyen formában az égbolt és esetenként a Nap fényét reflektálja a belső térbe. Hatása arányos fényvisszaverő képességével, ami havas terep esetét kivéve általában gyenge. Fénye diffúz, mennyiségi szempontból nem jellemezhető, hatása általában másodlagos.

A **terep** világító hatása sem jellemezhető mennyiségi szempontból.

Amennyiben színes, növényzettel takart, megváltoztatja a természetes fény minőségét, fényszínét és színvisszaadását egyaránt. Természetes világítás céljára hasznosítható.

A világító külső környezet komponensei közül tehát a belső terek természetes világítása az égbolt, a takarás és a terep szórt fényének hasznosítására épül. A helyiségek „benapozása” általában megengedhetetlen, mert vizuális diszkomfortot okoz. Ezért a közvetlen napfényt olyan hatásként kell figyelembe venni, ami ellen általában védekezni kell.

Rangsorolva a diffúz fény szolgáltató komponenseit az égbolt és a takarás szerepe elsődleges, a terep hatása általában másodlagos.

3.2. TERMÉSZETES VILÁGÍTÁSI MEGOLDÁSOK

A természetes világítás úgy alakul ki, hogy a világító külső környezet fénye az erre a célra kialakított fényáteresztő

szerkezeteken, a bevilágítókon keresztül bejut a belső térbe és megvilágítja azt.

A bevilágító a belső tér határolásának különböző részein alakítható ki. A bevilágító elhelyezése alapvetően befolyásolja a belső térben kialakuló megvilágítás térbeli eloszlását. Természetes világítás esetén a bevilágító elhelyezésétől függő világítási módok:

- oldalvilágítás: jellemzője, hogy a bevilágító ez esetben oldalvilágító, az oldalfalon van;
- felülvilágítás: jellemzője, hogy a bevilágító ez esetben felülvilágító, a mennyezeten nyer elhelyezést;
- kombinált világítás, ami az előző két megoldás ötvözete.

Az oldalvilágító lehet ablak vagy valamilyen transzparens szerkezet (üvegtégla, profilüveg stb.).

A felülvilágítók kialakításuk tekintetében igen sokfélék. Lehetnek

- vonalszerűek: shed, monitor, nyereg, donga stb. formájúak;
- pontszerűek: hasáb, gúla, kupola, stb. formájúak;
- világító tetők;
- tetszőleges egyéb építészeti formájúak.

3.3. A TERMÉSZETES VILÁGÍTÁS JELLEMZŐI

A természetes világítás ugyanazon világítástechnikai jellemzőkkel írható le, mint a mesterséges világítás.

Megvilágítás

A belső terek természetes megvilágítása arányos a külső világító környezet fényintenzitásával. Minthogy a külső világító környezet intenzitása állandóan változik, a belső tér megvilágítása is állandóan változik.

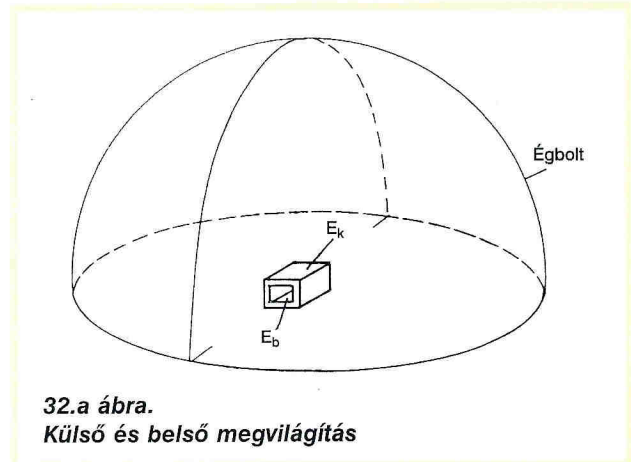
A belső tér adott pontjának természetes megvilágítására jó közelítéssel igaz a következő összefüggés:

$$E_b(t) = \frac{e}{100} E_k(t),$$

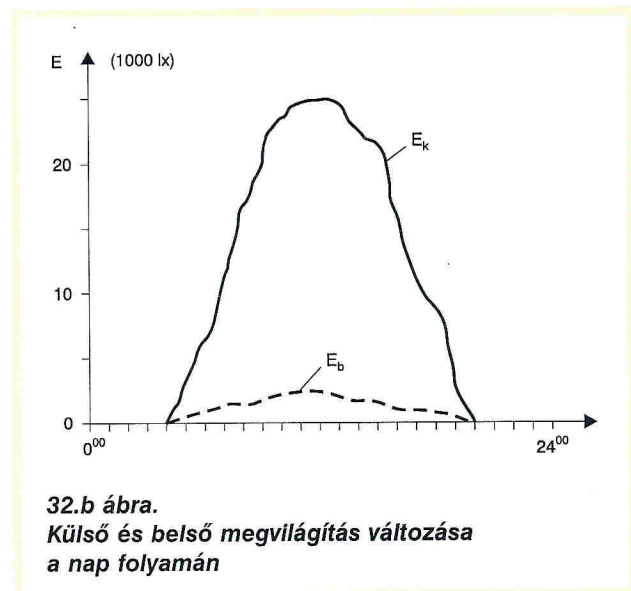
- ahol: – $E_b(t)$ (lx) a megvilágítás a belső tér adott pontjában, az idő függvényében;
- $E_k(t)$ (lx) a külső megvilágítás, az idő függvényében;
- e (%) az ún. világítási tényező, vagy természetes világítási tényező.

A belső térben mérhető megvilágítás az időben állandóan, szükségszerűen változik, adott nagysága minden esetben egy adott időponthoz, illetve egy adott külső megvilágításhoz rendelt. Így az a kérdés, hogy „mennyi a belső tér egy pontjának természetes megvilágítása?”, önmagában értelmetlen és megválaszolhatatlan, hiszen az az év során a nulla és egy adott érték között változik.

A belső téri megvilágítás egy adott értékéhez tehát mindig vagy egy külső megvilágításérték tartozik, vagy egy időpont mint feltétel. Ebből következik továbbá, hogy a belső



32.a ábra. Külső és belső megvilágítás



32.b ábra. Külső és belső megvilágítás változása a nap folyamán

téri megvilágítás egy tartományához pedig vagy egy külső megvilágítástartomány, vagy egy időtartam rendelhető.

A belső tér természetes megvilágítása tehát a gyakorlatban kétféleképpen jellemezhető: közvetlenül és közvetetten.

Közvetlen jellemzés során a vonatkoztatási síkon (munkasíkon) a belső tér világítását a megvilágítás értékeinek térbeli eloszlása, a jellemző sík menti eloszlása, átlagértéke, legkisebb értéke és egyenlőtlensége jellemzik.

A közvetlen jellemzés alapvető problémája, hogy az csak egy adott külső állapot, azaz adott intenzitású világító külső környezet esetén áll fenn, más szóval csak egy-egy adott pillanatban.

A közvetett jellemzés az e világítási tényezővel történik, amelynek a térbeli eloszlása a megvilágításhoz hasonlóan értelmezhető a vonatkoztatási síkon (munkasíkon), jellem-

zók sík menti eloszlása, átlagértéke, legkisebb értéke és egyenletessége.

A világítási tényező lényegében egy hatásvonal, a természetes fény belső téri világításra való hasznosításának hatásvonalja. Értéke azt mutatja, hogy az épített belső tér, a külső takarások összességében milyen mértékben korlátozzák a lehetséges (100%) megvilágítást.

A megvilágítás közvetett jellemzésének előnye, hogy a világítási tényező állandónak tekinthető. A természetes világításeloszlás jellemzésére ezért a közvetett jellemzést használjuk.

Az előző alapösszefüggésnek megfelelően a kétféle jellemzés szoros kapcsolatban van egymással, adott E_k külső megvilágítás esetén a közvetlen és a közvetett jellemzők egymásból származtathatók (33. ábra).

A természetes megvilágítás térbeli eloszlását a munkasík menti eloszlásként értelmezzük. A térbeli eloszlás alapvetően a világításmód függvénye.

Oldalvilágítás esetén a megvilágítás szükségszerűen nagymértékben egyenlőtlen. A térbeli eloszlást az jellemzi, hogy a megvilágítás az ablaktól távolodva erőteljesen csökken. Az egyenletesség csak nagyon korlátozott mértékben befolyásolható.

Felülvilágítás esetén és kombinált világításnál a térbeli egyenletesség kívánt értékre tervezhető.

Káprázás

Természetes világítás esetén káprázást elsősorban a látótérben lévő Nap, a napfényrel közvetlenül bevilágított belső tér, az égbolt és esetleg a takarás okozhat a következők szerint.

- A Nap fénysűrűsége minden esetben olyan nagy, hogy a közvetlen rálátás káprázást okoz.
- Közvetve általában a világos és esetenként a tükröző felületek kápráztatnak.

- Az égbolt fénysűrűsége állandóan változik, de csak időnként haladja meg azt a fénysűrűségértéket, amely kápráztat.
- A takarás rendszerint csak akkor okoz káprázást, ha világos színű, továbbá ha az égbolt és a Nap erősen megvilágítja.

A káprázás erőssége minden esetben attól is függ, hogy a kritikus fénysűrűség a látótér melyik részén van. Ebből következően oldalvilágítás esetén nagyobb a káprázás veszélye, mint felülvilágításnál.

Fényszín

A világító külső tér fényének színhőmérséklete igen széles határok között változhat, a komponensek fényének színhőmérsékletéből adódóan. Tekintettel arra, hogy belső tér világítása során elsősorban az égbolt fényének hasznosítására épül, a helyiségek természetes világítása során 6000 K-nél nagyobb színhőmérsékletű fény nem lehet számítani.

Ebből következik, hogy a természetes világításnál, ha a megvilágítás szintje kicsi, a színérzet lehet hideg. Minthogy azonban a megvilágítás szintje állandóan változik, ilyen diszkomfort csak a használati idő kis részében várható.

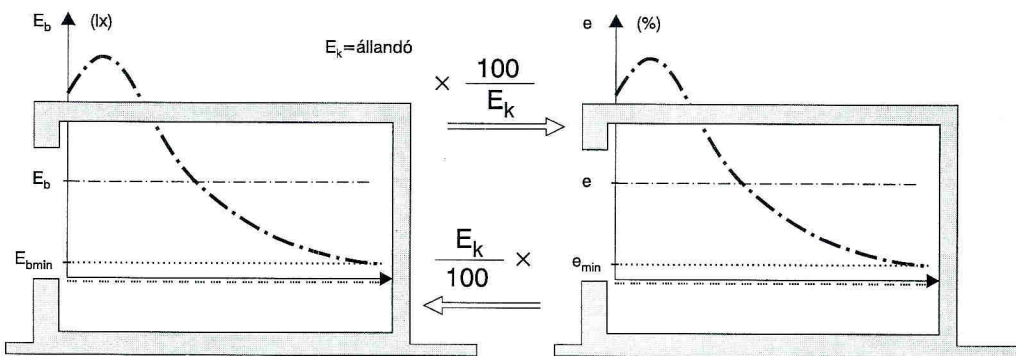
Színvisszaadás

A direkt napfény és az égbolt szórt fényének színvisszaadása az égbolt-állapottól függetlenül kiváló. Tekintettel arra, hogy az anyagok természetes színeinek tudata a természetes fény melletti színekként alakultak ki, a takarás és a terep fényének színvisszaadása lehet gyengébb.

A gyakorlatban, ha a belső tér világításában a takarás nem játszik meghatározó szerepet, vagy ha a takarás hatása jelentős ugyan, de a takarás nem színes, a belső tér természetes világításának színvisszaadása kiváló, $R_a=100$.

Gazdaságosság

A természetes világítás gazdaságossága nagyon összetett probléma, minthogy a bevilágító, amelyen keresztül a he-



33. ábra. A megvilágítás és a természetes világítási tényező kapcsolata

lyiség természetes fényt kap, egyúttal a belső tér határolásának hőtechnikailag leggyengébb része, és így hőátadás révén jelentős mértékben befolyásolja a belső térben kialakuló hőmérsékletet.

Elemzések tanúsága szerint nem igaz az az elv, amely szerint a kisebb méretű bevilágító kevesebb fűtési-világítási energiafogyasztással jár.

A természetes fény mint megújuló energia hasznosításában lévő lehetőségeket jelzi a következő két adat:

- a természetes fényhez tartozó fényhasznosítás mintegy 100 lm/W,
- Magyarországon, a takaratlan vízszintes síkon, egy év során az égboltsugárzásból várható fényenergia kb. 10^8 lmh/m². Ha ezt a fénymennyiséget mesterséges fényforrással szeretnénk előállítani, ahhoz 10^3 – 10^4 kWh/év villamos energia lenne szükséges, a jelenlegi 10–100 lm/W fényhasznosításokat figyelembe véve. Jóllehet a jelenlegi építészgyakorlat a rendelkezésre álló fényenergia 1–10%-ának hasznosítását teszi lehetővé, ez a lehetőség így is nagyon figyelemreméltó.

Magyarországon a belső terek természetes világítását a következő feltételekre tervezik:

- egyenletesen fedett égbolt,
- a külső megvilágítás értéke $E_k=5000$ lx.

BELSŐ TÉRI VILÁGÍTÁS

4.1. BELSŐ TEREK MESTERSÉGES VILÁGÍTÁSA

A világítási berendezések megvalósítása nem lehet esetleges vagy véletlenszerű, a világítást *tervezni kell*. A tervezéshez ismerni kell a világítandó helyiség(ek) rendeltetését, geometriai méreteit, az elérendő megvilágítási szintet, ki kell választani a fényforrást, lámpatestet stb. A századvég világítástechnikusa a tervezést számítógéppel végzi, s segítségére vannak a különböző világítástechnikai méretező programok, melyeknek nemcsak a munka meggyorsítása és szemléletesebbé tétele a szerepük, hanem lehetőséget nyújtanak a korrekciókra is. Ha több alternatívát vetünk össze, már a számítógép monitorján kiválaszthatjuk a legmegfelelőbb megoldást.

A tervezés és a megvalósítás során kötelességünk az adott terület érvényes szabványaihoz igazodni, így Magyarországon az MSZ 6240 Belső téri mesterséges világítás c. országos szabványhoz.

4.1.1. A MESTERSÉGES VILÁGÍTÁS TERVEZÉSÉNEK IRÁNYELVEI

A mesterséges világítás tervezésekor a nappali természetes világítással számszerűen nem kalkulálunk. A tervezendő világításnak külső sötétség esetén is teljesíteni kell a megvilágítási előírásokat. Természetesen figyelembe kell venni azt a tényt, hogy a gyakorlatban a világítást abban az időben is használják, amikor sötétedik, ill. a természetes világítás mértéke fokozatosan csökken. Ilyen tipikus példa az iskolavilágítás, ahol a délutáni foglalkozásoknál is még jelentős a kívülről érkező fény mennyisége. Az átmenethez megfelelő egyéb módszerekkel illeszthetjük a világítást: kapcsolással, szabályozással. A gyakorlati megoldásokról részletesen a következő fejezetekben lesz szó. A szemünk fényűrűsége, pontosabban fényűrűség-különbségeket érzékel. A tervezéskor ezt helyes fényirányokkal, elrendezéssel, ill. a reflexiók helyes kiválasztásával biztosíthatjuk. A gyakorlatban megvilágításra tervezünk, a fényűrűségi, káprázási paramétereket inkább határértékeként közlik a vonatkozó előírások. A térbeli egyenletesség megfelelő értékével a szem állandó alkalmazkodási munkáját csökkenthetjük, s így megakadályozható az idő előtti kifáradás, a látási teljesítmény romlása.

Néhány, a tervezésnél alkalmazott fogalom:

- **NÉVLEGES MEGVILÁGÍTÁS (E_n)**. A megvilágítás előírt értéke. Értékeit az előírások táblázatos formában tartalmazzák.
- **ÁTLAGOS MEGVILÁGÍTÁS E_{av}** . A megvilágított terület adott pontjaiban mért vagy számolt megvilágítási értékek számtani átlaga.
- **TERVEZÉSI TÉNYEZŐ**. A tervezett berendezés megvilágításértékét úgy kell meghatározni, hogy az adott helyen a

11. táblázat.
A megvilágítás tervezési szabványa

Az öregedés és a szennyezés mértéke	Tervezési tényező
Normál	1,25
Fokozott	1,43
Erős	1,67

karbantartási, szennyeződési és egyéb avulási viszonyok közepette is meglegyen az előírt megvilágítás. Ezért a szabvány túltervezést ír elő, a 11. táblázat szerinti besorolással. Más külföldi szabványok avulási érték használatát írják elő, amely a tervezési tényező reciprok. Például 1,25-ös tervezési tényező azonos 0,8-es avulási tényezővel.

- **TERVEZETT MEGVILÁGÍTÁS.** A névleges megvilágítás és a tervezési tényező szorzatának a helyi adottságoknak megfelelően az egész számú lámpatestekre vonatkoztatott értéke.
- **EGYENLETESÉG.** A térbeli egyenletesség leírására vezették be a legkisebb és az átlagos megvilágítás hányadosával értelmezett mennyiséget, amely nem lehet belső téri világításnál kisebb, mint az 1 : 3. Fontos szempont érzékelésünk szempontjából a fény időbeni változása, amelyre az emberek egy része fokozottan érzékeny. A gázkisülő lámpák hagyományos indukzív előtétrel működtetve a hálózati 50 Hz frekvenciának megfelelő fénylűktetést produkálnak. Elektronikus előtétek esetében (a frekvencia 25–30 kHz) fényüket a szem már folyamatosnak érzékeli.

A munka pontos meghatározása és besorolása az egyik legfontosabb feladat, de a vonatkozó előírások – általában táblázatos formában – megadják ezeket az értékeket. Példának a 12. táblázatban az MSZ 6240 alapján az irodai jellegű helyiségekre és a kereskedelmi tevékenységre vonatkozó előírások találhatóak. Az adatokból kiválasztható a tervezendő megvilágítás névleges értéke.

A fényforrások kiválasztása

A belső téri világításnál a fényforrások széles skálája leszűkül. Egyes fényforrások, bár megvan az alkalmazási területük, mint pl. az izzólámpáknak, nem tekinthetők korszerűnek. A korszerűbb, energiatakarékos fényforrások használatát döntően a lámpatestek kínálata határoolja be. A gyakorlatban a kompakt és hagyományos fénycsövekkel, a nagynyomású gázkisülőlámpák közül a higany-, a nátrium- és a fémhalogén lámpákkal tervezünk.

A fényforrások kiválasztásánál főként az 1. fejezetben ismertetett fényforrásjellemzők játszanak szerepet:

- fényhasznosítás
- színvisszaadás
- színhőmérséklet

Ez utóbbihoz annyit, hogy a gyakorlatban 200 luxos megvilágítási szint alatt M (meleg) fényszínű, 1000 lux felett H (hideg) színhőmérsékletű fényforrások alkalmazása ajánlott. A tervezési feladatok zöme a köztes sávba esik. Itt S (semleges) fénycsövek az elterjedtek, de a szokottól eltérő hatás eléréséhez választhatunk más színhőmérsékletet is. Gyakori a fénycsövek és halogénlámpák vegyes használata, ebben az esetben a színek illesztése miatt a meleg színhőmérséklet használata ajánlott.

12. táblázat.
Irodai és kereskedelmi helyiségek megvilágítása a MSZ 6240 szabvány szerint

A helyiség rendeltetése és/vagy a benne folyó tevékenység	Névleges megvilágítás (lx)	Színhőmérsékleti csoport	Színvisszaadási fokozat	Káprázási fokozat	Megjegyzés
5. IRODA JELLEGŰ HELYSÉGEK					
5.1. Irodahelyiség természetes világítással	300	M, S	2	1	Helyi világítást is célszerű alkalmazni
5.2. Irodahelyiség nem jellemző természetes világítással	500	M, S	2	1	
5.3. Nagyterű irodák jó fényvisszaverő határoló felületekkel	750	M, S	2	1	Orientált általános világítással célszerű megoldani
20. KERESKEDELEM					
20.1. Vásárlók közlekedőterülete	100	M, S	3	2	
20.2. Eladóhelyek nagyméretű áruval kisméretű áruval	200	M, S	3	2	
	300	M, S	2	1	
20.3. Pénztári munkahelyek	500	M, S	3	1	

13. táblázat.
A kibocsátott fény közvetlen és közvetett hányada

VILÁGÍTÁSI MÓD	Fénykibocsátás %	
	lefelé	feléle
Közvetlen	90–100	0–10
Főleg közvetlen	60–90	10–40
Szórt	40–60	40–60
Főleg közvetett	10–40	60–90
Közvetett	0–10	90–100

Természetesen további részletkérdések is felmerülhetnek egy-egy speciális tervezés kapcsán, de jelen kiadványban a főbb paraméterek gyakorlati tárgyalása a cél. Az előírások a különböző vizsgálatok és felmérések, tapasztalatok alapján az egyes látási feladatokhoz adják meg a használható fényforrások tulajdonságait. Értelemszerűen ennél jobbakat lehet használni, rosszabbat nem.

A lámpatestek kiválasztása

A lámpatesteket aszerint, hogy a kibocsátott fényének közvetlen és közvetett hányada hogyan aránylik egymáshoz, a 13. táblázatban található öt fő csoportra oszthatjuk: ez az arány szabja meg a világítási módot.

● **Közvetett világítás.** A mindennapi szóhasználatban indirekt világításnak is nevezik. A fény kizárólag valamely felületről visszeverődve jut a munkafelületre. Rendkívül homogen eloszlás jellemzi, dekoratív, jó kontrasztviszonyokat teremt. Az ilyen világítás a visszaverődés miatt rosszabb hatásfokú, mint a közvetlen világítás (34. és 35. ábra).

● **Főleg közvetett világítás.** A fénycsöves lámpatestekkel megvalósított ilyen világítást direkt/indirekt világításnak is nevezik. Az ilyen megoldásokat nagyobb belmagasságoknál használják. A lámpatestek közvetlen hányadának külön funkciója van, pl. számítógépes munkavégzésre alkalmazható tükörrácsot tartalmaz. Ez a megoldás káprázáskorlátozás szempontjából kiemelkedően jó, nagyobb belmagasság esetén kevesebb energiával biztosíthatjuk a kívánt megvilágítási szinteket. A közvetett fényhányad igen jó kontrasztviszonyokat eredményez, ami a látási teljesítményt nagymértékben növeli (36. és 37. ábra).

● **Szórt világítás.** A tisztán ide sorolható megoldások ritkábbak. Ha egy szabadon sugárzó lámpát pl. fehér mennyezetre 1 méteres függesztékre függesztenénk, akkor a rendszer közvetett és közvetlen sugárzása kb. fele-fele arányú lenne.

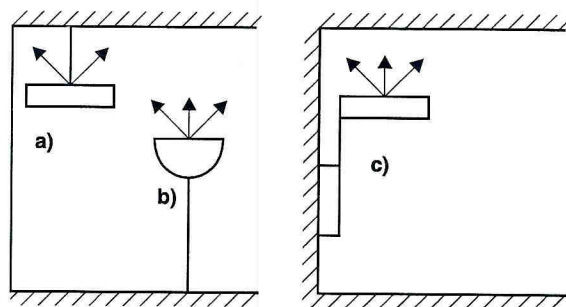
● **Főleg közvetlen világítás.** Az ilyen lámpatesteket mennyzetderítéses lámpatesteknek is nevezzük. A közvetett hányad a létrehozott megvilágításban nem játszik jelentős szerepet. A feladata az ún. barlang hatás kiküszöbölése, a tér

lámpatest feletti részeinek felderítése. A gyakorlatban ezt a megoldást elsősorban esztétikai megfontolásból alkalmazzák, az ugyanezen magasságban szerelt közvetlen világítással nagyjából megegyezik a világítás összhatásfoka.

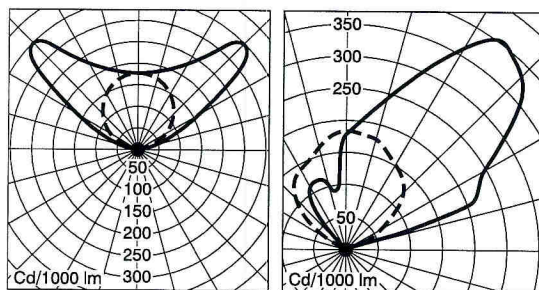
● **Közvetlen világítás.** A méretezett világítási rendszerek nagy többsége ebbe a kategóriába tartozik. Az új épülő létesítményekben a belmagasságokkal is szűkmarkúan bántanak. A világító testek így a mennyezetre kerülnek, közvetlen sugárzókat alkalmaznak. A szerelés egyszerűbb, olcsóbb. Ezek a világítások gazdaságilag a legkedvezőbbek, esztétikailag azonban elmaradnak a függesztett megoldásoktól. Fénycsöves lámpatesteknél 3-4 méterig alkalmazzák (38. és 39. ábra).

4.1.2. A VILÁGÍTÁS MINŐSÉGI JELLEMZŐI

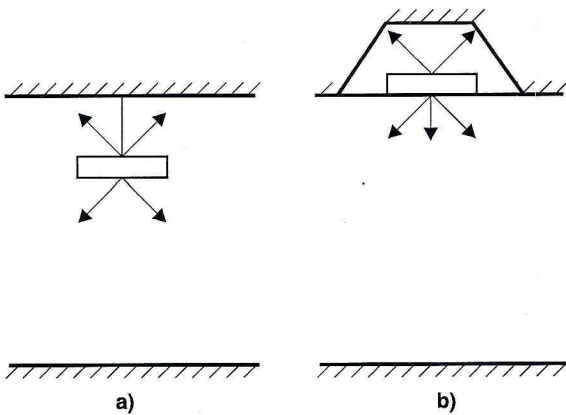
● **KÁPRÁZTATÓ HATÁS.** A világítási berendezés egyik legfontosabb minőségi paramétere, hogy mennyire kápráztat. A lámpatestek okozhatnak közvetlen káprázást, amely



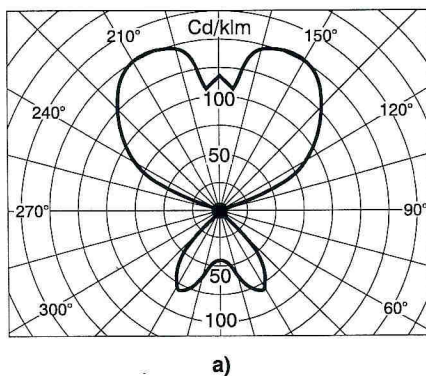
34. ábra.
Közvetett világítási megoldások
a) függesztett, b) állólámpa, c) falikar



35. ábra.
Közvetett világítás
a) szimmetrikus b) aszimmetrikus fényeloszlással



36. ábra.
Főleg közvetett világítási megoldások
a) függesztett lámpatest
b) süllyesztett közvetett világítás



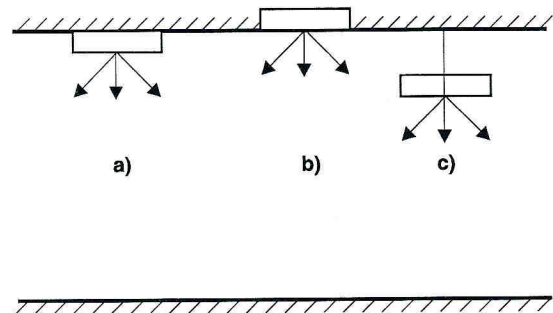
37. ábra.
Főleg közvetett világítás egyik lehetséges fényeloszlása

enyhébb esetben csak zavaró, de súlyosabb esetben rontó káprázás is felléphet, mely a tárgyak felismerését is lehetetlenné teheti. A lámpatestek kisugárzásának megfelelő árnyékolásával lehet a közvetlen káprázást csökkenteni. A korlátozást határértékekkel jellemezhetjük. A számítógépes munkahelyek világítására a DIN 5035 olyan lámpatestek alkalmazhatóságát írja elő, amelyek fényűrűsége 50, ill. 60 foknál nagyobb szögek esetében a 200 cd/m²-es határértéket nem haladja meg. A magyar szabvány ebben az esetben csak azt írja elő, hogy a névleges megvilágításnál egy besorolással nagyobb értéknel is teljesíteni kell a világításnak az I. káprázási osztály előírásait. Káprázás szempontjából a vonatkozó szabványok 3 káprázáskorlátozási fokozatot különböztetnek meg. Ez annyit jelent,

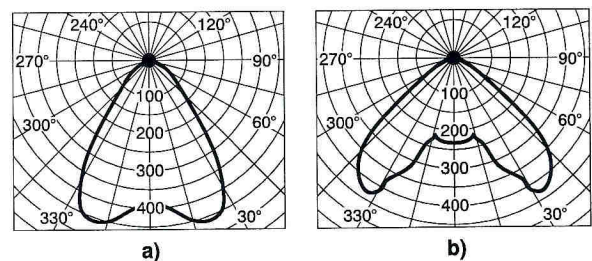
hogy egy I. káprázási osztályba sorolt helyiség esetén adott γ káprázási szöghöz kisebb fényűrűségű világítótestek szerelhetők fel, mint pl. egy III. osztályba sorolt helyiségben – ha egyébként a névleges megvilágítási szintek azonosak. A közvetlen káprázás szempontjából kritikus szögtartományt szemlélteti a 40. ábra.

A közvetlen káprázás helyes korlátozása esetén is felléphet közvetett káprázás. A munkafelületen a világítótest fénye visszatükröződhet, amely nagymértékben rontja a látási teljesítményt. Ennek oka lehet helytelen lámpatest-elrendezés, a munkafelület rossz reflexiója.

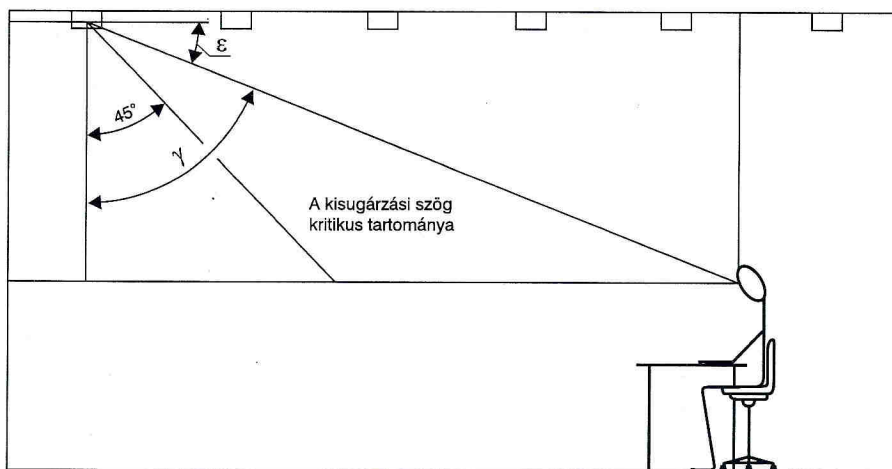
● KONTRASZTVISSZAADÁS. Az érzékeléshez legközelebb álló minőségi paraméter. A CRF (kontraszt-visszaadási faktor) egy adott munkafelületen, adott elrendezésnél, fényirányoknál egzakt mérőszámmal jellemzi a világítást. A CRF 1 egy jó kontrasztú világítást jelent, míg csökkenő értéke egyre rosszabb világítást mutat. A kutatások azt a meglepő eredményt mutatták ki, miszerint egy jobb kontrasztú, de alacsonyabb megvilágítási szintű berendezés esetén a látási teljesítmény jóval nagyobb, mint a rosszabb CRF tényezőjű, de magasabb megvilágítási szintű világítás



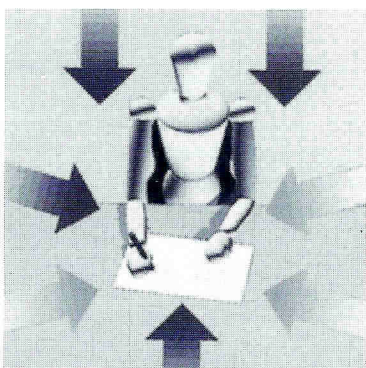
38. ábra.
Közvetlen világítás
a) mennyezetre, b) süllyesztett, c) függesztett



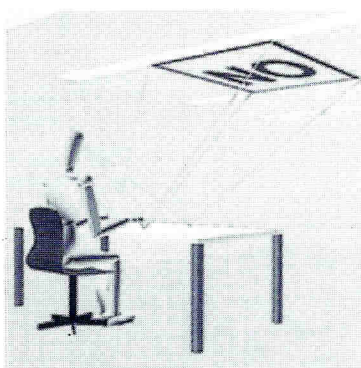
39. ábra.
a) mélysugárzó
b) szélesen sugárzó fényeloszlása



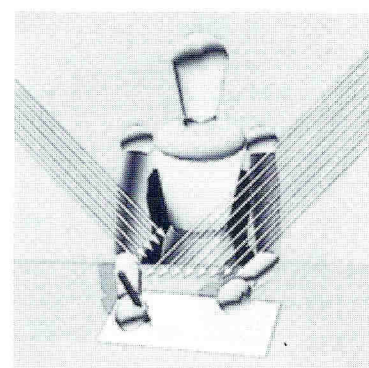
40. ábra.
A káprázás szempontjából kritikus szögtartomány



41. ábra.
Megfelelő (világos) és kerü-
lendő (sötét) fénybeesések



42. ábra.
Közvetett káprázás
kritikus területe



43. ábra.
Helyes fénybeesési irány

esetén. A gyakorlatban tehát egy másik szemlélet is kezd a tervezésben elterjedni. A CRF számítása és méretezése jóval több felkészültséget igényel a tervezőtől is, a méretező programok is bonyolultabbak. A kontrasztviszonyok tekintetében kritikus tartomány úgy szemléltethető, mintha a munkafelületen egy kb. A3-as méretű tükröt helyeznénk el, és látási teljesítményünket döntően azok a fénysűrűségviszonyok határozzák meg, amilyen mennyezetfelületet látunk a tükrőben munkavégzés során (42. ábra).

● **FÉNYIRÁNY, ÁRNYÉKOSSÁG.** Tervezéskor a lámpatestek, az oldal és felülvilágítók, ill. a munkafelületek pontos elhelyezkedésére is gondot kell fordítani. A fény irányának lehetőség szerint a természetes fény beesési irányával megegyezőnek kell lenni. Az árnyékoság annak kiküszö-

bölését jelenti, hogy a munkavégző saját árnyéka miatt ne jusson elegendő fény a munkafelületre (41. ábra). Emellett a fénynek íróasztalnál (jobbkezes embereknél!) bal kéz felől célszerű érkeznie (43. ábra). A munkafelület felett közvetlenül nem szabad lámpatesteket elhelyezni, célszerű a két oldali világítás.

4.1.3. MÉRETEZÉSI ELJÁRÁSOK

Bár a programok elterjedésével a manuális méretezések fokozatosan háttérbe szorulnak, azért néhány szót a méretezési eljárásokról is célszerű ejteni. A számítógép által kiszámított eredményt megfelelő rálátással kell kezelni, fel-

készültséggel értelmezni. A korszerűbb programok általában két részből állanak: az első részben ún. hatásfok módszerrel végeznek számítást, majd a világítási rendszer pontos elhelyezése után a „pontról pontra” módszerrel kalkulálnak.

● **HATÁSFOK MÓDSZER.** A módszer a helyiség geometriai és reflexióadatainak, a világítási hatásfoknak és az avulásnak a meghatározása után egy adott megvilágítási szint eléréséhez szükséges fényáram mennyiségét adja meg. A gyakorlatban a méretező programok ezt a lámpatest-kiválasztással és a fényeloszlással finomítják és a beépítendő lámpatestek számát határozzák meg. A módszer alkalmazásánál a reflexió- és hatásfokértékek pontatlan megválasztása okozhat jelentős hibát.

Példa a bemenő adatokra:

Helyiség:	tanterem
Méretetek:	
Hosszúság:	9 m
Szélesség:	6 m
Magasság:	3 m
Átl. munkasík magasság:	0,85 m
Reflexió tényezők:	
Mennyezet:	0,8
Oldalfalak:	0,5
Padló:	0,1
Elérendő névleges megvilágítás:	500 lx a munkasíkon
Kiválasztott fényforrás:	F 33 típusú fénycső
Kiválasztott lámpatest:	2x36 W-os, adott fényeloszlással közvetlen világítási mód, mennyezetre szerelve
Lámpatesthatásfok:	0,70
Tervezési tényező:	1,25

A program ezekből kiszámítja, hogy (9 lámpatest) 18 fénycső szükséges.

● **PONTMÓDSZER.** A hatásfok módszerrel meghatározott számú lámpatestet az adott térben pontosan elhelyezzük. Az ily módon határozott helyzetű lámpatestek ismeretében a munkafelületen PONTRÓL PONTRA számítható a távolságtörvény és beesési szögek alapján a megvilágítás értéke, mely az adott számítási pontban a lámpatestek által külön-külön létrehozott értékek összegeként adódik. Egy adott pontban értelmezhetjük a vízszintes és a függőleges síkban mért megvilágítást. A gyakorlatban az iroda-, iskolavilágításoknál a vízszintes megvilágítás értéke a fontosabb, kiemelt, függőleges szemlélésű munkafelületeknél – amilyen pl. az iskolában a tábla – van jelentősége a vertikális megvilágításnak. A vertikális megvilágításhoz szükséges a szemlélési irány rögzítése is. A pontmódszer értelmezését segíti a 44. ábra.

A méretező programok rendkívül sokfajta látványos megjelenítéssel könnyítik meg a számítási eredmények értelmezését.

● **TÁBLÁZATOS MEGJELENÍTÉS.** Ennél a formánál a tervező a legnagyobb adathalmazt kapja, a pontonként számolt megvilágítás értékeit. Ez kisebb feladatnál is több száz adatot jelent, áttekintése lassú, nehézkes.

● Az ún. TÓNUSDIAGRAM a fenti táblázatos adatokból grafikát szerkeszt, a méretezett helyiség alaprajzán a különböző megvilágítású sávok különböző tónusban jelennek meg. A megjelenítéssel azonnal átláthatóak a méretezés főbb tulajdonságai, a minimális és maximális megvilágítású területek elhelyezkedése gyors értelmezést tesz lehetővé. Hátránya, hogy a nem elég körültekintő elemzés helytelen következtetésekhez vezet. A grafika felbontásából eredő szinttérképhez megadott mennyiségi adatokat is értelmeznünk kell. Az egyenletesség nem minden határon túl való növelése a cél, az ilyen jellegű grafikák leszoktatják az embert a gondolkodásról. A méretezett területen belül nem baj a viszonylagos egyenetlenség, ha az illeszkedik az adott munkafeladathoz és elrendezéshez, a részterületek megvilágítása ezen a teljes felületen belül megfelelő (45. ábra).

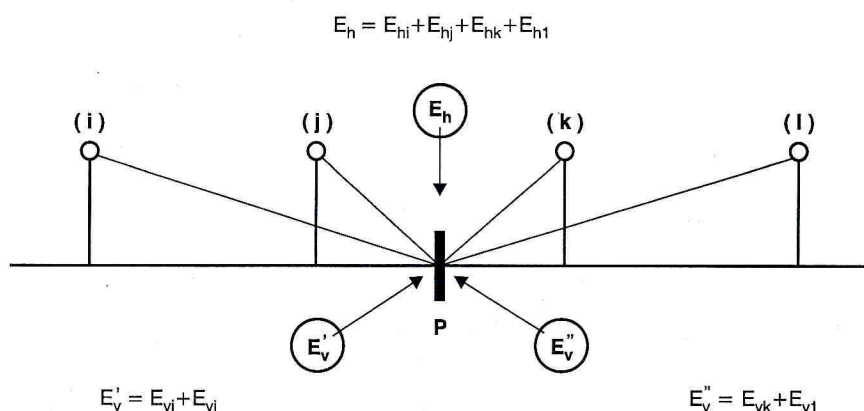
● **ISOLUX GÖRBÉK.** A fenti megjelenítéshez hasonlóan két érték közötti sávban elhelyezkedő megvilágítás értékű pontokat összekötő görbesereggel is látványosan bemutathatjuk a számolt megvilágítási értékeket. Ezek a folytonos görbék a térképészetnél megszokott magassági szintvonalakkal egyező megjelenésűek (46. ábra).

4.1.4. VILÁGÍTÁSI MEGOLDÁSOK

4.1.4.1. Irodavilágítás

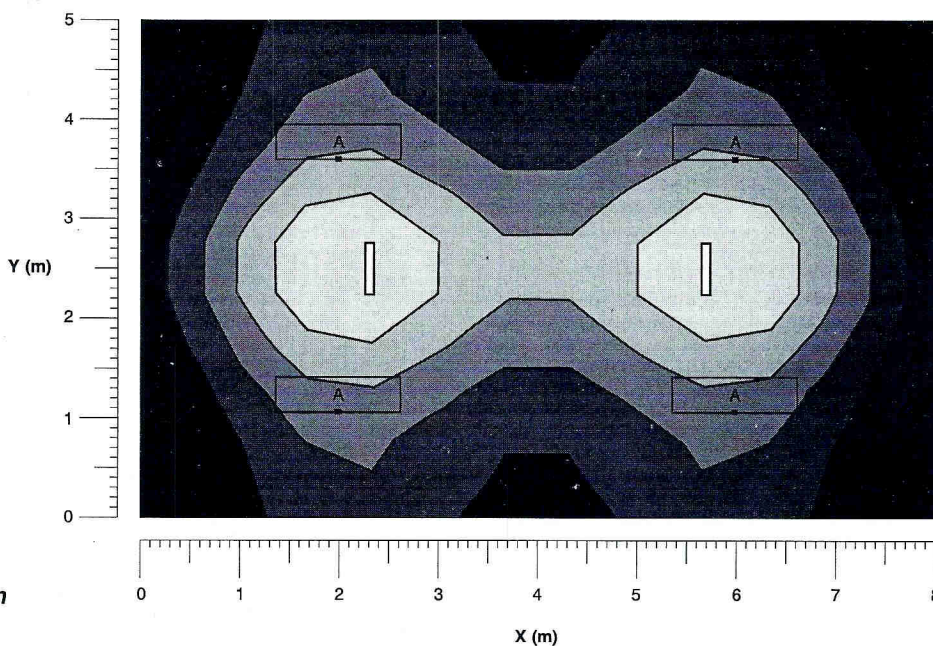
A technika fejlődésével a munkaképes kereső lakosság egyre nagyobb hányada a napi munkáját irodában végzi, többségében számítógép használatával. A tervezések nagy része ezért speciálisan erre a feladatra készül. Két fő csoportra oszthatjuk az irodákat: kis terű és nagy terű irodákra.

● **KIS TERŰ IRODÁK VILÁGÍTÁSA.** Magyarországon a legelterjedtebb irodaméretetek ebbe a kategóriába tartoznak. A helyiségek jellemzői a fehér vagy hasonlóan nagy reflexiójú világos pasztell színű falak. Korunk irodaház-építésére jellemző az egyoldali, szinte a teljes egyik oldalfalat betöltő oldalvilágító ablak. A költségmegtakarítások eredményeképp az átlagos belmagasságok 2,8 és 3,5 méter között mozognak. Egy ilyen irodában 1-2, esetleg 3 fő végez munkát. A szokvány alapterület-méretetek: 3-4 méteres szélesség, 5-6 méter hosszúság. A falak aránya az alapterülethez képest számottevő, így a teljes megvilágításon belül a falak által reflektált fény mennyisége jelentős hányadot képvisel. Egy ilyen tipikus iroda elrendezését mutatja a 47. ábra.



44. ábra.

A horizontális és vertikális megvilágításértékek szuperpozíciójának értelmezése



45. ábra.

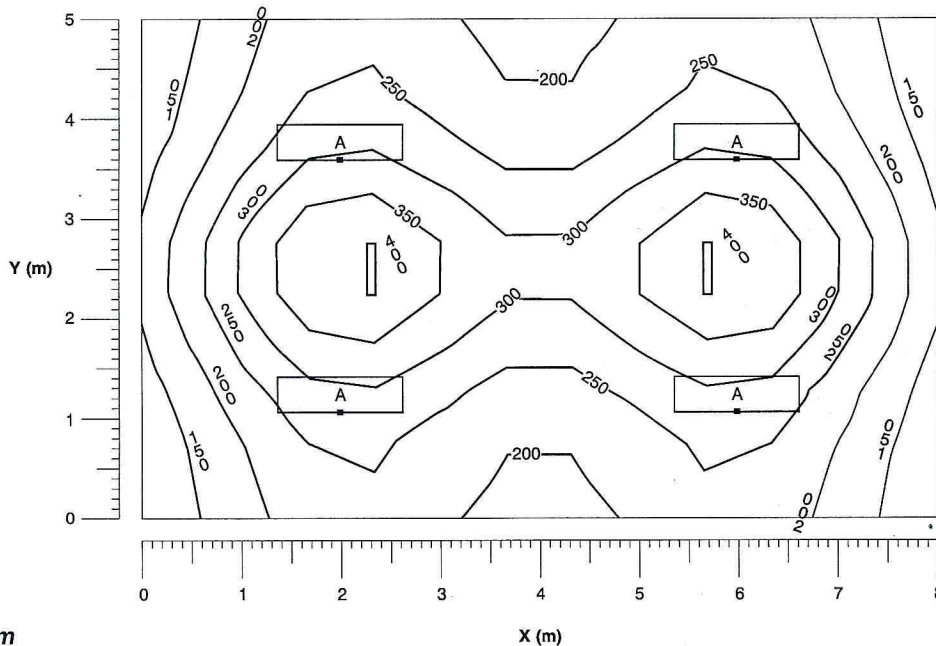
Tónusdiagram

A jellemző nézési irány az oldalablakkal párhuzamos, de három személy munkavégzésénél előfordulhat arra merőleges nézési irány is. A feladat a besorolás szerint 300 luxos névleges megvilágítást igényel.

A tervezési feladat összetett: az előzőekben taglalt világítási paramétereket a lehető leggazdaságosabban kell megvalósítani. A gyakorlatban a hagyományos fénycsövek közül a 18, a 36 és az 58 wattosak kerülhetnek szóba. A lámpatestek egy, két, három és négy fényforrásosak lehetnek. A választható lámpatesttípusok: 1x36 W-os, 1x58 W-os, 2x36 W-os, 2x58 W-os, 3x18 W-os, 4x18 W-os. A ter-

vezés során a következő eredmények adódtak (ld. 14. táblázat).

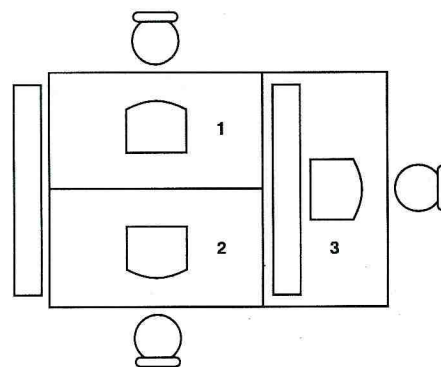
A lámpatestek kiosztása általában szimmetrikus, így ha a helyiségbe az előírt megvilágításhoz három lámpatestre lenne szükség, úgy oda négyet szerelnék fel. Ezért maradt ki a legjobb fényhasznosítású 58 wattos fénycső ennél a geometriánál. Látható, hogy a 36 wattos fénycsövek használata gazdaságosabb, mint a 18 W-aké. A 36 wattos két megoldásban szerepel, 2 db kétfénycsöves, ill. 4 db egyfénycsöves lámpatesttel. Az előbbi megoldásnál fennáll a veszély, hogy a lámpatest rossz helyre



46. ábra.
Isolux diagram

kerül a munkafelülethez képest, pontosan fölé, ami nagyban megnöveli pl. a közvetett káprázás lehetőségét. A két megoldás közül a négy lámpatest használata ajánlott, a fényeloszlás egyenletesebb lesz, a lámpatesteket a kritikus területek elkerülésével jobban illeszthetjük a munkafelülethez. Szemléletesebbé teszi a számítást a 100 luxra vetített négyzetméterenkénti teljesítmények összehasonlítása.

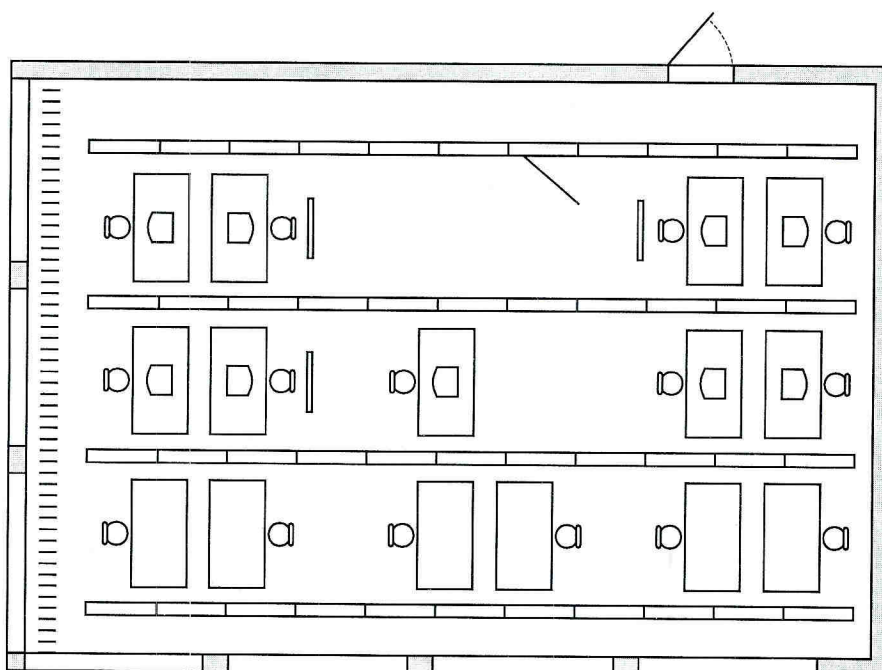
A lámpatesttípus és -mennyiség meghatározása után ejtünk néhány szót az elrendezésről. A megfelelő elrendezést mutatja a 47. ábrán látható lámpatestkiosztás. A lámpatestet sávszerűen építhetik össze. Az íróasztalok elhelyezése, ill. a természetes fénybeeséshez való illeszkedés miatt az első lámpatestet az ablaksor közelében, azzal párhuzamosan, a második lámpatestsort az íróasztal másik vége felett helyezik el. Így érhető el a legjobb kont-



47. ábra.
Kis terű iroda lehetséges elrendezése

14. táblázat.
A lámpatestek gazdaságos elhelyezésének tervezése

Variáció jele	$E_{\text{átlag}}$ (lx)	$E_{\text{min}}/E_{\text{átlag}}$	Típus (W)	Mennyiség (db)	P összes bruttó (kW)	Fajlagos teljesítmény (W/m ²)	Fajlagos világítási teljesítmény (W/m ² /100 lx)
A	390	0,57	3x18	4	0,3	15	3,84
B	318	0,57	1x36	4	0,18	9	2,83
C	374	0,47	2x36	2	0,18	9	2,41



48. ábra.
15 fős, számítógéppel felszerelt iroda javasolt elrendezése

raszt-visszaadású fényirány is. Az íróasztalon elhelyezkedő monitorokba így lesz a legkevesebb zavaró fénybeesés. A helyiség ajtó felőli részében a megvilágítási szint kisebb lesz. A lámpatestsávokat soronkénti kapcsolásra kell kialakítani.

● **NAGY TERŰ IRODÁK.** A nagy terű irodák világítására az előírások nagyobb megvilágítási értékeket adnak meg. A szokásos elrendezésre jellemző, hogy a válaszfalak szerepét elválasztó bútorok veszik át. Az előírások egy 750–1000 luxos szint tervezését írják elő. Figyelembe véve a tervezési tényezőt és azt, hogy a névleges érték a pontonként számolt értékek számtani átlaga, nem ritka a 2000 lux megvilágítású terület. A számítógépes munkavégzést ez a szint lehetetlenné teszi. A monitor előtt fehér ingben dolgozó embert saját megjelenő tükörképe akadályozza a munkavégzésben. Nagy terű irodák helyett napjainkban akkora irodákat építenek, ahol 10-15-en dolgoznak számítógéppel. Ebből kiindulva a megvilágítási szint névleges értékét 500 lx-ban határozhatjuk meg. Egy jellegzetes elrendezést mutat a 48. ábra. Ilyen elrendezésű pl. egy szerkesztőségi iroda.

A tervezésnél a szempontok hasonlóak a kis terű irodáknál említettekhez, a lámpatestek kínálatát már az 58 wattos fénycsöves lámpatestekkel is kiegészíthetjük. Ennél az összehasonlításnál már jobban érzékelhetőek a fénycsövek közötti fényhasznosítási különbségek. A számított eredményeket tartalmazza a 15. táblázat. A számított iro-

da méretei: hosszúság 15, szélesség 4, magasság 2,7 méter. Hazai viszonylatban a modul-rendszerű, adott egységenként leválasztható iroda a jellemző, több modul egybenyitásával lehet nagyobb terű irodát kialakítani. Speciális igény a világítás tervezésével szemben, hogy a leválasztott kisebb egységek világítása is megfelelő legyen, ha később átalakítják a könnyűszerkezetes válaszfalakat. Ezért, és a viszonylag kis belmagasságért nem célszerű az igen nagy beépített fényáramú 2x58 wattos lámpatest használata.

Az összehasonlításból látszik, hogy ennél a megoldásnál az 58 wattos fénycsövekkel lehetne a leggazdaságosabb világítást megvalósítani. Hasonlóan a kis terű irodákhoz itt is az egyfénycsöves lámpatest használata ajánlott, több lámpatestet jobban lehet az adott világításhoz illeszteni. Igen gyakori a lámpatestek sávba szerelése, ilyen elrendezést mutatott a 48. ábra.

4.1.4.2. Iskolavilágítás

Az iskolavilágítási feladatok közül a korszerű tanterem-világítással foglalkozunk.

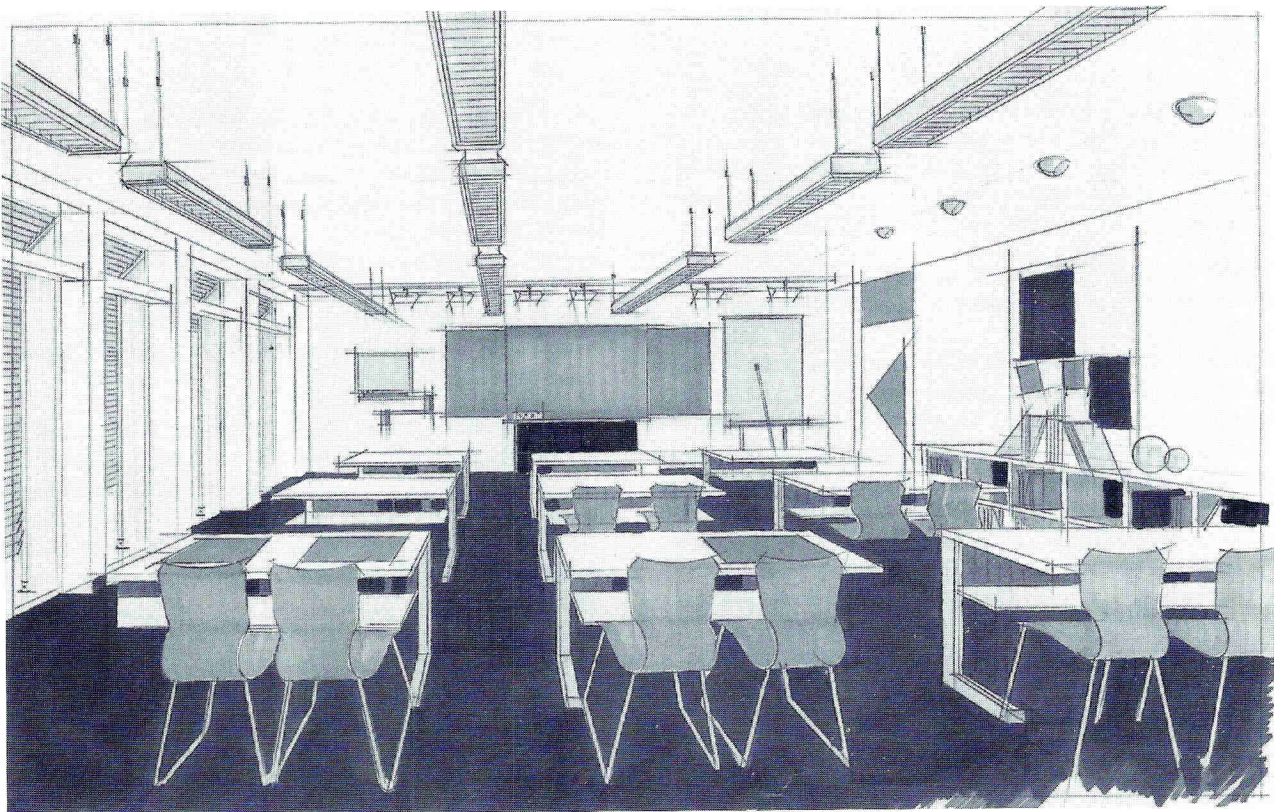
Jellemző az egysoros, a nézési irányhoz képest bal oldalon található oldalvilágító ablaksor. A kívánt megvilágítási szint – jellemző természetes világítással is rendelkező – ál-

15. táblázat.
Nagy terű irodák világításának tervezése

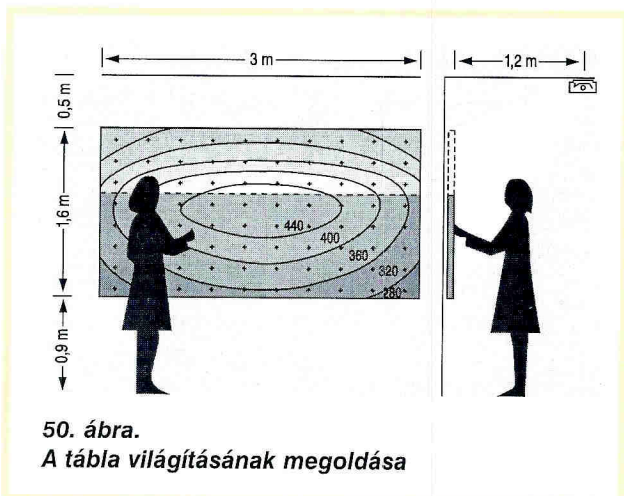
Variáció jele	$E_{\text{átlag}}$ (lx)	$E_{\text{min}}/E_{\text{átlag}}$	Típus (W)	Mennyiség (db)	P összes bruttó (kW)	Fajlagos teljesítmény (W/m ²)	Fajlagos világítási teljesítmény (W/m ² /100 lx)
A	575	0,66	3x18	16	1,2	20	3,48
B	604	0,56	2x36	10	0,9	15	2,48
C	651	0,56	2x58	6	0,83	13,8	2,12
D	549	0,6	1x58	12	0,83	13,8	2,12

talános rendeltetésű tanterem esetén 300 lx. A konkrét tervezési adatokat itt már nem részletezzük. A korábbi tervezési példákhoz hasonlóan itt is 58 wattos fénycsövekkel érhető el a leggazdaságosabb világítás. A belmagasság függvénye, hogy egy- vagy kétfényforrásos lámpatestet célszerű-e alkalmazni. 3,5 méternél nagyobb belmagasságnál mennyezetderítést, ill. közvetett/közvetlen világítást is alkalmazhatunk. Az így csökkentett világítási magasság-

gal energiát takaríthatunk meg és homogénebb fénysűrűség-eloszlást kapunk. Ügyelni kell a káprázaskorlátozására is, csak keresztlamellákkal ellátott fénycsöves lámpatestek használata ajánlott. Kerülendő a mélyugárzó lámpatestek használata, mert kialakulhat az ún. „barlang hatás”, és a megvilágítás térbeli eloszlása is egyenetlen lehet. A világítási szinthez igazodva a meleg vagy semleges fehér fénycsövek használata ajánlott.



49. ábra.
Háromsoros kétüléses, kötött elrendezésű tanterem



50. ábra.
A tábla világításának megoldása

Külön világítást igényel a tábla. Ha az általános világítás még nincs bekapcsolva, akkor is szükség van a tábla, vagy az előadó derítésére. A táblát a faltól 1-1,2 méter távolságban elhelyezett aszimmetrikus fényeloszlású lámpatesttel világíthatjuk meg. Az elrendezést mutatja az 50. ábra.

A méretezésnél itt a függőleges megvilágításértékeket kell vizsgálnunk, a táblán mért minimális függőleges megvilágítás és az átlagos függőleges megvilágítás arányának meg kell haladnia az 1:1,15 arányt.

4.1.4.3. Lakásvilágítás

Minden embernek célja, hogy otthonában jól érezze magát, azt kényelmesnek, szépnek, hangulatosnak találja. Mindezekhez hozzátartozik a látási komfort is. Miért és mennyiben kell megújnodnia a lakásvilágításnak?

A századvég belsőépítészete a lakások kialakításában is hozott új formákat. Ez nemcsak a tehetősebbek otthonára vonatkozik (pl. a többszintes családi házakra), hanem éppen a kényszer szülte megoldásokra is (leválasztásokra, tetőtér-beépítésekre stb.).

Megjelentek azok az új beltéri világítási eszközök, amelyek kedvező fénytechnikai tulajdonságuknak és gazdaságos üzemeltetésüknek köszönhetően kiszorítják a hagyományos eszközöket.

Bizonyos értelemben módosult az otthon funkciója. Pl. egyre több lakásban van számítógép, így olykor a szoba képernyős munkahelynek minősül. Így az otthonnak megerősödött a multifunkciós jellege; ez nemcsak abban nyilvánul meg, hogy a család egymástól nagyon különböző korú és tevékenységű tagjai élnek együtt, hanem ugyanabban az időben kell kielégíteni több, egymástól eltérő igényt a világítás területén is (pihenés, olvasás, munka, játék stb.).

Végül nem szabad elfelejtenünk, hogy maguk az emberek is mások, mint 40-50 évvel ezelőtt; igényesebbek, az információs csatornák bővülése miatt tájékozottabbak, jobban vonzódnak a technikai újdonságokhoz, s ez sok esetben erősen érvényesül otthonuk berendezésében is.

A modern lakásvilágítást a nagyfokú flexibilitás jellemzi. Ez vonatkozik a fényáram időbeli szabályozhatóságára és bizonyos mértékben a világítótestek térbeli elhelyezésére egyaránt. Ez utóbbi a sínekre szerelt, mozgatható, törpefeszültségű halogénlámpás rendszerekkel valósítható meg. Ami az időbeli szabályozhatóságot illeti, ma már nem ritkák a lakásokban sem a központi fény szabályozó rendszerek, s ezzel mód nyílik az egyes helyiségek világításának változtatására.

A lakásvilágításban alkalmazható fényforrások: kompakt és hagyományos fénycső, halogénlámpa és hagyományos izzólámpa (lehetőség szerint ennek a jobb fényhasználtságú és kevésbé kápráztató típusai, úgymint a kripton-töltésű, opálburás vagy softlámpa).

A kompakt fénycsövek melegfehér típusai teljesen alkalmasak a lakásvilágításra, lakószobában, hálószobában egyaránt. Akár hagyományos, akár kompakt fénycsővel világítunk, a lakásban elsősorban a meleg (M) színhőmérsékletű csoportba tartozó fényforrások jöhetnek számításba, megengedett a semleges (S) és mindenképpen kerülendő a hideg (H). Mivel a gyakori ki-bekapcsolások a fénycső élettartamát rövidítik, célszerű rövid üzemeltetésre izzólámpás világítást is meghagyni (például a konyhában).

Az izzólámpának ezenkívül csillárookban, hangulatlámpákban, fekhelyek fejevégnél (ernyőzött gyertyaizzók) van létjogosultsága. A halogénlámpás világítási rendszer elsősorban dolgozószobában, modern bútorok mellett képzelhető el.

Különösen fénycsöves világításnál egyre inkább divattá vált a hagyományos, helyiség közepén alkalmazott világítás. A hagyományos fénycsöveket geometriájuk alkalmassá teszi a különféle rejtett világítási megoldásokra (karnis, párkány, könyvespolc világítása). Különösen nagy alapterületű helyiségekben esztétikusak a „fényszigetek”; vagyis helyi világítások fali-, asztali- vagy állólámpákkal. Gyerekszobában balesetvédelmi okból célszerű csak mennyezeti általános világítást alkalmazni (a tanulóasztalon legalább 300 lx átlagos megvilágítással).

Külön kell szólni a konyhvilágításról. Itt is szükség van a kellően nagy megvilágítási szintre, nem utolsósorban a balesetveszélyek elkerülése miatt. Az általános világításon kívül szükség van helyi világításokra (tűzhely, konyhaszekrény, mosogató, munkaasztal, esetleges étkezőasztal). A fényforrások legalább 2. színvisszaadási fokozatúak legyenek.

A következőkben lakásvilágítási megoldásokra mutatunk be néhány korszerű nyugat-európai példát (51-55. ábra).



51. ábra.
Angol lépcső és előtér világítása mennyezetbe süllyesztett tükrös halogénlámpákkal

4.2. A MESTERSÉGES ÉS TERMÉSZETES VILÁGÍTÁS ÖSSZEHANGOLÁSA

A természetes és mesterséges világítás együttes használata olyan régi gyakorlat, mint maga a mesterséges világítás. Az összehangolás alapja minden esetben az a körülmény, hogy a használati idő egy részében vagy annak teljes tartamában a belső tér több-kevesebb természetes világítást élvez, és a természetes világítás teljes mértékben vagy részben megfelel a belső tér használatából adódó megvilágítási igénynek. Természetes világításra jól méretezett belső tér esetén arra kell számítani, hogy a nappalok 80–90%-ában a természetes megvilágítás a belső tér túlnyomó részében önmagában elegendő.

Ebből az alaphelyzetből következik a mesterséges és természetes világítás összehangolásának lehetősége és igénye.

Az összehangoláskor indokolt a természetes világítást olyannak tekinteni, ami lényegében követi a világító külső környezet sztochasztikus változását, és olyan adottság, amelyet adott építészeti kialakítás esetén befolyásolni csak a csökkentés irányába lehet. Csökkenteni viszont csak akkor célszerű, ha akár a közvetlen napfény, akár a nagyon nagy fénysűrűségű égbolt diszkomfort hatását kell kiküszöbölni.

Az összehangolás stratégiái

A belső tér világítási igénye lényegében független attól, hogy azt mesterséges és/vagy természetes világítás szolgáltatja.

Az összehangolás során felmerülő kérdések:

- Melyik világítást kell a másikhöz igazítani?
- A világítás milyen jellemzőinek az illesztéséről kell, illetve lehet gondoskodni?
- Az illesztésnek milyen célt kell szolgálni?

Melyik világítást kell a másikhöz igazítani?

Az első kérdés a kétféle világítás szabályozhatóságának, térbeni kialakítási kötöttségeinek összehasonlítása alapján válaszolható meg.

A természetes világítás intenzitása árnyékoló szerkezetekkel módosítható, ez a befolyásolás nehézkes és pontatlan, a gyakorlati eszközök e téren csak korlátozott lehetőségeket biztosítanak, térbeni kialakítását az épület építészeti tervezésének kötöttségei nagymértékben korlátozzák.

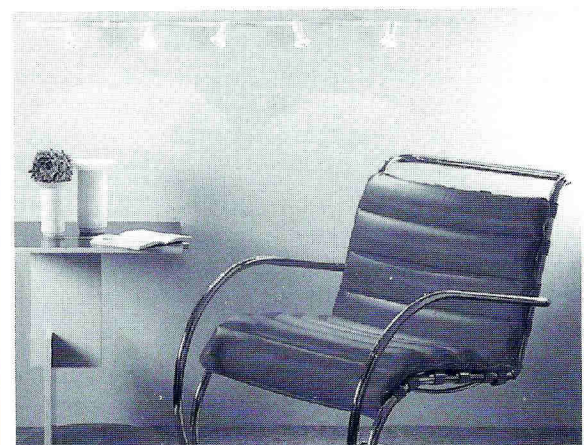
A mesterséges világítás intenzitása jól változtatható, erre a technikai lehetőségek rendelkezésre állnak. A térbeni kialakítás kötöttségei, a lámpatestek elhelyezésének korlátai sokkal kisebbek, mint a természetes világítás esetében.

Végeredményben a kétféle világítás úgy hangolható össze, hogy a természetes világítást adottságnak tekintve a mesterséges világítást szabályozzák, vezérik az illesztés érdekében.

A világítás milyen jellemzőinek az illesztéséről kell, illetve lehet gondoskodni?

A belsőter-világítással szembeni igényt a gyakorlatban

- a megvilágítással (annak vonatkoztatási sík menti átlagával, egyenletességével és időbeni változásával);



52. ábra.
Példa a sínen állítható halogénlámpás világítási megoldásra



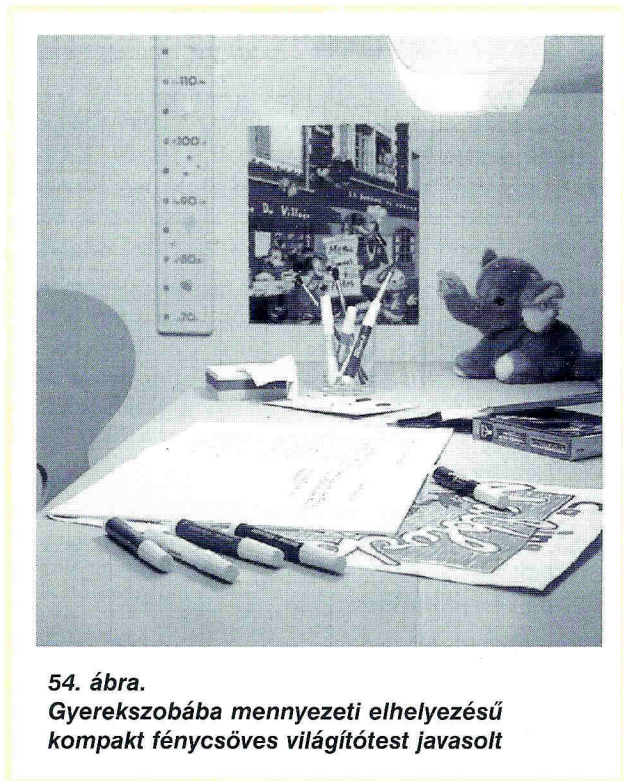
53. ábra.
Polcvilágítás fénycsóvel

- a világítást szolgáló fény színhőmérsékletével és színvisszadáásával;
- a káprázáskorlátozás mértékével;
- a látótéri fényssűrűségárányok korlátozásával;
- a függőleges és vízszintes síkon kialakuló megvilágítások arányaival (térhatás) szokták megadni.

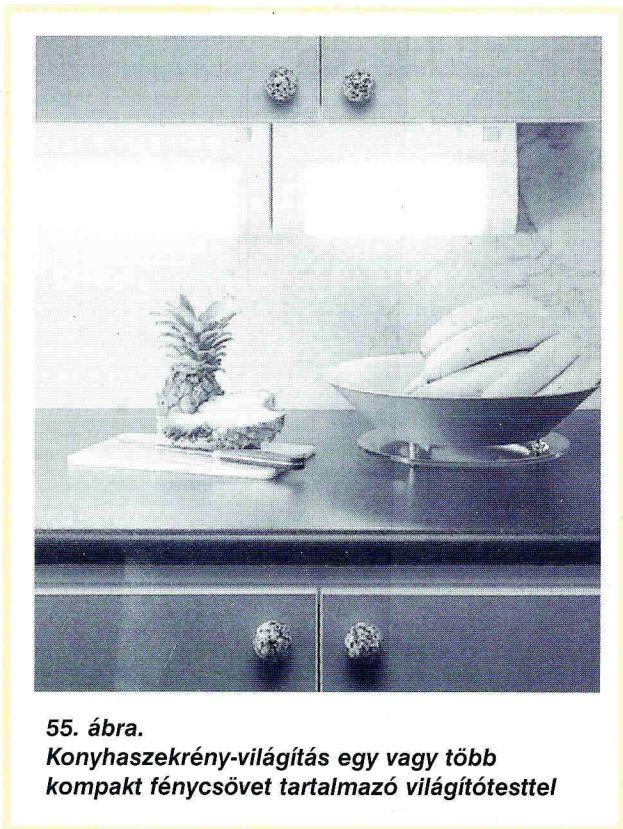
Lényegében tehát a követelmények sorát kell kielégíteni a természetes és/vagy mesterséges világítással. Ez értelemszerűen azt jelenti, hogy össze kellene hangolni a kétféle világítást a felsorolt igények mindegyikének tekintetében.

A megvilágításigénnyel kapcsolatban a természetes világításnál egy sajátos körülményt kell mérlegelni. A természetes világítás méretezési gyakorlatából következik, hogy jól kialakított természetes világítás esetén a megvilágítás értéke a nappalok 80–90%-ában legalább akkora, mint a megvilágításigény. A „legalább akkora” azt jelenti, hogy a tényleges megvilágítás a nappalok során az igény többszöröse (akár 8–10 szerese) is lehet. Vagyis természetes világításnál az igényhez képest hosszabb-rövidebb ideig fennálló túlvilágítással kell számolni.

A túlvilágítás az esetek, illetve a használati idő túlnyomó részében nem okoz problémát, mert az a megvilágítás, amelyre a belső tereket méretezik, általában kisebb az optimális



54. ábra.
Gyerekszobába mennyezeti elhelyezésű
kompakt fénycsöves világítótestet javasolt



55. ábra.
Konyhaszekrény-világítás egy vagy több
kompakt fénycsövet tartalmazó világítótesttel

értéknél. A zavaró túlvilágítás korlátozása a természetes világítás kialakításának és nem az illesztésnek a problémája.

Természetes világításra jól méretezett belső tér esetén mesterséges világításra csak a nappalok 10–30%-ában, továbbá az azon kívüli (éjszakai) használati időben van szükség. A nappalok 10–30%-ában merül fel az összehangolás igénye, az éjszakai órákban a mesterséges világítás működése a természetes világítástól értelemszerűen független.

A színhőmérséklet tekintetében az összehangolást korlátozza egyrészt az a körülmény, hogy a természetes fény színhőmérséklete igen széles határok között változik (kb. 6000 és néhányszor 10 000 K), másrészt az az adottság, hogy a fényforrások színhőmérséklete a gyakorlatban állandó és többnyire kisebb, mint a természetes fény színhőmérsékletének alsó határa.

Ebből következik, hogy ebben a vonatkozásban a kétféle világítást gyakorlatilag nem lehet teljesen összehangolni. Ez azonban, a gyakorlat tanúsága szerint, általában nem jelent különösebb problémát.

A mesterséges világítást mindenképpen úgy kell kialakítani, hogy önmagában, természetes világítás nélkül megfelelő színérzetet biztosítson, azaz olyan színhőmérsékleti csoportba tartozó fényforrást kell az adott névleges megvilágításhoz választani, ami ezt eredményezi.

A színvisszaadás vonatkozásában az illesztés problémamentes, gyakorlatilag automatikusan megoldást nyer. Ugyanis a természetes világítás színvisszaadása kiváló ($R_a=100$), a gyakorlati igények ezt nem haladhatják meg, ha a mesterséges világítás kielégíti az erre vonatkozó igényt, akkor az együttes világítás feltétlenül megfelel. Általánosságban mondható, hogy az együttes világítás színvisszaadása jobb, mint a mesterséges világításé egyedül.

A káprázáskorlátozás együttes világítás esetén a kétféle világítás külön-külön történő korlátozását jelenti.

A látótéri fényssűrűségek arányai mindkét világítás esetén elsősorban a belső térélfületek fényvisszaverő képességeinek arányaitól függenek. Ez tehát elsősorban belső-tér-kialakítási kérdés és csak másodsorban a fény belső téri elosztásának problémája. Így, amennyiben a kétféle világítás külön-külön e tekintetben jó, együttes világítás esetén is várhatóan megfelel. E téren általában a kétféle világítás külön összehangolást nem igényel.

A függőleges és vízszintes síkon kialakuló megvilágítók arányai adott helyiségben jó közelítéssel külön-külön adottak a természetes és a mesterséges világításnál. Együttes világítás esetén ezek ötvöződnek. A gyakorlatban e tekintetben nemigen van lehetőség az esetenként kívánatos összehangolásra.

Végeredményben a világítással szemben támasztott gyakorlati követelmények közül a megvilágítás az az igény, amely szerint a mesterséges világítást a természetes világításhoz kell illeszteni.

Az illesztésnek milyen célt kell szolgálni?

A kérdés ezek után, hogy milyen megvilágításra kell a két világítást összehangolni. A gyakorlatban kétféle megközelítés létezik.

Az egyik, a legkézenfekvőbb válasz, hogy az adott rendeltetésre szabványosított névleges megvilágítás biztosítása az összehangolás célja.

A másik lehetséges válasz, hogy valamilyen egyéni igénynek megfelelő megvilágítás kielégítése a cél.

Az összehangolás elmélete és gyakorlata

A természetes és mesterséges világítás összehangolása során a természetes világítás jellemzőiből, a térbeli eloszlásból és a várható időbeni változásból mint adottságokból kell kiindulni. Ezek hiányában az összehangolás eredményessége kétséges és esetleges.

Adott belső tér természetes világításának térbeli eloszlását a világítási tényező térbeli eloszlásával, várható időbeni változását az E_k külső megvilágítás adott üzemmódra vonatkozó tartamdiagramjával lehet megadni.

A természetes megvilágítás térbeli eloszlását az esetek egy részében – oldalvilágítás, vonalszerű felülvilágítás vagy szimmetrikus felülvilágító elrendezés esetén – elegendő a jellemző eloszlással megadni. Jellemző eloszlás

- oldalvilágításnál a munkasík ablakra merőleges vonalában vett eloszlás;
- vonalszerű felülvilágításnál a munkasík felülvilágító hossz tengelyére merőleges vonalában vett eloszlás;
- szimmetrikus felülvilágító elrendezésnél a munkasík szimmetriatengelye menti vagy az arra merőleges vonalában vett eloszlás.

Egyéb esetekben a térbeli eloszlást kell alapul venni.

Térbeli illesztés

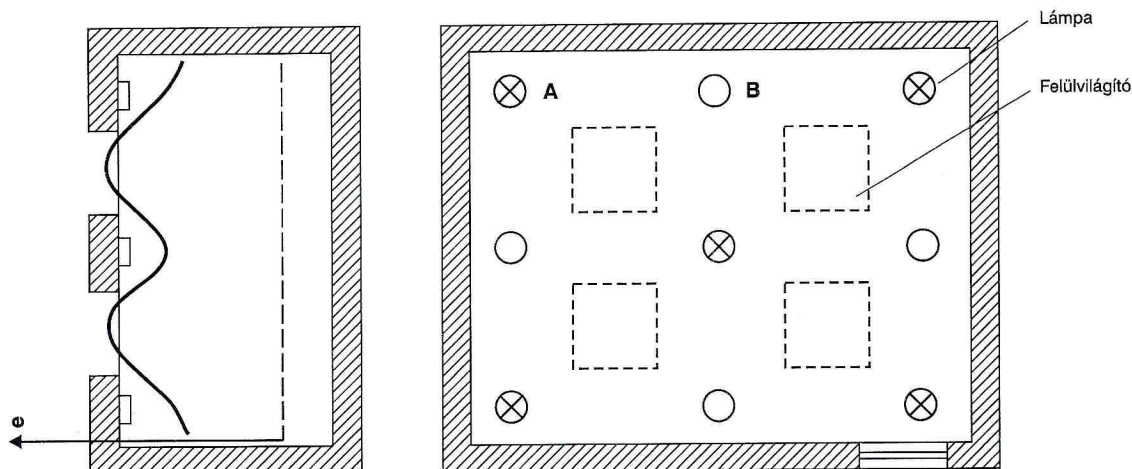
Térbeli elosztás szempontjából a természetes világítások lehetnek olyanok,

- amelyek térbeli egyenletessége kielégítő, ilyenek általában a jól kialakított felülvilágítások és kombinált világítások;
- amelyek térbeli egyenletessége nem felel meg az elvárásoknak, ilyenek általában az oldalvilágítások és a rozszul kialakított felül- és kombinált világítások.

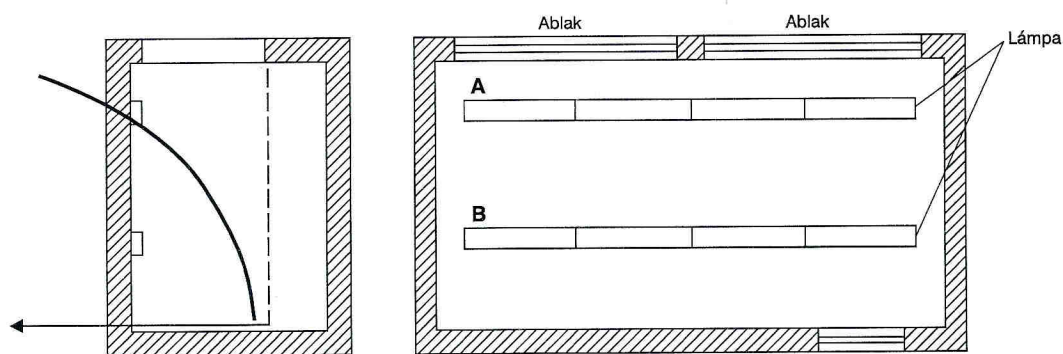
A mesterséges világítás szokásos kialakítása olyan, hogy térbeli egyenletessége megfelelő.

Ha a természetes megvilágítás térbeli egyenletessége megfelelő, akkor a mesterséges világítás térbeli illesztése viszonylag egyszerű, minthogy az egyenletesség szempontjából egyébként megfelelő kétféle világítás szuperpozíciója ugyancsak megfelelő, valószínűleg a komponenseknél jobb, egyenletesebb lesz. Ilyen esetekben általában a kiegészítő mesterséges világítást együtt, az egész területen azonos intenzitással célszerű működtetni (ld. 56. ábra).

Amennyiben a térbeli egyenletesség nem megfelelő, a mesterséges világítás térbeli illesztése azt igényli, hogy



56. ábra.
Lámpatest-elhelyezés illesztése a természetes világításhoz



57. ábra.
Lámpatestek térbeli illesztése nem megfelelő egyenletességű természetes világítás esetén

az egyébként térbeli egyenletességre megfelelő mesterséges világítás nagyobb egyenlőtlességgel működjön. Ez részben olyan lámpatest-elhelyezést igényel, ami lehetővé teszi a természetes megvilágítás egyenlőtlességének korrigálását, másrészt azt igényli, hogy a térben tagolt mesterséges világítás egyes részei eltérő intenzitással működjenek (ld. 57. ábra).

A kiegészítő világítás mennyiségi illesztése

A belső tér egy pontján az alábbiak szerint alakul az összehangolt kétféle megvilágítás egy nap folyamán (ld. 58. ábra).

Az összehangolás akkor optimális, ha a kiegészítő mesterséges megvilágítás annál nagyobb, minél kisebb az aktuális természetes megvilágítás.

Amikor tehát kiegészítő mesterséges világításra van szükség, akkor folyamatosan változó kiegészítő mesterséges

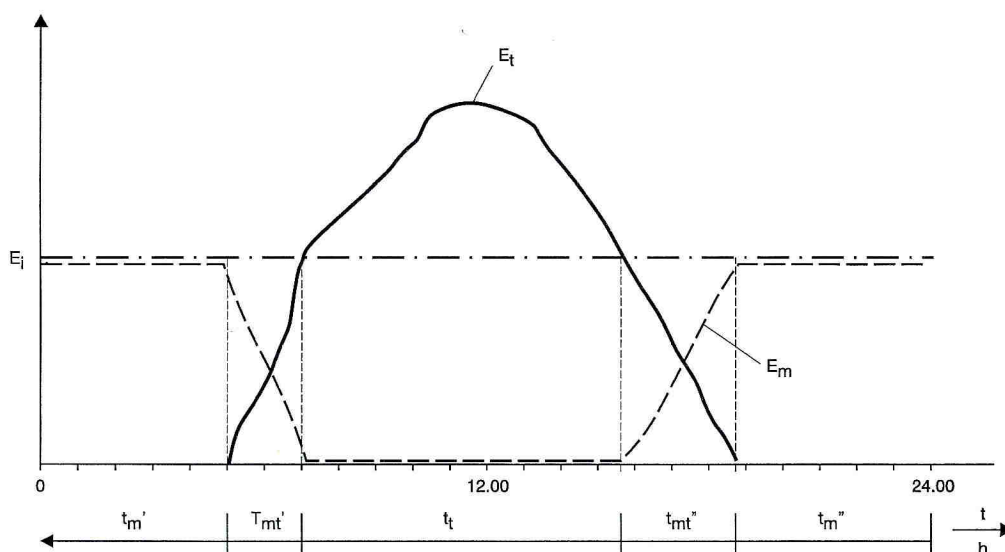
világítás az igény. Ez szabályozott mesterséges világítással oldható meg.

A mesterséges világítás intenzitásának illesztése a gyakorlatban történhet

- folyamatos, fokozatmentes szabályozással és
- fokozatokban történő kiegészítéssel.

A folyamatos szabályozás a mesterséges világítás fényáramának célszerű csoportos vagy együttes szabályozását jelenti a következők szerint:

Olyan helyiségek esetén, amelyek természetes megvilágításának térbeli egyenletessége kielégítő (lásd 56. ábra), a folyamatos szabályozás valamennyi lámpatest (A és B jelű lámpacsoport) fényáramának azonos mértékű, igény szerinti változtatását jelenti.



58. ábra.
A belső téri megvilágítás változása egy áprilisi napon

Azoknál a helyiségeknél, amelyek természetes megvilágításának térbeli egyenletessége nem megfelelő (57. ábra), a folyamatos szabályozás lámpacsoportok (A és B lámpasorok) eltérő mértékű, igény szerinti változtatását jelenti.

A fokozatos kiegészítéssel a mesterséges megvilágítás lépcsőzetesen, az alábbiak szerint változtatható:

Olyan helyiségek esetén, amelyek természetes megvilágításának térbeli egyenletessége kielégítő (lásd 56. ábra), a mesterséges világítás olyan csoportokban kapcsolható, amelyek az egész helyiséget külön-külön egyenletesen világítják (A és B jelű csoportok), így a csoport által képviselt, valamint a csoportok együttes fényáramának arányában lépcsőzött megvilágítások adódnak hozzá a természetes megvilágításhoz.

Azoknál a helyiségeknél, amelyek természetes megvilágításának térbeli egyenletessége nem megfelelő (57. ábra), a mesterséges világításnak a tér egy-egy részét megvilágító csoportjai (A és B lámpasorok) külön-külön kapcsolhatók, kiegészítve a természetes megvilágítást a sor lámpái által képviselt fényáramhányad arányában.

A fokozatos kiegészítésnél egyes fokozatok

- akkor kapcsolnak be, amikor a természetes világítás a belső tér egészében vagy annak egy részén elégtelen;
- akkor kapcsolnak ki, amikor a belső tér egésze vagy annak egy része már jó ideje túlvilágított.

Következésképpen a fokozatos szabályozás során a mesterséges világítás energiafogyasztása nagyobb az indokoltnál.

Minél nagyobb a fokozatok száma, annál jobban közelíti a fokozatos szabályozás a fokozatmentes szabályozást, így a mesterséges világítás fölösleges, többletfogyasztása annál kisebb.

Az illesztés fontos gyakorlati kérdése a valamilyen módon kialakított mesterséges világítás működtetése.

A világítás működtethető

- kézi vezéréssel,
- automatikus vezéréssel,
- helyiségenkénti érzékelővel szabályozva és
- központi érzékelővel szabályozva.

A kézi vezérlés olyan esetben jöhet számításba, amikor a berendezés fokozatokban működtethető. A kézi vezérlés stratégiája arra a tévhitre épül, hogy a használó képes a megvilágítási igény szint érzékelésére és ennek alapján a mesterséges világítás célszerű üzemeltetésére. Mindkét feltételezés hibás, egyrészt a megvilágítás-érzékelés logaritmikus jellege miatt az igény szint megítélése reménytelen, másrészt a szabványosított értéknél nagyobb megvilágításszint az esetek nagy többségében jobb vizuális környezetet eredményez, s emiatt tipikus az a használói magatartás, mely szerint reggel, amikor a természetes világítás elégtelen, bekapcsolják a mesterséges világítást és akkor sem kapcsolják ki a nap folyamán, amikor már az együttes világítás meghaladja az előírt igény szintet. Végül eredményképpen a kézi vezérlés a gyakorlatban nem működik, indokolatlan túlfogyasztást eredményez.

Automatikus vezérlés alkalmazása olyan berendezéseknél lehetséges, amelyeket fokozatos működtetésre alakítottunk ki. Ilyen esetben az érzékelő a munkasík megvilágítá-

sát figyeli, és beállított határértékeknél kapcsolja ki, illetve be a világítás egyes fokozatait. Az így üzemeltetett berendezés többletfogyasztása a fokozatok illesztéséből adódik, a fokozatok számától függ.

Helyiségenkénti érzékeléssel a szabályozás folyamatosan szabályozható fényforrások alkalmazásával lehetséges. Ennél a működtetési módnál az érzékelő vagy érzékelők rendszere ellenőrzi a munkások megvilágítását, és ennek alapján folyamatosan változtatja a lámpák, lámpacsoportok fényáramát. Ilyen esetben a mesterséges világítás indokolatlan fogyasztása a térbeni illesztés szükségszerű pontatlanságából adódik.

A központi érzékelésű szabályozásnak is feltétele a folyamatosan szabályozható fényforrások alkalmazása. Ilyen működtetésnél a szabályozórendszer a belső térben kialakuló természetes megvilágítást egy központi, külső világító környezet jellemzőit érzékelő rendszer adatai alapján ítéli meg, és annak alapján szabályozza a helyiség mesterséges világításának lámpáit, lámpacsoportjait. Tehát egy, az épületen kívüli érzékelő rendszer szolgálja ki az épület különböző helyiségeinek világításszabályozását. Ilyen mesterséges világítás indokolatlan fogyasztását a térbeni illesztés szükségszerű pontatlanságán felül az is okozza, hogy a központi érzékelő rendszer segítségével az egyes belső terek természetes világítása csak több-kevesebb hibával állapítható meg.

A mesterséges világítás működtetésének alapproblémája a természetes világításhoz való illesztés. Emellett a gyakorlatban felmerül a használati igényhez való illesztés is. Ez lényegében azt jelenti, hogy az üzemi mesterséges világítás működése csak akkor indokolt, ha a használó a helyiségben van, vagyis személyérezékelő vagy időkapcsoló segítségével a mesterséges világítást ki kell kapcsolni.

Energiamegtakarítás, gazdaságosság

A mesterséges világításnak a természetes világításhoz való illesztésével jelentős mértékben csökkenthető a világítás villamosenergia-fogyasztása. Az elérhető energiamegtakarítás viszonylagos és abszolút mértéke az illesztés kialakításán túl még számos körülménytől függ. Egyebek között az igényelt megvilágítástól, a napi üzemidőtől, az éves üzemviteltől, a mesterséges világítás hatásosságától.

A mesterséges világítás természetes világítást figyelembe vevő kialakítása és működtetése a világítás energiafogyasztását a körülményektől függően várhatóan 10–75%-kal csökkenti.

A várható megtakarítás csak részben függ a mesterséges világítás illesztésétől, az egyéb körülmények hatása a megtakarítás lehetőségére számottevő lehet. Ebből következik, hogy a gazdaságos illesztés csakis a körülmények, a világítás illesztésén túlmenő mérlegelése alapján történhet. Előfordulhat, hogy a lehetséges megtakarítás 90%-a egyszerű automatikus ki-bekapcsolással elérhető, más esetekben ezzel csak a lehetséges megtakarítás 10%-a re-

alizálható. Jelentős megtakarítás csak a szabályozástól várható.

Mint ahogy a mesterséges világítás kialakításának költségei az illesztés módjától függenek (vezérlés egy vagy több fokozatban, illetve szabályozás egyedi vagy központi érzékelővel), és a várható energiamegtakarítást az illesztés csak részben befolyásolja, a gazdaságos megoldás csak a bekerülési költségnek és a várható energiamegtakarításnak az összevetése alapján választható ki. Ez pedig csakis a természetes világítás jellemzőinek meghatározása alapján történhet.



KÖZVILÁGÍTÁS

A közvilágítás feladata a közutakon, közterületeken nappal végzett tevékenység (általában közlekedés) láthatósági feltételeit megfelelő szinten meghosszabbítani az éjszakai napszakra is, s létrehozni a tevékenység biztonságos feltételeit.

Nem feladata a közvilágításnak (ez irreális igény is lenne), hogy a természetes világgal azonos vagy azt megközelítő minőségű világgal azonos vagy azt meghosszabbított utakon, területeken. A közvilágítás által létrehozott megvilágítási, ill. fénysűrűségi értékek nagyságrendekkel kisebbek, mint természetes világgal szemben.

Esti, éjszakai napszakban a közvilágítás által világított úton a szem egészen más környezetet észlel, mint nappal. Nappal a tárgyak általában világos háttérben, jól körvonalazottan, természetes színükben jelennek meg. Az éjszakai napszakban viszont a környezet és a háttér sötét, a háttérből az úton, ill. az út környezetében lévő tárgyak (akadályok) kis kontraszttal jelennek meg, és a szkotopos látás miatt a különböző színeket a világosban látáshoz képest eltérő módon érzékeljük.

A fentiekből következik, hogy az éjszakai napszakban a közlekedés résztvevőivel szemben támasztott látási követelmény lényegesen nagyobb, mint természetes világgal szemben. A gépjárművezetőnek éjszaka is kellő távolságból, kellő időben, biztonságosan fel kell ismernie az úttesten és környezetében lévő akadályokat (másik közlekedő vagy álló járművet, gyalogost, úttestre került tárgyat stb.).

5.1. LÁTÁSI FOLYAMATOK A KÖZVILÁGÍTÁS SZEMPONTJÁBÓL

Adaptáció

Az emberi szem működőképessége a 10^{-6} cd/m² és 10^5 cd/m² közötti fénysűrűségi tartományba esik. A szemnek ehhez a 10^{11} nagyságrendet átfogó ingerelhetőségi tartományon belüli alkalmazkodását, működőképességét nevezzük adaptációnak.

Az adaptáció időbeli folyamat, mely nem azonos sebességgel megy végbe magasabb szintről alacsonyabb szintre, ill. alacsonyabb szintről magasabb szintre való átállásnál. Azt a tényt, hogy az adaptáció sebessége a világosról (magasabb szintről) sötétebbre (alacsonyabb szintre) való átállásnál nagyságrendileg lassabb, mint fordítva, az egyenletességi követelmények megfogalmazásánál, ill. betartásánál kell figyelembe venni. Az adaptációs állapot, ill. az adaptáltsági szint alapvetően meghatározza az emberi szem egyes funkcióit, ill. ezen funkciók esetén a teljesítőképesség határait. Pl. erős napsütésben egy nagyteljesítményű járműfényoszóró sem okoz jelentős zavart, míg az éjszakai sötétségben egy nem túl erős zseblámpa fénye is káprázást okozhat, mert a szem az adott adaptációs állapothoz képest erős terhelést kap.

A magasabb szintről alacsonyabb szintre való gyors adaptációs igény a gyakorlatban úgy jelentkezik, hogy a káprázást elszenvedő egyén (a bekapcsolt fényszóróval szemben közlekedő jármű vezetője) egy átmeneti ideig nem, ill. alig lát valamit a környezetéből, jóllehet biztonságos közlekedése érdekében szemének azonnali adaptálódására lenne szükség.

Az észlelhetőség szempontjából még az is igen fontos körülmény, hogy a közvilágítási berendezések által szolgáltatott világítási szintek többsége az „átmeneti” vagy „szürkületi látás” tartományába esik (mezopos látás), melyben a szem színérzékenysége (egyénilig is) változóan korlátozott, és itt a különbségérzékelés is csökken.

Különbségérzékelés, kontraszt, láthatóság

Közvilágítás vonatkozásában az úton mozgó vagy álló akadály láthatóságának szükséges, de nem elégséges feltétele, hogy az akadályon észlelhető fénysűrűség (L_2) eltérjen az útburkolaton, ill. a környezetében lévő fénysűrűségtől (L_1). Tehát:

$$\Delta L = (L_2 - L_1) \neq 0$$

Általában egy tárgy akkor válik ténylegesen láthatóvá, ha annak fénysűrűsége pozitív vagy negatív értékben eltér környezete fénysűrűségétől (pozitív, ill. negatív kontraszt), és ugyanakkor ez a fénysűrűség-különbség, ill. a kontraszt meghalad egy bizonyos küszöbértéket.

Ilyenkor az érzékelőképesség mértékéül azt a legkisebb fénysűrűség-különbséget tekintjük, amelyet az adott körülmények között a szem még érzékelni képes (ΔL_{\min}).

Ez esetben a tárgy fénysűrűségét *küszöbfénysűrűségnek*, a tárgy és a háttér közötti fénysűrűség-különbséget (ΔL_{\min}) *különbségi küszöbnek*, a kontrasztot *különbségi kontrasztnak* nevezzük.

Ha az úttesten lévő akadály fénysűrűsége nem éri el a küszöbértéket, akkor az ott és azon körülmények között nem látható.

A kontraszt a tárgy és környezete közötti fénysűrűség-különbségnek és a környezet fénysűrűségének aránya:

$$K = \frac{\Delta L}{L_1} = \frac{(L_2 - L_1)}{L_1}$$

Kontrasztérzékelés esetén az akadály annál biztosabban észlelhető, minél nagyobb a tárgy kontrasztaránya a kontraszt küszöbértékéhez képest.

$$K_{\text{tárgy}} \gg K_{\min}$$

Ahhoz, hogy egy tárgy észlelhető legyen, az alábbi feltételek teljesülése szükséges:

- Megfelelő mértékű kontraszt az akadály és annak környezete között (fénysűrűség- vagy színkontraszt, ill. mindkettő egyidejű megléte).
- Az akadály mérete egy bizonyos méreten felül kell, hogy legyen (lásd: Látóélesség).

- Az észleléshez kellő idő álljon rendelkezésre.
- A szem az akadály és környezete fénysűrűségéhez adaptált állapotban legyen.

Látóélesség

Látóélességnek nevezzük a szem azon tulajdonságát, amellyel egymáshoz közel lévő, relatíve kicsi tárgykat, ill. részleteket képes megkülönböztetni. Mértékét a két tárgy, ill. részlet közötti látószög szögpercekben kifejezett értékének reciprokaként adjuk meg. A közúti közlekedésben a 8–10 szögperc alatt még látható tárgyat tekintjük annak a legkisebb akadálnak, amit még feltétlenül észlelnie kell az úton közlekedőnek. Ez 60 m távolságból nézve 14–17 cm méretű akadályt jelent.

A szem fénysűrűséget érzékel

A közlekedésben részt vevők szeme az útburkolaton, az akadályokon és a környezetben a fénysűrűséget érzékeli. A látási, láthatósági viszonyokat az útburkolaton, ill. akadályokon keltett fénysűrűség pontosabban jellemzi, mint az út megvilágítási értéke.

A fénysűrűséget az adott felületeken a közvilágítási lámpák által kibocsátott fényáram, ill. a megvilágítás hozza létre, de nem feltétlen arányos azok értékeivel. A fénysűrűséget nagyban befolyásolja a felület minősége, pillanatnyi állapota (pl. száraz, ill. nedves volta).

A fénysűrűség számítása és mérése lényegesen bonyolultabb, mint a megvilágítás számítása és mérése, sőt adott esetben annak egzakt elvégzése nem is lehetséges (pl. nedves útburkolat esetén).

A fénysűrűség számításához ismernünk kell

- az útburkolat, a határolófelületek, az akadályok fényviszszaverési tulajdonságát (reflexiós tényezőjét);
- az utat megvilágító fény pontos beesési irányát;
- a szemlélés irányát, pontos geometriai elrendezését.

A szükséges kiinduló adatokat sokszor csak becsléssel, statisztikai felmérések alapján kaphatjuk meg (pl. egy útburkolat reflexiós tényezője).

A számítás még ezen adatok birtokában is meglehetősen bonyolult, ugyanakkor tisztában kell lennünk azzal is, hogy ezek az adatok térben és időben, rövid és hosszú távon állandóan változhatnak.

A fénysűrűség méréséhez drága műszer és jól előkészített mérési helyszín szükséges. Nagy forgalmú utakon a forgalom korlátozása, esetenkénti leállítása nélkül a fénysűrűségmérést nem lehet végrehajtani.

Említést kell még tenni a fénysűrűség egyenletességéről. Az egyenletesség a fénysűrűség térbeli változásának összehasonlításával jellemzi az adott útszakasz világításának minőségét.

Ennek megfelelően definiáljuk a fénysűrűség egyenletességét az úttest tengelyében:

$$U_L = L_{\min}/L_{\max}$$

és keresztirányban

$$U_K = L_{av}/L_{\max}$$

a mért területen hosszirányban sávonként és keresztirányban szintén sávonként értelmezve.

Káprázáskorlátozás

A káprázásról mint a látást zavaró vagy rontó jelenségről az előzőekben már volt szó.

A közvilágításban a káprázást előídezhetheti:

- Nappali napszakban: maga a nap alacsony állása esetén (kora reggel, illetve késő délután), valamint a nap tükröződése zivartart követő nedves útburkolaton, egyéb vízfelületen, üvegfelületen stb.
- Éjszakai napszakban: nem megfelelően káprázáskorlátozott vagy helytelenül beállított, valamint nem az adott célnak megfelelő lámpatestek alkalmazása;
- a megfelelően elhelyezett lámpatestek fényének tükröződése útburkolati vízfelületeken (tócsákon);
- szemben közlekedő járművek reflektorai;
- fényes, a környezethez képest kiugróan világos felületek a látótérben (kirakat, reklám, díszvilágítás stb.).

Tekintettel arra, hogy a káprázás jelentősen rontja a közlekedésben részt vevők látóteljesítményét, ezért – ahol ez lehetséges – biztosítani kell a szükséges káprázáskorlátozást (ernyőzött lámpák alkalmazása, rendeltetésnek megfelelő felszerelés stb.)

5.2. A KÖZVILÁGÍTÁSI BERENDEZÉS ELEMEI

Szabadtéri világítás, közvilágítás létesítéséhez az alábbi fő elemek alkalmazása szükséges:

- fényforrások,
- lámpatestek,
- tartószerkezetek,
- villamos tápvezetékek.

Fényforrások

A közvilágításban alkalmazható fényforrásokkal szemben támasztott főbb követelmény:

- kedvező fényhasznosítás,
- nagy élettartam.

Tekintsük át röviden a 2. fejezetben megismert fényforrások közvilágításbeli alkalmazhatóságát:

Izzólámpa

Előnye, hogy üzemeltetése nem igényel külön segédkészülékeket (fojtó, gyújtó stb.).

Negatívumként kell megemlíteni rövid élettartamát, aminek következtében – évi mintegy 4000 óra üzemidőt véve ala-

pul – a berendezés karbantartójának évente 4-5 alkalommal kell fényforrást cserélnie.

Élettartama rendkívül feszültségfüggő, ezért túlfeszültségnek kitett hálózatokon a gyárilag megadott élettartamánál esetenként lényegesen rövidebb ideig üzemel. Ezen tulajdonságai, valamint kis fényhasznosítása miatt közvilágításban üzemeltetése nem gazdaságos.

Külvárosi, községi mellékutak irányfényjellegű világításánál alkalmazzák még egyes áramszolgáltatók egyre csökkenő darabszámban.

Fénycső

Üzemvitel szempontjából lényegesen kedvezőbb az izzónál, tekintettel arra, hogy a fénycsövet a gyári élettartam- adatok szerint csak 2–2,5 évente kell cserélni. Közvilágításnál – ahol 6-10 órás üzemeltetési ciklussal számolhatunk – gazdaságossági szempontból az indukív előtétthez csatlakoztatható fénycső alkalmazása célszerűbb, mint az elektromos előtétthez.

Kis egységteljesítményük és kis fényáramuk miatt közvilágításban csak kisebb szintű világítási igény (elsősorban irányfény) esetén alkalmazhatók.

Higanylámpa

A magyar közvilágítási hálózatokon jelenleg legnagyobb számban üzemelő fényforrás.

Élettartama 2–3 éves közvilágítási üzemeltetést tesz lehetővé.

Bekapcsolásakor üzemi áramának többszörösét veszi fel. A felvett áramerősség a lámpa felfutási ideje alatt csökken az üzemi értékre.

Élettartama során a még gazdaságosnak tekinthető 10–12 ezer üzemóra elérésekor a lámpa az eredeti fényáramának már csak kb. 60%-át szolgáltatja, előtétveszteséggel növelt névleges teljesítményfelvétel mellett. Ezt követően a lámpa fényárama rohamosan csökken, de még továbbra is működőképes maradhat. Végül fényárama az eredeti érték 10–15%-ára is csökkenhet.

Kevert fényű lámpa

A kevert fényű lámpa közvilágításban elsődlegesen – átmeneti jelleggel – szükségmegoldásként alkalmazható.

Fémhalogén lámpa

A fémhalogén lámpát meghatározott pozícióban való üzemeltethetősége, szűkebb egységteljesítmény-választéka és magas ára miatt közvilágítási célokra csak speciális igények kielégítésére alkalmazzák.

Kisnyomású nátriumlámpa

Monokromatikus sárga színe miatt jó különbség- és kontrasztérzékelést tesz lehetővé különösen ködös, párás, poros légköri viszonyok mellett.

Világszerte jó eredménnyel alkalmazzák autóutak, autópályák, hidak, alagutak világítására, elsősorban a gyakran ködös vidékeken (pl. Angliában, Belgiumban az Ardenekben).

Nagynyomású nátriumlámpa

Fénye sárga színű, színvisszaadási képessége a higanylámpa és a kisnyomású nátriumlámpa között van. Nagy forgalmú utak optimális világítására alkalmas. Kiváló fényhasznosítású, gazdaságos fényforrás, melyet igen széles egységjeljesítmény-skálában gyártanak.

A nagynyomású nátriumlámpa átlátszó csőburás és diffúz ellipszoid burás kivitelben létezik. Alkalmazásuk során a fényforrás alakjának és a lámpatest optikai rendszerének illeszkedniük kell egymáshoz, ellenkező esetben a lámpatest hatásfoka romlik, és az útburkolaton létrehozott fényeloszlás kedvezőtlenül alakul.

Feszültségkiesés esetén, kialszt követően az újragyújtás 3–5 perc múlva lehetséges.

Élettartama folyamán fényárama az eredeti fényáramához képest 15–20%-kal csökken.

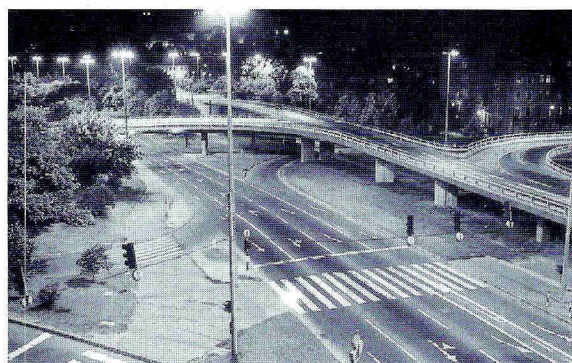
Élettartama végén a felfutása során az üzemben maradási készsége, ill. gyújtási készsége csökken.

Gyári élettartam adatai szerint a fényforrás kb. 4 év időtartamig képes üzemelni a közvilágítási hálózaton.

A következőkben egy vidéki és két budapesti példát mutatunk be a nátriumlámpás közvilágításra. Az Erzsébet-híd budai hídfőjének környékén a megfelelő megvilágítási szintet és egyenletességet 18 méteres fénypontmagassággal oldották meg, egy oszlopon 4 db 400 W-os nátriumlámpával. Az Erzsébet-hídon a fénypontmagasság 8 m, oszloponként 1 db 250 W-os nátriumlámpa világít.



59. ábra.
Pécs, Széchenyi tér közvilágítása nátriumlámpákkal, háttérben a fémhalogén lámpákkal megvilágított Dzsámi



60. ábra.
Budapest, Erzsébet-híd budai hídfőjéről levezető utak világítása nátriumlámpákkal



61. ábra.
Budapest, Erzsébet-híd nátriumlámpái

A kis- és nagynyomású nátriumlámpák azonos egységjeljesítményű típusait összehasonlítva megállapítható, hogy a kisnyomású nátriumlámpa cserekötsége – a rövidebb élettartam és a nagyobb beszerzési ár miatt – nagyobb, mint a nagynyomású nátriumlámpáé.

Indukciós lámpa

Nyugat-Európában egyre több városban alkalmazzák a közvilágításban az indukciós lámpát (Champs-Élysées Párizsban). Színhőmérséklete a fénycsóhoz hasonlóan a fénypor függvénye, élettartama igen hosszú. A 62. ábrán egy hollandiai példát mutatunk be.

Lámpatestek

A lámpatestek közvilágítási követelményei, a speciális üzemeltetési körülmények külön igényeket támasztanak. Ezek a következők:



62. ábra.
Hágai utcarészlet világítása indukciós lámpákkal

- Legalább IP 44 védettség az optikai részben.
- A lámpatest fénysűrűség-eloszlása tegye lehetővé minél nagyobb osztástávolság megvalósítását.
- A tükrrendszer tegye lehetővé többféle fénysűrűség-eloszlás egyszerű eszközökkel való beállítását és annak egyértelműségét.
- A közvilágítási lámpatest javítása, fényforrás-, alkatrész-cseréje minél egyszerűbben, lehetőleg szerszámhasználat nélkül legyen végrehajtható.
- A lámpatestben alkalmazott alkatrészek élettartama a fényforrás élettartamának többszöröse legyen.
- A lámpatesten legyen egyértelműen, jól látható helyen jelölve, hogy milyen fényforrás üzemeltetésére alkalmas.
- A lámpatestgyártó cégek a közvilágítási felhasználást elősegítő egyszerű és egyértelmű dokumentálást közöljenek katalógusaikban.

Tartószerkezetek

A tartószerkezet a lámpatestet működési helyén rögzítő mechanikai szerkezet. Lehet önálló, amely csak a lámpatest és tartozékai hordására szolgál, és lehet egyéb funkciókat is ellátó „közös” tartószerkezet (pl. a kommunális hálózatot hordó és egyben a közvilágítás céljaira is alkalmazott oszlop).

A tartószerkezet általában két részből áll: oszlopból és lámpakarból, de ezek külön-külön is megjelenhetnek mint tartószerkezetek. Oszlopfejlámpák alkalmazásánál ugyanis a tartószerkezet csak oszlopból áll, ugyanakkor a falikarnál csak a lámpakar tölti be a tartószerkezet szerepét. Van-

nak továbbá az előzőektől teljesen eltérő tartószerkezetek is, mint pl. az átfeszítéses elrendezés tartószerkezeté. Ez utóbbit városokban, folytonos, magas beépítettségű, viszonylag szűk utcákban, valamint felső vezetékes járműközlekedés (villamos, trolibusz) esetén szokás alkalmazni. Használatuk azzal az előnnyel is jár, hogy az oszlopok elhelyezéséhez nem kell igénybe venni az esetenként amúgy is keskeny járdák egy részét.

Az oszlopok anyaga lehet fa, vasbeton, acél és alumínium, míg a lámpakarok elsődlegesen acélból, alumíniumból, esetenként vasbetonból készülhetnek.

Örömmel kell megjegyezni, hogy – hála az utóbbi évtizedekben kibontakozott városvédő mozgalomnak – újból megjelentek a közvilágításban a múlt századvéget idéző lámpaoszlopok, így ötvöződik a stílushűség a korszerű lámpatestek és fényforrások kedvező fénytechnikai adottságaival (63. ábra). A világítástechnikai funkció nemegyszer esztétikai és hangulati funkcióval párosul (64. ábra)

Villamos tápvezetékek, táphálózatok

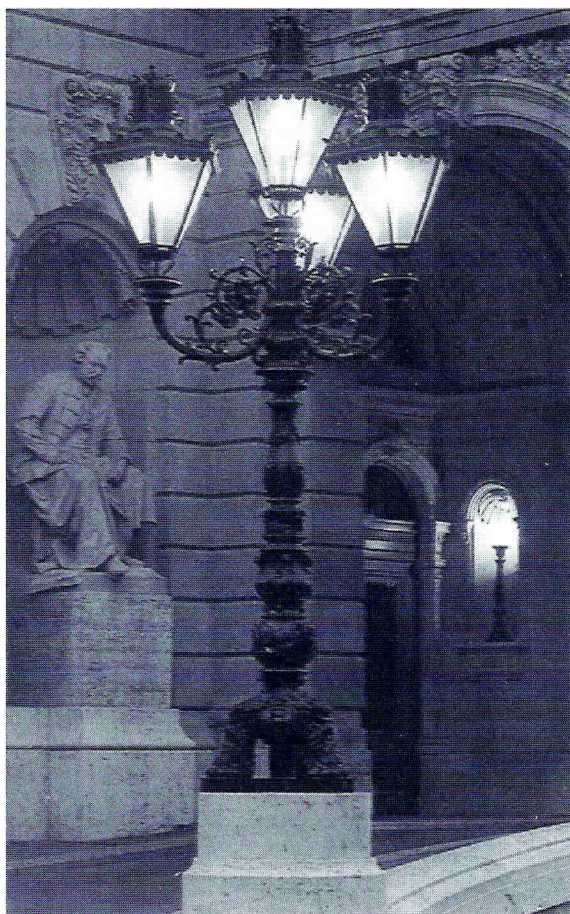
A közvilágítási berendezések az érvényes és hatályos villamosipari szabványok betartása mellett kábellel vagy szabad vezetékekkel táplálhatók. A tápkábelek méretezésénél a kisülősöves lámpák indulási áramfelvételére, ill. az előtétveszteségekre is tekintettel kell lenni.

5.3. A MAGYARORSZÁGI KÖZVILÁGÍTÁS SAJÁTOS SÁGAI

Az ország közvilágításának természetesen megvannak a maga jellemzői, sajátos vonásai. Annak ellenére, hogy



63. ábra.
Budapest, Andrassy út Weiss Manfréd típusú oszlopai



64. ábra.
Az Operaház feljáróját megvilágító kandeláber

ezen a téren is van javítani, felzárkózni valónk, lehetőségeinkhez s adottságainkhoz képest valójában nincs komoly okunk a szégyenkezésre.

Az elmúlt időszakban a közvilágítás létesítését, fenntartását miniszteri rendelet és országos szabvány szabályozta.

Az MSZ-00-09.0214-87 sz. Közvilágítás c. szabványt a Magyar Szabványügyi Hivatal (a Magyar Szabványügyi Testület jogelődje) 1995-ben visszavonta, s mind ez ideig új szabvány kidolgozására, jóváhagyó közleménnyel való bevezetésére nem került sor. A korábban érvényben volt szabvány a települések útjait hat világítási osztályba sorolta, s egyéb előírásokkal együtt megadta az egyes világítási osztályokra a kötelező minimális megvilágítási, ill. fényűrűségi értékeket, valamint azok egyenletességi értékeit. A szabványban megadott világítástechnikai paraméterek lényegében nem tértek el jelentős mértékben a nyugat-európai (pl. DIN, BS) szabványok előírásaitól.

A belterületi közutak besorolásáról és az azokhoz rendelt fénytechnikai paraméterekről a 16. táblázat ad áttekintést.

Tekintettel arra, hogy a szabvány betartása kötelező volt – s annak betartását hatóság felügyelte a kiviteli tervek ellenőrzésével, jóváhagyásával –, így általában a közlekedés-, köz- és vagyonbiztonságnak megfelelő, világítástechnikai szempontból színvonalas közvilágítási berendezések létesültek, ill. ennek megfelelően korszerűsítették a közvilágítást.

Jelentősebb településeink, útjaink világítási szintje nem tér el lényegesen a fejlett nyugat-európai országok közvilágítási szintjétől. Azonban azt is meg kell említeni, hogy falvaink, külvárosaink egy részénél a közvilágítás minősége és szintje esetenként a kívánt érték alatt marad.

Az ország közvilágítási hálózatán – hasonlóan a nyugat-európai országokhoz – higanylámpák, nátriumlámpák és fénycsövek üzemelnek. Tény azonban, hogy ezen korszerű fényforrások mellett még mindig többezres darabszámban találkozhatunk izzólámpával is a magyar közvilágításban.

Az ötvenes évek legvégén a közvilágítási hálózatokon lévő mintegy 300 ezer db fényforrásnak mindössze 1%-a volt fénycső és 13%-a higanylámpa; azaz az összes fényforrás 86%-át az izzók tették ki. 1976-ban volt a legtöbb – 567 ezer – izzó a közvilágítási hálózatban. Ekkor az izzók aránya – a higanylámpák darabszámának folyamatos növekedése mellett – még éppen meghaladta az 50%-ot. Azonban a hetvenes évek végére a húsz évvel előbbihez képest közel megnégyszereződött fényforrásdarabszámnál az izzók aránya már 50% alá csökkent.

A nyolcvanas évek elején jelentek meg a hálózatokon a higanylámpához képest is kb. kétszeres fényhasznosítású (58–112 lm/W) nátriumlámpák. Ezek folyamatos elterjedését tekinthetjük a korszerűsítés második ütemének.

A higanylámpák darabszám-növekedésének 1987-ig lehetünk tanúi, ekkor mennyiségük elérte a 902 ezret, arányuk 67%, 20% izzó, 7% fénycső és 5% nátriumlámpa mellett. Ezt követően – a nátriumlámpák terjedésével – a higanylámpák darabszáma lassan, de folyamatosan visszaszorulóban van.

A kedvező energetikai tulajdonságú nátriumlámpák – magas árak miatt – csak lassan indultak el hódító útjukon. A hazai közvilágításban való megjelenésükkor, 1980-ban a hálózatokon lévő fényforrásoknak mindössze 0,4%-át tették ki, s ez az arány 1985-re is csupán 2% volt. 1990-ben viszont már 16%-nyi nátriumlámpa világított az ország útjain. Ekkor újabb, hasonlóan kedvező fényhasznosítású fényforrások jelentek meg a közvilágításban, a kompakt fénycsövek.

Ezek a kis egységteljesítményű (11–36 W), kis fényáramú (0,6–2,9 klm) fényforrások csak részben jelentettek konkurenciát a nátriumlámpákkal szemben, tekintettel arra, hogy elsődlegesen az irányfényigényű utak világítására alkalmasak. Elterjedésük energetikai szempontból indokolt,

16. táblázat.
Belterületi közutak besorolása

Közút típusa	Közvil. oszt.	Javasolt átl. megvil. (lx)	E_{min}/E_{av}	E_{min}/E_{max}
Autópálya I. rendű főút nagyvárosban	I.	24	0,5	0,3
Autóút I. rendű út nagyvárosban II. rendű főút nagyvárosban	II.	18	0,5	0,3
I. rendű főút községben II. rendű főút városban Gyűjtőút nagyvárosban	III.	12	0,3	0,2
II. rendű főút községben Gyűjtőút városban Kiszolgálóút nagyvárosban	IV.	8	0,3	0,2
Gyűjtőút községben Kiszolgálóutak, kerékpárutak, Gyalogutak, járdák	V.	4	0,2	0,1
Szilárd burkolat nélküli utak	VI.	< 4	< 0,2	< 0,1

azonban úgy tűnik – az áramszolgáltatók privatizációjával összefüggésben –, a közvilágításban alkalmazható egyélteljesítményük alsó határát nem a műszaki lehetőségek, hanem – a fényforráscsere költségét is figyelembe véve – összgazdaságosságuk határozza meg.

A kilencvenes évektől kezdődően a nátriumlámpák és a kompakt fénycsövek párhuzamos terjedése jellemző közvilágításunkra.

Napjainkban a települések útjait több mint 1 200 000 db fényforrás világítja meg. Ezek legnagyobb részét még mindig a higanylámpák teszik ki 56%-os arányban, de ez az arány már egy jelentős csökkenés az 1987. évi 67%-hoz képest.

Második helyen állnak a nátriumlámpák, valamivel több mint 25%-os arányban. Meg kell jegyezni, hogy a fejlett nyugat-európai és amerikai államokban a nátriumlámpák aránya ennél lényegesen nagyobb. Tekintettel arra, hogy közepes és magas megvilágítási szint eléréséhez a nátriumlámpa a legjobb fényhasznosítású fényforrás, energiamegtakarítás terén a jövőben még bőven van tennivalónk és energiamegtakarítási lehetőségünk a közvilágításban.

Mennyiségi sorrendben a harmadik helyen állnak a fénycsövek, amelyek aránya az utóbbi években – a kompakt fénycsövek megjelenésével – növekvőben van. Jelenleg 14%-nyi fénycső világít városaink árkdjaiban, aluljáróiban, ill. a kompakt fénycsövek községeink, külvárosaink mellékútjain.

Összehasonlításként megjegyzendő, hogy nyugati szomszédunknál, Ausztriában rendkívül elterjedt fényforrásfajta a hagyományos, egyenes fénycső. Ezt a fényforrást alkalmazzák olyan nagyvárosok közvilágításában is, mint pl.

Bécs vagy Linz. Nálunk az egyenes fénycsövek aránya stagnál, 7% körüli, s forgalmi utak világítására szinte egyáltalán nem használják. Alkalmazásukban a jövőben sem várható változás.

Jelentős az eltérés a nyugat-európai és a magyar közvilágítás esztétikai megjelenésében. Magyarországon ugyanis a 11/1985 IKM-rendelet tartósszerkezetek kiválasztásához típusterv alkalmazását írta elő, a lámpatest-választék pedig rendkívül behatárolt volt a hazai, ill. KGST-piacon belül. Ilyen korlátok között joggal nevezhető közvilágításunk uniformizáltnak, szemben a nyugat-európai rendkívül széles körű választási lehetőséggel mind a tartósszerkezetek, mind a lámpatestek vonatkozásában.

5.4. A KÖZVILÁGÍTÁS LÉTESÍTÉSE, FENNTARTÁSA, KÖLTSÉGEI

Mindenekelőtt igen fontos a tervezett létesítménnyel szemben támasztott forgalmi, városrendezési, esztétikai követelmények reális, pontos meghatározása.

A költségvonzatokat nagyon lényeges a tervezés stádiumában tisztázni.

Az egyik leglényegesebb költségtényező a közvilágítás működtetésére felhasznált villamos energia ára, mely költség a berendezés létezése során folyamatosan merül fel. Nem lényegtelen a szintén folyamatosan jelentkező karbantartási költség, a cserélendő fényforrások és egyéb alkatrészek ára, továbbá hasonlóan jelentős költségtényező a közvilágítási berendezés létesítésének költsége, a beruházási költség.

Hogyan befolyásolhatók ezek a költségek a közvilágítási berendezés tervezésekor?

A fényforrások ismertetésénél láttuk, hogy a közvilágítás-hoz alkalmazható különféle fényforrások fényhasznosítása lényegesen eltér egymástól, ugyanaz a megvilágítási szint létrehozható több vagy lényegesen kevesebb villamos energia felhasználásával. Nyilvánvaló, az izzólámpa nem jöhet számításba a közvilágítás létesítésénél, mivel fényhasznosítása nagyságrendileg tízedrésze a kisnyomású nátriumlámpáénak, azaz közel tízszer annyi villamos energia fogyasztása árán kapnánk ugyanazt a megvilágítási szintet, mint a kisnyomású nátriumlámpa alkalmazása esetén.

A döntés meghozatalakor azonban nem szabad egyoldalúan csak az energiaköltségekkel számolnunk. Jelentős szempont a beruházási költség is, melynek számításánál tekintettel kell lennünk a megtérülési időre és az infláció mértékére, annak várható alakulására. Az előző példát tekintve beruházás szempontjából az izzólámpa lenne a legkedvezőbb (a legolcsóbb fényforrás- és lámpatestárral), szemben a nátriumlámpák ténylegesen magas árával.

A mérlegelés során a fenntartási, karbantartási költséget is figyelembe kell venni.

Az alkalmazott fényforrásfajta a fenntartási, karbantartási díjat nagyban befolyásolja. Az egyes fényforrásfajták ára jelentős mértékben eltér egymástól, élettartamuk, karbantartási igényük is különböző. Pl. az izzó ebből a szempontból – alacsony ára ellenére – igen költséges fényforrás, mivel rendkívül nagy az élömunka-ráfordítási igénye; azonos idő alatt az izzólámpa 15–20-szor annyi fényforráscserét igényel, mint a nátriumlámpa.

A fényforrásfajta kiválasztásánál természetesen messzeemenően figyelembe kell venni a környezet adottságait, az esztétikai igényeket is.

Egy kisváros ízlésesen parkosított, műemlékekkel határolt főterének reprezentatív esti képét teljesen tönkretenné a monokromatikus kisnyomású, de esetleg még a nagynyomású nátriumlámpa is. Ott nyilván célszerűbb az energetikailag hátrányosabb higanylámpa, vagy adott esetben a fémhalogén lámpa alkalmazása.

Egy panelházakból álló lakótelepen azonban indokolatlan ezeknek kedvezőbb színvisszaadású, de költségesebb lámpáknak az alkalmazása.

Látható, hogy már a fényforrásfajta kiválasztása is igen körültekintő elemzést, mérlegelést kíván, és akkor még nem szóltunk a különféle alkalmazható lámpatesttípusokról, azok eltérő védettségéről, karbantartási igényükről, hatásfokukról, esztétikai tulajdonságaikról és a mindezekkel összefüggő árakról. Az alkalmazott lámpatesttípus elsősorban a beruházási és karbantartási költségeket befolyásolja. Természetes, hogy a lámpatest kiválasztásánál is a költségek, a minőség és az esztétikai követelmények optimumának megállapítása adja a célszerű megoldást.

Hasonló mérlegelést kíván a tartószerkezet megválasztása is. Az alkalmazandó tartószerkezetek megfelelő kiválasztásával jelentős beruházási megtakarítás érhető el. Indokolatlan a drága, reprezentatív tartószerkezet alkalmazása, nem harmonizál a környezetével. A tartószerkezetek számának meghatározásánál az oszlop-, ill. lámpatestdarabszám, a fénypontmagasság és az adott fényforrás esetén szükséges egységteljesítmény optimumát kell megkeresni.

Meglévő berendezés felújításánál, korszerűsítésénél hasonló körütekintéssel kell eljárni.

Meg kell vizsgálni, hogy az adott útvonalon az elmúlt években, évtizedekben történt-e jelentősebb forgalmi változás, ill. történt-e változás az út jellegében. Szükség esetén újra meg kell határozni a közlekedés-, köz- és vagyontbiztonsághoz szükséges megvilágítás szintjét és minőségét.

Az elérendő világítástechnikai paraméterek, valamint a jelenleg meglévő közvilágítási berendezés jellege, típusa, állapota ismeretében kell eldönteni a korszerűsítés módját (pl. lámpatestek felújítása, szerelvények átszerelése vagy új lámpatestek alkalmazása). A korszerűsítési felülvizsgálatnak természetesen ki kell térnie a tartószerkezetek, tápkábelek, felszállóvezetékek vizsgálatára is.

Ott, ahol ez lehetséges, az energiamegtakarítást is eredményező korszerűsítési megoldásra kell törekedni. Jelentős teljesítménycsökkenés érhető el például, ha az elavult – 15–20 éves – higanylámpákat az út- és forgalmi viszonyoknak megfelelő teljesítményű nagynyomású nátriumlámpákra, adott esetben kompakt fénycsöves berendezésekre cserélik.

DÍSZVILÁGÍTÁS – FÉNYÁRVILÁGÍTÁS

A mai városkép világítási effektusaihoz hozzátartozik a kiemelkedőbb építészeti, művészeti alkotások, épületek, szobrok, emlékművek, műemlékek, szökőkutak mesterséges világítása. A világítástechnikának ez a területe kapcsolódik a legszorosabban az építészethez, a művészeti hatásokhoz. Az e téren jelentkező problémák egyik fő jellemzője, hogy csaknem minden esetben egyedi megoldást igényelnek, esetenként a lámpatestek kialakításában is.

A világítás alkalmazási módját tekintve egyik fő csoportot a fényárvilágítás jelenti (65. és 66. ábra). Jellemzője, hogy a fény csak dinamikájában él, a rendszerint nagy egységteljesítményű lámpatestek a szemlélő látóterén kívül helyezkednek el, s testetlenül hozzák létre a művészi, városképformáló hatást. A másik fő csoportban – rendszerint kis egységteljesítményekkel – a lámpatest önmaga is szereplővé válik, kirajzol egy ritmust (67. ábra), meghúz egy vonalat, kontúr. Esetenként diszkréten oldja a fényárvilágítás kemény árnyékait, vagy éppenséggel csak világos hátteret teremt egy sejtetően megvilágított timpanont tartó oszlopsorhoz.

6.1. FÉNYFORRÁSOK

Nincsenek kirekesztő szempontok, amelyek miatt valamely fényforrástípus e területen ne lenne alkalmazható. Sőt mivel a díszvilágításoknál az adaptációs szintek ritkán érik el a fotopos látás tartományát, általában az alkalmazható fényforrások színvisszaadási indexe a fényhasznosításokhoz mérten alárendeltebb szerepet kap. Esetenként bátran alkalmazhatók a természetes színes látást kisebb-nagyobb mértékben torzító fényforrások is. A fényárvilágításban leggyakrabban alkalmazott típusok:

- préselt üvegű, belsőtükrös reflektorlámpák (PAR lámpák),
- halogén izzólámpák,
- nagynyomású nátriumlámpák,
- fémhalogén lámpák,
- higanylámpák,
- kisnyomású nátriumlámpák,
- indukciós lámpák.

Egyes részletek megvilágításában jelentős szerepet kaphatnak a fénycsövek (Lágymányosi Duna-híd) és kompakt fénycsövek (Lánchíd) is. A fényforrások fényáramának eltérő spektrális eloszlása, színhőmérséklete és a megvilágított felületek különböző reflexiója miatt lényeges lehet a két spektrumfüggő mennyiség összehangolása. Tájékoztató kapcsolatokat mutat a 17. táblázat.

6.2. LÁMPATESTEK

Fénytechnikai paraméterek alapján a díszvilágítás-lámpatestek három csoportba sorolhatók:

- Forgásszimmetrikus fényeloszlású reflektorok (68.a és b ábra).



65. ábra.
A millenniumi emlékmű fémhalogénlámpás díszvilágítása

- Vályús – nem forgásszimmetrikus fényeloszlású – reflektorok (69. ábra).
- Egyedi, különleges lámpatestek.

A forgásszimmetrikus reflektorok a merőlegesen megvilágított felületen kör alakú mezőt, a vályús fényvetők lekerekített sarkú négyyszöghez hasonló területet világítanak meg. A megvilágítás a középponttól a szélek felé csökken. A reflektorok keskeny vagy széles sugárnyalábúak lehetnek annak alapján, hogy adott távolságból mekkora területet világítanak meg. Pontosabb megfogalmazásban a reflektor tengelyéhez mért azon szögértékeket adják meg, amelyekben a fényerősségvektorok felére vagy tizedére csökkennek.

A külső téri világítási berendezések por és vízsugár ellen megfelelően tömítettek, a víz alatti egységek – a tervezett merülési mélységnek megfelelő – nyomásálló kivitelűek legyenek. Szökőkutak színes világításához megfelelő színű szűrő üvegeket alkalmaznak. A díszvilágítási célra ajánlott reflektorok tartozéka a lámpatesthez illeszthető ernyő vagy káprázást gátló rács.

A lámpatestek elhelyezésére számos lehetőség kínálkozik. Példaként említjük beépített városias környezetben a közvilágítási berendezés tartóoszlopait (Nyugati pályaudvar homlokzata, Szent Imre-szobor), alkalmasan kiválasztott tetőket (Bécsi kapu tér, evangélikus templom), talajszintű vagy süllyesztett elhelyezést, (Kossuth tér, Rákóczi-szobor) nagyobb fákat, építmény homlokzatokat (láncbídi pilonok), szükség esetén a díszvilágítás céljára telepített külön oszlopokat (Batthyány tér, Szent Anna-templom).

A részben vagy teljesen körbejárható létesítményeknél rögzíteni kell a fő nézési irányt vagy irányokat. A világítási paramétereket a fő nézési irányra (irányból) kell értelmezni. Esetenként az oldal- és hátsó homlokzatok világítása el is hagyható. A lámpatestek elhelyezésénél törekedni kell arra, hogy az épített környezet természetes adottságait kihasználjuk, vagy azokat úgy helyezzük el, hogy a nappali városképben ne legyenek zavaróak. Ha erre lehetőség kínálkozik, ne telepítsünk külön oszlopokat.

A gyakorlatban nemcsak a lámpatestek optimális helyét, hanem esetenként még néhány mennyiségi jellemzőjét is

próba-világítással lehet csak megnyugtatóan rögzíteni. A próba-világítás igazolhatja az elképzelések helyességét, zavaró hatásokról nyújtott képe pedig nélkülözhetetlen. A próba-világítás tapasztalatai alapján kisebb mennyiségi és elhelyezési változtatások végezhetők, maradéktalanul megoldhatók a szükségessé váló árnyékolási és káprázás-korlátozási kérdések.

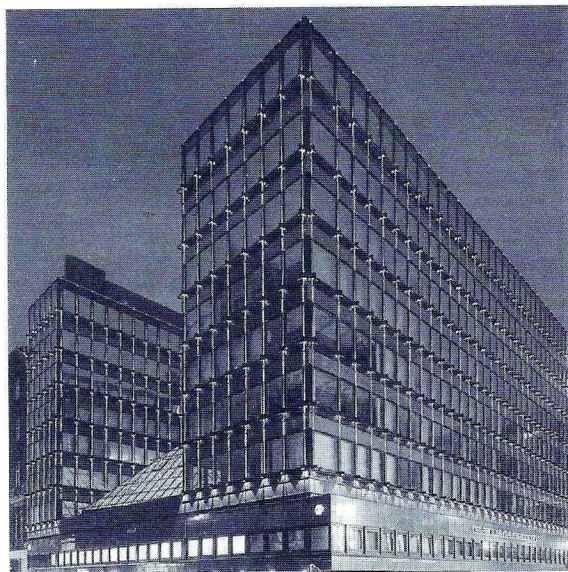
6.3. A LÉTESÍTMÉNY FORMAI MEGJELENÉSE

Tagozódás nélküli, teljesen sima falú épületeknél az azonos fénytechnikai paraméterekkel kezelt különböző homlokzatok csökkentik a plaszticitást, díszletté zsugorítják az épület kubusát. A világítás irányainak a lámpatestek egységteljesítményeinek helyes megválasztásával érzékelhetővé válnak az épületarányok.

Függőlegesen tagolt épületeknél a fő nézési irányval párhuzamos optikai tengelyű reflektorokkal a nappali képhez



66. ábra.
A londoni Big Ben díszvilágítása nagynyomású nátrium- és indukciós lámpákkal



67. ábra.
A Vörösmarty tér közelében lévő OTP-székház díszvilágítása

hasonló hatást érhetünk el. Az optikai tengely elforgatásával nőnek a tagozódás árnyékai. A túlzottan nagy árnyékok azonban zavaróan kontrasztos képet eredményezhetnek. A kívánt mértékű árnyékhatások – a függőlegesen tagolt épületeknél – a környezetben, távolabb telepített, az épülettől független lámpatestekkel érhetők el.

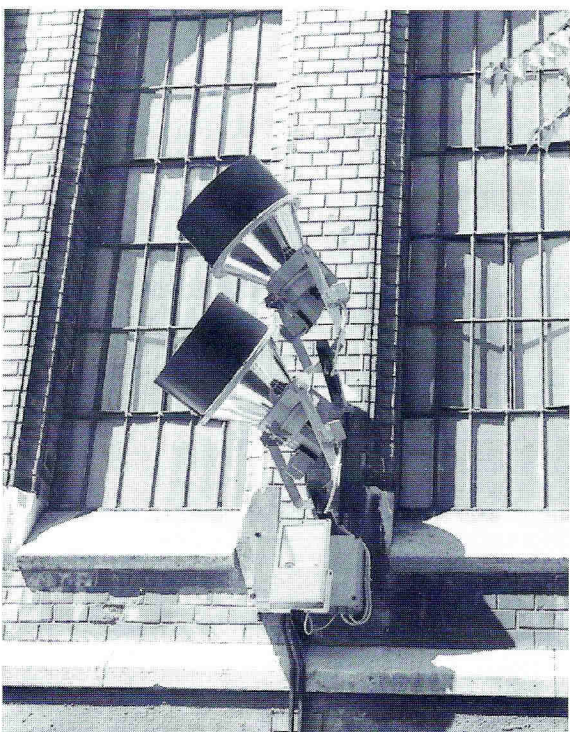
A közvetlen megvilágított és árnyékban maradó felületek teszik plasztikussá az objektumot. Erősen tagolt épülethomlokzatoknál azonban ügyelni kell arra, hogy ne keletkezzenek túl erős és zavaró árnyékok. Kisebbségi egységteljesítményű és több világítóegységgel csökkenthető az árnyékok keménysége, megfelelő elhelyezésükkel pedig azok zavaró volta. A kevésbé tagolt felületeknél, reliefeknél, vé-

17. táblázat. A megvilágított felületek és fényforrások kapcsolata

Sárgás árnyalatú felületek, homokkő, keménymészke, mészhomok tégla	Nátriumlámpák
Meleg árnyalatú felületek, pl. tégla, klinker	Izzólámpák
Fehér felületek, márvány, beton	Minden fényforrás
Zöldes árnyalatú felületek oxidálódott réz (nemesrozsdá)	Fémhalogénlámpák, higanylámpák



68.a ábra.
Forgásszimmetrikus fényvető



68.b ábra.
Forgásszimmetrikus fényvető káprázásgátló gyűrűkkel

sett emlékeknél a suroló fény növeli a látható felületi tagozódást.

Nagyon világos vagy fényes homlokzatok esetén, ha a lámpatest a nézési irány felett nyert elhelyezést, akkor a reflektorok tükörképe jelenhet meg (70.a ábra), s zavarja a szemlélőt, rontja a tervezett hatást. A tükröződést megakadályozó megoldásra mutat példát a 70.b ábra.

Közforgalmú utak, vasutak, folyók, légi folyosók környezetében díszvilágítási berendezések zavarhatják a forgalom résztvevőit. Általában is, az említett helyeken pedig kiemelkedően ügyelni kell a világítás zavaró hatásaira, s mindent el kell követni a káprázató hatások kiküszöbölésére. Az esetek legnagyobb részében ezek a feladatok árnyékolással, ernyőzéssel vagy káprázást gátló rácsokkal, gyűrűkkel kedvező szintre állíthatók be.

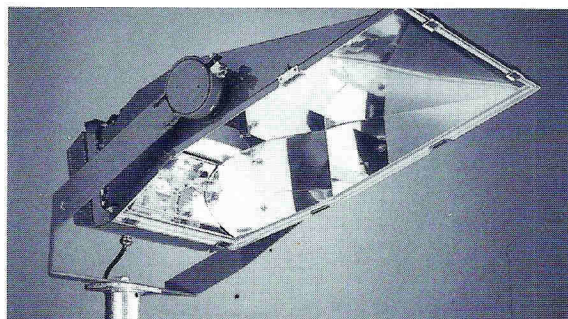
6.4. MEGVILÁGÍTÁSI SZINTEK

Épülethomlokzatok világításánál a kívánatos fénysűrűség-kontraszt eléréséhez szükséges megvilágítási értékek függenek:

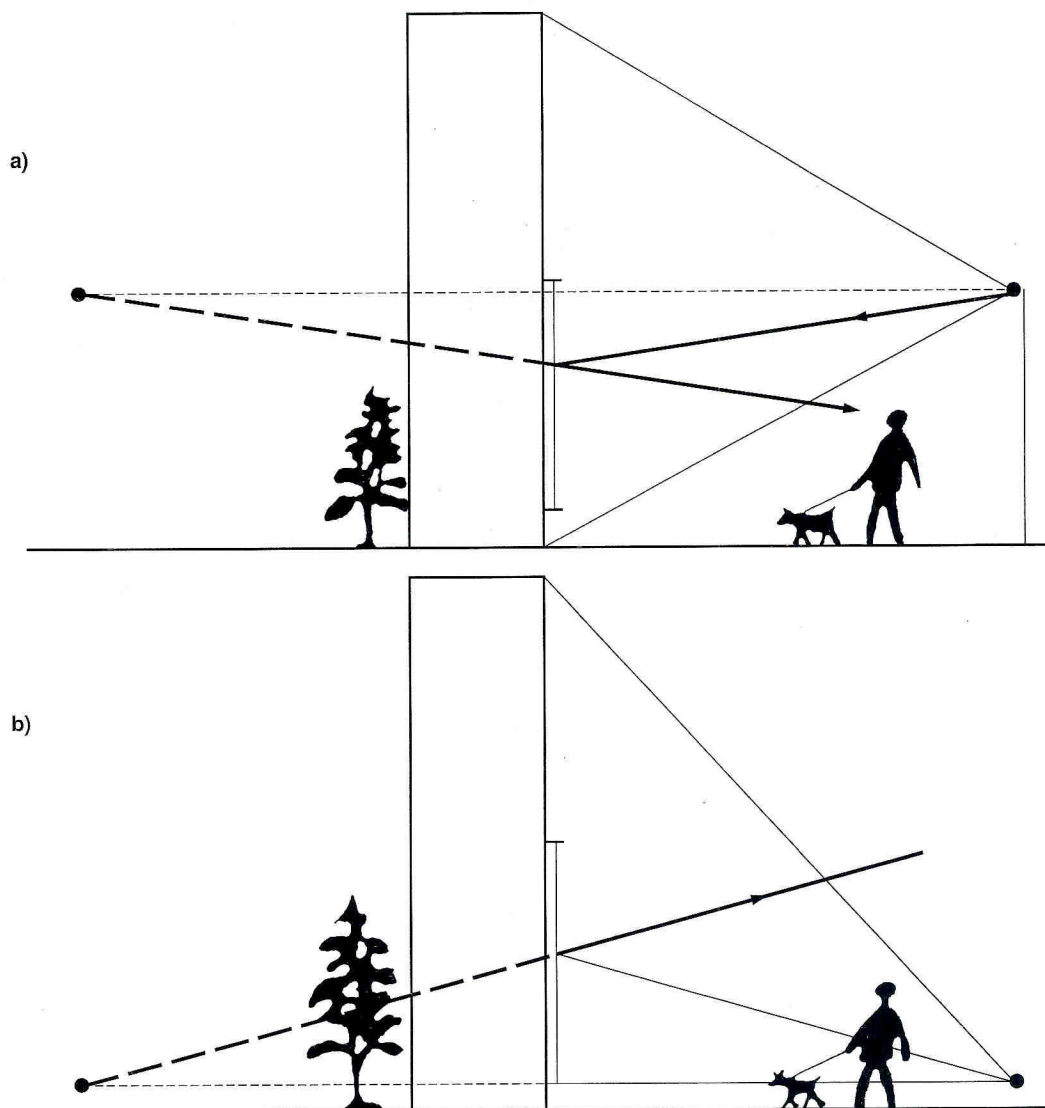
- a létesítmény helyétől és környezetétől,
- a létesítmény geometriai méreteitől,
- a környezet megvilágítottságától,
- a reflektáló felület mikrostruktúrájától és annak reflexióstényezőjétől.

A javasolt fénysűrűségekről a 18. táblázat, különböző épülethomlokzatok megvilágításáról a 19. táblázat adatai nyújtanak tájékoztatást.

A díszvilágítások egyik különleges területe a parkvilágítás. Dísznövénycsoportok, virágágyak, virágzó fák megvilágítása a városi környezet, egy park üde színfoltjaként jelenhet meg. A lámpatestek ezen a területen általában kisebb egysejtjelzők, több esetben csak földbe szúrt nyárs-



69. ábra.
Vályús, aszimmetrikus fényeloszlású fényvető (SiCOMPACT Mini)



70. ábra.

Az épülethomlokzatok tükröződéséből adódó zavaró hatás (70.a ábra) a reflektorok megfelelő elhelyezésével (70.b ábra) kiküszöbölhető

hoz rögzítettek. Fényforrásként a döntően zöld árnyalatokhoz fémhalogén- és higanylámpák javasoltak. A vörös levelűekhez – mint pl. vérbükk – izzólámpák, az őszi lombhoz pedig nagynyomású nátriumlámpák fényének kedvező reflexiójával számolhatunk.

A természetes világítás mellett szabadtéren valamely objektum sík lapokkal határolt felületén a megvilágítás egy adott időpontban állandó értékű. Oldalvilágított belső terek természetes világításánál már jelentős eltérések lehetnek az ablakközeli és távolabbi felületrészek megvilágításai között. Mesterséges világítás mellett valamely megvilágított

18. táblázat.

Megvilágított épületeknél javasolt fényssűrűség-értékek

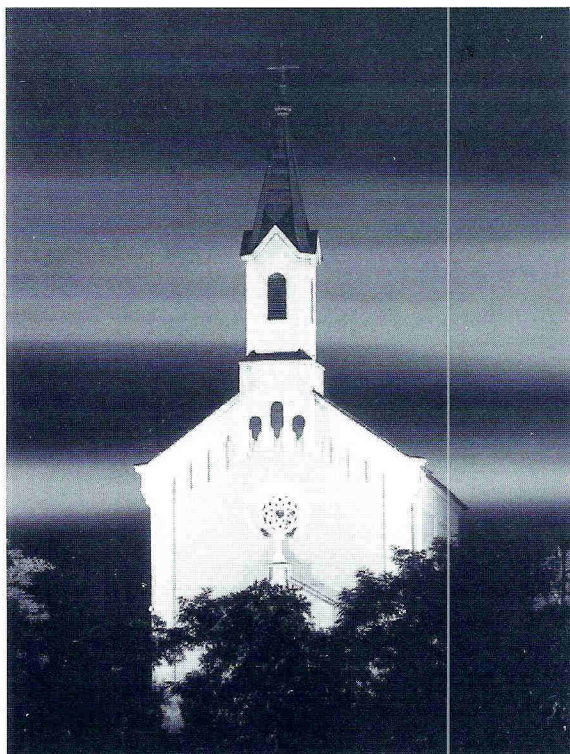
A megvilágított létesítmény	Átlagos fényssűrűség (cd/m ²)
Szabadon álló épület, emlékmű	5–10
Épületek sötét környezetben	10–15
Épületek megvilágított környezetben	15–20
Épületek világos környezetben	20–25

19. táblázat.

Megvilágított homlokzatok javasolt megvilágítási értékei

A megvilágított objektum anyaga	Az objektum állapota	Javasolt megvilágítás nem sötét környezetben (lx)
Fehér márvány	tiszta	50
Világos beton	tiszta	100
Betonimitáció	tiszta	250
Fehér tégl	tiszta	50
Sárga tégl	tiszta	100
Világos gránit	tiszta	300
Beton, sötét kő	tiszta	150
Vörös tégl	tiszta	150
Beton	elpiszkolódott	300
Vörös tégl	elpiszkolódott	300

Megjegyzés: A táblázatok fényűrség és megvilágítás értékei sötét környezetben közel felére csökkenthetők, világos környezetben pedig mintegy kétszeresre növelhetők.



71. ábra.

A sukorói római katolikus templom díszvilágítása



72. ábra.

A sukorói református templom díszvilágítása

felület különböző pontjaiban a megvilágítás általában eltérő értékű. A közlekedéssel kapcsolatos világításban kiemelt szerepet tulajdonítanak a *megvilágítás egyenletességének*. Díszvilágítási megoldásoknál a megvilágítás egyenletessége önmagában kevésbé fontos. Esetenként a nem egyenletes megvilágítás a megvilágított homlokzat képét dinamikusabbá teheti, a magasabb részek megvilágítási értékeinek növelésével egy tornyot magasabbnak látunk.

Az energiatakarékos díszvilágításra példa a két sukorói templom világítási megoldása. Mindössze 2 db (!) 150 W-os nátriumlámpával aszimmetrikus vályús fényvetővel tökéletes világítási hatást értek el (71. és 72. ábra).

F E J E Z E T

SPORT-
LÉTESÍTMÉNYEK
VILÁGÍTÁSA

A sportlétesítmények világítása nagy részben különbözik az eddig leírtaktól, azaz többnyire meghaladja minőségileg és mennyiségileg a szabadon értelmezett általános világítás igényeit.

Emiatt a világítási rendszer igen bonyolult, és sok munkát igénylő megvalósítása több lépésből áll:

- a létesítmény multifunkciós jellegének felderítése;
- az üzemeltetők és a beruházók igényeinek figyelembevétele;
- az érdekelt sportszervezetek véleményének tudomásulvétele;
- a televíziós igényeket kielégítő feltételek tisztázása;
- az idevonatkozó hazai, illetve nemzetközi szabványok és ajánlások megismerése;
- az elrendendő fénytechnikai paraméterek megállapítása;
- a teljes világítási rendszer energiaellátásának biztosítása;
- a megvilágítandó terület(ek) terjedelmének meghatározása;
- a leendő világítás rugalmasságának és megbízhatóságának elvi megfogalmazása;
- a világítótestek lehetséges elhelyezésének tisztázása;
- a feladatnak, illetve a üzemelési viszonyoknak megfelelő lámpatestek kiválasztása;
- a világítás közvetlen környezetére gyakorolt hatásának figyelembevétele;
- a rendszer tényleges megtervezése és üzembe helyezése.

Mivel a sportvilágítási igények sokrétűek és gyakran ellentmondóak, emiatt kompromisszumos megoldásokat kell keresni. Azonban mindig szem előtt kell tartani, hogy az egyéb, nem feltétlenül fénytechnikai szempontok soha ne legyenek fontosabbak, mint a létesítmény célját megvalósító világítás minőségi előírásai.

Az első követelmény az egyes sportágak elvárásait kielégítő láthatóság biztosítása. Ez a megfelelő fénysűrűségviszonyokon alapul, bár azok hatásosságát sok tényező befolyásolja, mint pl. a tárgyak mérete, színe, mozgási sebessége, a megfigyelőtől való távolsága, a tárgy és a háttér reflexiója, illetve a reflexiók közötti különbség és annak a tárgy mozgása közben bekövetkező térbeli változása.

Második követelmény a létesítmény nagyságának és rendeltetésének figyelembevétele. Nyilvánvaló, hogy a csupán edzés célú pálya kisebb ráfordítású világítással valósítható meg, míg a nemzetközi versenyek lebonyolításához jóval igényesebb megoldás szükséges. A feladat bonyolultságát fokozza az is, hogy minél nagyobb a nézőközönység, annál távolabb helyezkedik el az események terétől, ezért annál több fény kell ahhoz, hogy jól lásson.

A videofelvételek és a színes televíziós közvetítések új, még nagyobb követelményeket támasztanak a világítással szemben, melyek gyakran nehezen egyeztethetők össze a játékosok és a nézők igényeit kielégítő követelményekkel. A világítási megoldások változatosságát az is jellemzi, hogy belső téri vagy szabadtéri berendezések létesítéséről van szó. Ráadásul több sportág, illetve nagy koncertek,

előadások és egyéb rendezvények lebonyolítására megépített objektum még bonyolultabbá teszi a megfelelő, több-célú világítási rendszer megvalósítását.

Végül, de nem utolsósorban a fénytechnikai paramétereken és a rendszer műszaki megbízhatóságán túl a világítási berendezésnek mint mérnöki alkotásnak lehetőleg esztétikai igényeknek is eleget kell tennie akár nappali, akár esti fényben. Nem lehet zavaró hatással sem a játékosokra, sem a nézőkre, sem a közvetlen környezetére (utcák, lakóházak, városkép).

Mivel a sportvilágítás területén igen eltérő az egyes országok gyakorlata, a sportesemények egyre nemzetközibb jellege szükségessé tette a világítási igények egységesítését, illetve egymáshoz közelítését. A nemzetközi szövetségekkel, a televíziós társaságokat tömörítő szervezetekkel és az egyes országok világítástechnikai szakembereivel együttműködve a CIE (Nemzetközi Világítástechnikai Társaság) saját kiadványaiban megalapozta a sportvilágítással kapcsolatban általános és az egyes sportágakra vonatkozó részletes ajánlásokat, melyeket Magyarországon is elfogadnak. Hasonló útmutatókat dolgozott ki néhány jelentősebb nemzetközi szövetség is, mint pl. a FIFA (labdarúgás) és az ITF (tenisz).

7.1. A VILÁGÍTÁS MINŐSÉGI JELLEMZŐI

7.1.1. A MEGVILÁGÍTÁS ÉS ANNAK EGYENLETESÉGE

Az említettek szerint a látási feladat a sportág jellegétől és a sportesemény rangjától függ. Az egyes megvilágítási szintek megállapításához figyelembe vesszük a következő tényezőket:

- a pálya adottságait,
- a sportolók és a tárgyak mozgási sebességét,
- a játéktér és a nézők közötti távolságot,
- az észlelendő tárgyak méretét,
- az észlelési időt,
- az észleléshez szükséges fénysűrűség-különbséget (kontraszt),
- az észleléshez szükséges színkontrasztot.

A fentiek alapján általában a horizontális megvilágítás megfelelő nagyságát és egyenletességét szokták megállapítani, nagyobb igények esetén pedig a vertikális és a kamera irányára merőleges megvilágítás szükséges értékét is.

A szabadtéri pályák, valamint a sportcsarnokok leggyakrabban több sportesemény lebonyolítására alkalmasak, ezért a világítási rendszer sem lehet mindig egycélú. A szükséges megvilágítás szintjét a következők szerint rangsorolják azzal a feltétellel, hogy a világítás minőségét mindig az objektumon belül megrendezhető, legszigorúbb igényeket követelő sportág határozza meg (20. táblázat).

20. táblázat.
Néhány sportág megvilágítási igénye

	Megvilágítási szintek (lx)	
	edzés	verseny
Kosárlabda*, röplabda*, kézilabda, cselgáncs, torna, jégkorong, atlétika	300	500
Tenisz, asztalitenisz, vívás, tollaslabda*	500	750
Ökölvívás	300	1500-3000**

* egyedi kapcsolással, illetve elrendezéssel megoldható

** kiegészítő helyi világítással

21. táblázat.
A stadion nagyságával arányosan nőnek a világítási igények

Nézők száma	Max. nézési távolság (m)	Átl. horizontális megvilágítás (lx) (játéktér szintjén)
< 10 000	120	150-250
10 000-20 000	160	250-400
> 20 000	200	400-800

A játéktéren mért minimális (E_{\min}) és átlagos (E_{av}) megvilágítás aránya legalább 1 : 1,5 értékű legyen. Egyes sportok, mint a kézilabda, röplabda és tenisz, szabadtéri pályákon is megrendezhetők, ezáltal a táblázatban felsorolt értékek természetesen ott is érvényesülnek.

A nagy kiterjedésű játéktérre igénylő eseményeket, mint labdarúgó-mérkőzés vagy atlétikai versenyek, stadionokban rendezik meg. Edzés és egyéb tét nélküli események alkalmából elegendő 50-150 lx átlagos horizontális megvilágítás, $E_{\min}/E_{av}=1 : 4$ feltétellel.

A versenyek lebonyolításához szükséges megvilágítási szint a nézők és a játéktér maximális távolságától is függ, azaz a stadion nagyságával arányosan nőnek a világítási igények (21. táblázat).

Kedvező, ha a pálya minden pontjában a vertikális megvilágítás eléri a horizontális megvilágítás felét.

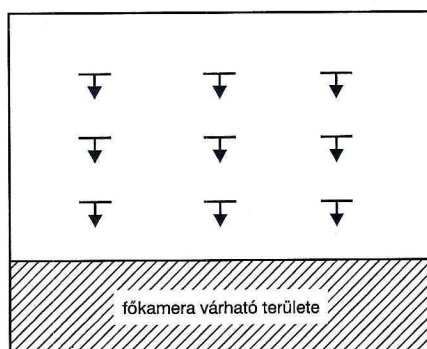
A színes televíziós közvetítésre alkalmas világításnál a kamerák műszaki tulajdonságait veszik figyelembe, mert az elsődleges feladat a megfelelő minőségű kép továbbításának és feldolgozásának a lehetősége. Ebben az esetben nem a horizontális, hanem a vertikális megvilágítás értéke határozza meg a rendszer minőségét. Miközben a játékosok és a nézők a megvilágítás vertikális és horizontális összetevőinek köszönhetően gazdag, háromdimenziós képet

élvezhetnek, addig az emberi szemnél „gyengébb” fényérzékenységű és adaptációjú kamerák csupán síkábrákat érzékelnek, ezért a részükre csak a függőleges felületek (pl. a versenyzők oldalai) hordoznak feldolgozható információt. A főkamera változó pozíciója esetén feltételezett elhelyezkedésének oldalirányából látott vertikális megvilágítást szokták számolni (73. ábra). Fix pozíció esetén a kamera irányú megvilágítás számítása a célszerű méretezési eljárás alapja (74. ábra).

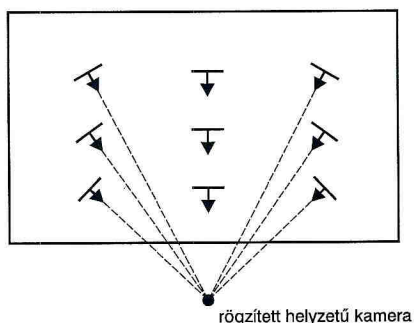
A jó minőségű kép létrehozása annál bonyolultabb:

- minél nagyobb az események mozgási sebessége,
- minél kisebb a mozgó tárgyak mérete,
- minél kisebb a játékos, illetve a tárgy és a háttér közötti kontraszt,
- minél nagyobb a kamera és az általa követett pont közötti távolság.

A színes tv-közvetítés igényeit figyelembe véve a sportágakat három csoportra osztották, elsősorban a pályán történő események mozgási sebességétől függően, melyet a kamerának mindenkor követnie kell (22. táblázat).



73. ábra.
Változó helyzetű kamera elhelyezése



74. ábra.
Rögzített helyzetű kamera esetén
a figyelembe veendő vertikális megvilágítások

22. táblázat.

A sportágak csoportosítása a színes tv-közvetítés igényei szerint

Csoport	Sportág
A	atlétika, biliárd, műugrás, úszás, lövészet, lovaglás, íjászat stb.
B	labdarúgás, kosárlabda, röplabda, kézilabda, gyeplabda, torna, műkorcsolya, gyorskorcsolya, tenisz, sielés, ló-, kerékpár-, motor- és autóversenyzés, cselgáncs stb.
C	ökölvívás, vívás, jégkorong, asztalitenisz, krikett, squash stb.

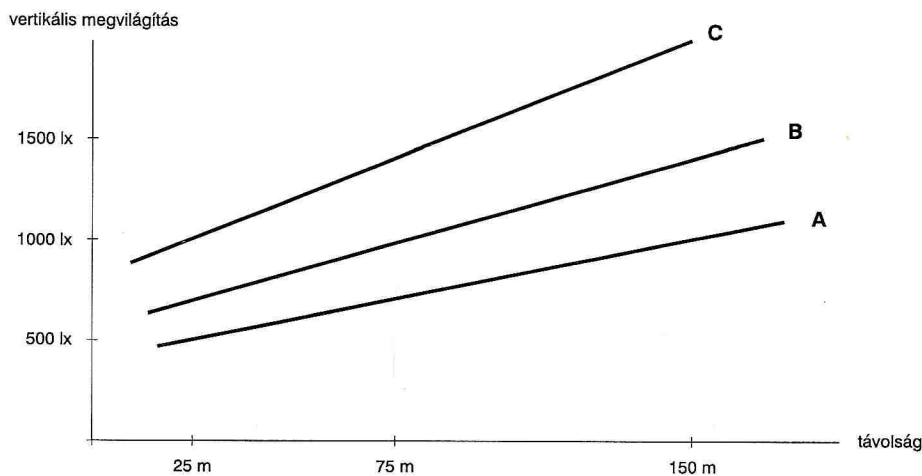
A kielégítő képminőséghez szükséges vertikális megvilágítás alakulását a kamera és az általa követett pont közötti távolság függvényében színes tv-közvetítés esetén a 75. ábra mutatja. A számításokat a játéktér felett 1 m vagy 1,5 m magasságra végzik el.

Az értékeket az 50 dB-es jel/zaj arányú standard kamerára alapozták. Az ún. nagy felbontású televízió (HDTV) részére akár 2000–2500 lx-os vertikális megvilágítás is szükséges, de az egyéb fénytechnikai paraméterek is sokkal szigorúbbak.

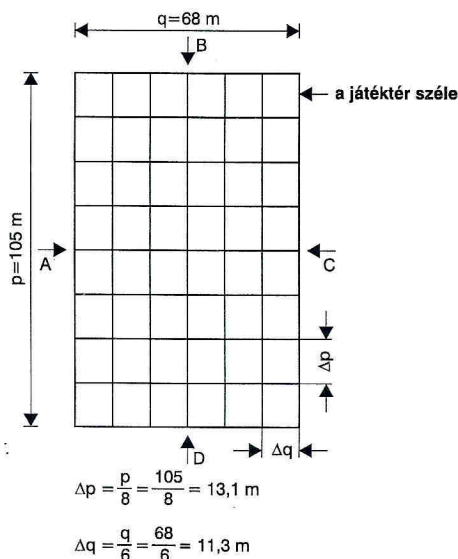
Az egész játéktérre az $E_{v_{min}}/E_{v_{max}}$ 0,4 értéket kell megvalósítani. A világítás „térbeli egyensúlya” céljából a pályát minden főirányból bizonyos szintig meg kell világítani. Célszerű, hogy minden egyes pontban mind a négy főirányból mért vertikális megvilágítás értékei közül a minimális és a maximális aránya legalább 0,3 nagyságú legyen. Ezáltal lehetővé teszik a segédkamerák alkalmazását és kellemes árnyékok képzését is. A horizontális és vertikális megvilágítások aránya: $E_{vav}/E_{hav} = 0,5-2,0$.

A színes televíziós közvetítésre alkalmas világításnál fontos, hogy az E_{hmin}/E_{hmax} arány legalább a 0,5 értéket érje el. A horizontális megvilágítás változása a játéktér mentén 4 méterenként nem lehet 20%-nál nagyobb.

Mivel a sportvilágítási számítások pontmódszerrel történnek, ezért a pontok számának meghatározása a megvalósítandó világítási berendezés minőségének hű leképezését szolgálja. A gyakorlatban a számítási pontok közötti távolság a játéktér nagyságától függ, ezáltal előfordulhat 5 m-es, illetve 10 m-es lépték, de egyes ajánlások szerint általában a pálya hosszabb oldalát 8, rövidebb oldalát pedig 6 szakaszra osztják. Ezáltal 9x7 nagyságú „pontháló” keletkezik, azaz az összesen 63 helyen számított horizontális és vertikális megvilágításból következtetni lehet a világítás legfőbb jellemzőire (76. ábra). Az újabb kiadványok közölnek egy általános diagramot is, melynek alapján a mérési pontok hozzávetőlegesen szükséges számát a megvilágítandó terület nagyságának ismeretében határozzák meg (77. ábra).



75. ábra.
Vertikális megvilágításértékek a kameratávolság függvényében



76. ábra.
Pontháló sportvilágítási számításához

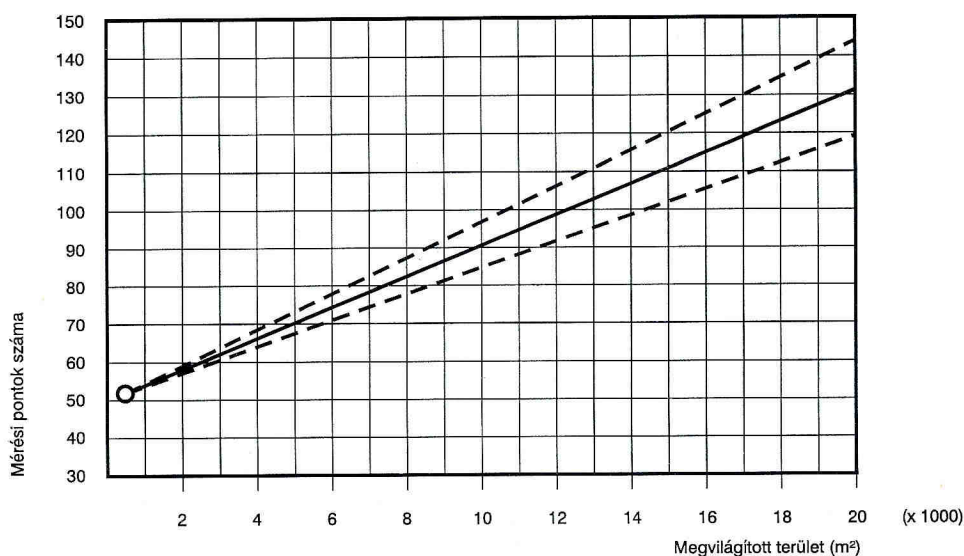
7.1.2. A KÁPRÁZÁS KORLÁTOZÁSA

Köztudott, hogy a fény káprázó hatása csökkenti az emberek látási képességét és rontja a televízió által közvetített kép minőségét. A sportolók nézési iránya gyakran változik játék közben, főleg a labda vagy egyéb sportszer gyors és általában előre kiszámíthatatlan mozgása miatt. Emellett a nézőtérben elhelyezkedő szurkolók és a kamerák sem mindig ugyanazt az irányt figyelik. Ilyenkor gyakorlatilag lehet-

tetlen egy olyan rendszer felépítése, amely mindenki számára teljesen káprázásmentes világítást biztosítana. Ráadásul nem szabad figyelmen kívül hagyni azt a tényt sem, hogy a mesterséges világítás mellett a természetes fény is kedvezőtlen hatású lehet. Mivel a jelenséget nem lehet kiküszöbölni, a mértékét szokták leszorítani egy bizonyos határérték alá. Ennek megállapítására bonyolult számítási eljárások léteznek, melyek alapjául a kialakuló fénysűrűségi viszonyok szolgálnak. A jelenség korlátozása végett néhány gyakorlati módszert is javasolnak, mert a feladat sikerre elsősorban a megfelelő világítótestek kiválasztásán, azok elhelyezésén és beállításán múlik, valamint a fedett pályákat természetes fénnel ellátó bevilágítók kialakításán.

Főleg belső téri világításban:

- A fő nézési irányban lévő lámpatestek fényforrásait a vízszintestől számított kb. 30°-ig árnyékolják. Az ebből az irányból látott világító felület fénysűrűsége a 4000 cd/m² értéket nem haladhatja meg.
- A lámpatesteket átgondoltan rendezik el (pl. röplabdánál ne legyenek közvetlenül a háló felett).
- Az alkalmazott fényforrás fényáramával nő a szerelési magasság.
- Fénycsöves lámpatestek esetén az elhelyezésük lehetőleg párhuzamos a fő nézési iránnyal.
- A játék területére nem juthat a zavaró fényhatást okozó közvetlen napsugárzás.
- Kerülni kell nagy ablakok kialakítását mind a játékosok fő nézési irányában, mind a nézőtérrel és a tv-kamerával szemben; közvetlen és közvetett káprázást okozhatnak ugyanis, a kamerákban pedig túlexponálást.
- Sötétedés után a lámpatestek képe jelenhet meg az üvegen. Ennek megakadályozására világos színű vastag szövetből készült függönyöket alkalmaznak.



77. ábra.
Mérési pontok javasolt száma a terület függvényében

Szabadtéren (a pályán túl elhelyezett fényvetők esetén):

- A játéktérre irányított fénynyalábok és a vízszintes sík között bezárt ún. beesési szögek minél nagyobbak kell lennie. A már megfelelőnek elfogadott érték 30° : az oszlop legalacsonyabb fényvetőjét a pálya középpontjával összekötő egyenes és a játéktér síkja között bezárt szög (78. ábra).
- A fényvetők lehetőleg távol essenek a fő nézési iránytól.

Ezenkívül:

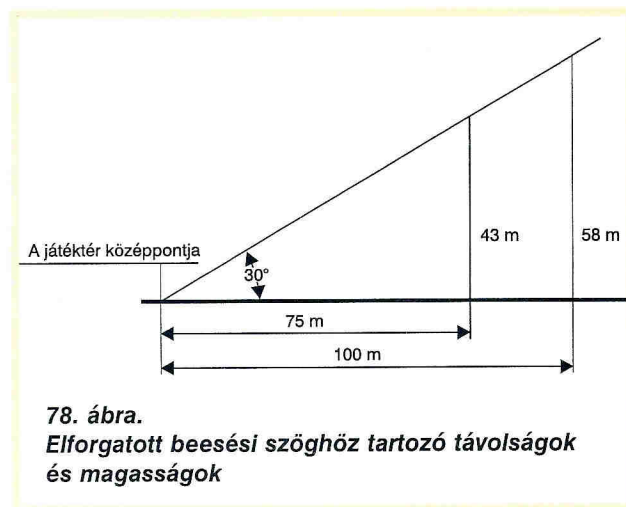
- A lámpatestek látható, világító felületét lehetőleg minimálisra kell csökkenteni, pl. a fényterelők segítségével.
- Kerülni kell a zavaró hatású és a berendezés hatásfokát rontó szórt fényt.

Ha a legkülönbözőbb irányokba néző sportolókra ható káprázást sikerült a megfelelő mértékben csökkenteni, akkor a vízszintestől főleg lefelé tekintő közönség és a kamerák káprázáskorlátozási igényeit kielégítettük.

7.1.3. SZÍNTANI TULAJDONSÁGOK

A sportesemények rangjának függvényében nőnek a világítás színvisszaadásával kapcsolatos igények. Miközben az edzés és egyes amatőr versenyek esetén nincs szükség a színek élethű észlelésére, addig a fontosabb események lebonyolítása, amelyeket ráadásul a televízió is közvetíthet, csak jó színvisszaadás mellett lehetséges. E műszaki jellemzőt az alkalmazott fényforrás típusa határozza meg.

Színes tv-közvetítés esetén a tárgyalt fényforrások közül az 1. színvisszaadási osztályú fémhalogénlámpák és fénycső-



78. ábra.
Elforgatott beesési szöghöz tartozó távolságok és magasságok

vek felelnek meg. A halogén izzólámpák kiváló színvisszaadásúak ugyan, de viszonylag kis fényhasznosításuk miatt alkalmazásuk nagy mennyiségben nem gazdaságos. Edzés céljára a nagynyomású nátrium- vagy a higanylámpa is megfelel.

Kisebb megvilágítási szinteknél (pl. edzés) a meleg szín hőmérsékletű, nagy megvilágítások mellett pedig a hidegebb fény kelti a kedvező hatást. A színes tv-kamerákat általában 3200 K-hez illesztették, de könnyen átállíthatók a nappali fényű 6500 K-ra. Szabadtéri, illetve természetes fényvel rendelkező belső téri sportpályák esetén ajánlatos a 4000 K-nál nagyobb szín hőmérsékletű fényforrások alkalmazása. Rangosabb versenyek lebonyolításához alkalmas pá-

lyák világításánál fontos, hogy az egyidejűleg üzemelő fényforrások azonos színhőmérsékletűek legyenek.

7.1.4. EGYÉB JELLEMZŐK

A lámpatestek elhelyezése meghatározza az árnyékok méretét és élességét. Saroktelepítés esetén általában rövid és erős, oldalvilágításnál pedig viszonylag hosszú és lágy árnyékok képződnek. Az erős árnyékok képződését, mely játék során zavaró hatású lehet, meg kell akadályozni úgy, hogy azonos pontra több irányból érkezzen a fénynyaláb. Viszont az alakok plasztikus, háromdimenziós megjelenítéséhez és a mozgások gyors észleléséhez szükség van az egyenletes, lágy árnyékokra is, melyek kedvezően befolyásolják a láthatóságot. Ezt gyakorlatilag úgy oldják meg, hogy a vertikális megvilágítás értékét a horizontális felére tervezik. A főleg egy kamerával történő tv-közvetítés esetén az összes fényáram legfeljebb 60%-át a kamera felől, 40%-át pedig a szemközti oldalról ajánlatos irányítani.

A sportvilágításban elsősorban a gázkisülő fényforrásokat alkalmazzák, melyek által kibocsátott fényáram változása követi a hálózati frekvenciát. A villogás szabad szemmel nemigen vehető észre, de lassított felvétel esetén a százdmsodpercenként készített képeket hátrányosan befolyásolhatja. Ennek elkerülése céljából a lámpatesteket különböző fázisokra célszerű kapcsolni, vagy nagyfrekvenciával működő elektronikus előtétet alkalmazását javasolják.

A nézőközönséget befogadó sportlétesítmény lelátóját szintén meg kell világítani. Ennek egyik célja a nézők közérzete, másik pedig a játéktér és a háttér közötti nagy fényerősség-különbség elkerülése, amely egyrészt kíméli a szurkolók és a versenyzők szemét, másrészt a tv-kameráknak is biztosítja a megfelelő kontrasztviszonyokat. Ajánlatos, hogy a nézőtér (pálya felől mérve) és a játéktér átlagos vertikális megvilágításai közelítsék meg az 1 : 4 arányt.

A rangosabb versenyek lebonyolítására alkalmas sportpályákat általában fémhalogénlámpákkal világítják meg. A hálózati feszültség kimaradása esetén a fényforrások csak 10–15 perc múlva üzemképesek. A sötétség által okozott pánik elkerülése érdekében izzólámpás, illetve halogénlámpás tartalékvilágítást célszerű biztosítani (kb. 2–10 lx szintű), mely addig világít az akkumulátortelep segítségével vagy az újra megjelent hálózati feszültségről, amíg újra be nem gyűjtanak a kisülőlámpák.

7.2. A VILÁGÍTÓTESTEK ÉS ELRENDEZÉSÜK

A sportvilágítás tervezésekor több szempontot figyelembe véve választják ki a feladatnak megfelelő fényforrásokat és az azokat működtető, a fénynyaláb alakját és irányát meghatározó lámpatesteket. A világítótestek telepítésére és igény szerinti elrendezésére különböző kivitelű és magas-

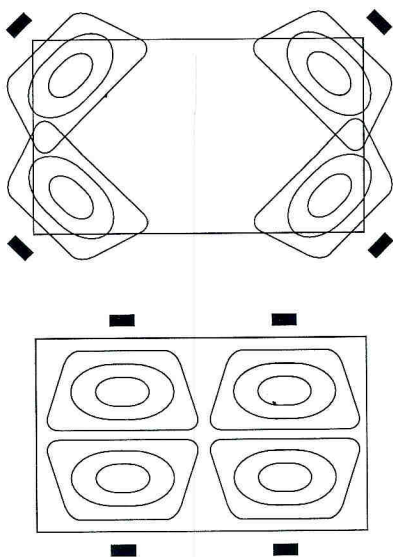
ságú tartószerkezetek szolgálnak, melyek elhelyezése lehetőleg mind a négy fő irányból biztosítja a világítást. Természetesen az egész berendezés koordinálásához szükséges a vezérlőrendszer megfelelő kialakítása.

A fényforrás kiválasztásának általános szempontjairól már szóltunk. A sportvilágítás igényei alapján a fényáram, az igényelt színvisszaadás, a megvilágítási szintnek megfelelő színhőmérséklet, valamint az újragyújtási idő alapján szűkíteni lehet a fényforrások azon körét, amely az adott feladatra alkalmas. A hagyományos izzók és a halogénlámpák csak rövid időtartamú tartalék-, kiegészítő és kiemelő világításra alkalmasak. Színes tv-közvetítés és rangos versenyek esetén csak a fémhalogénlámpák, illetve kisebb termekben a háromsávós fénycsövek üzemeltetése megengedett. Jó minőségű televíziós közvetítés végett célszerű természetes fényhez igazítani a fényforrások színhőmérsékletét az esetleges egyidejű alkalmazásuk esetére.

Talán a fényforrásnál is fontosabb a kívánt célnak megfelelő fénytechnikai és mechanikai tulajdonságokkal rendelkező lámpatestnek a kiválasztása. A szerelési magasság csökkenésével általában jellemző az egyre szélesebb fényerősségeloszlás, ami főleg a belső téri berendezésekben tapasztalható. A relatíve keskenyebb fénynyalábot kibocsátó fényvetők alkalmazását elsősorban az határozza meg, hogy mekkora a lámpatest és a megvilágított pont közötti távolság, valamint ennek relatív nagysága a pálya méreteivel szemben. A berendezés jó hatásfoka céljából a távolság, illetve szerelési magasság növelésével egyre inkább a keskenysugárzó fényvetők részesülnek előnyben. A lámpatestek elhelyezhetősége a játéktér alakjához képest számottevően befolyásolja a fényvetők kiválasztását. A forgásszimmetrikus fényvetőket célszerű a sarok közelében üzemeltetni, míg a vályús típusokat a pálya oldalánál (79. és 80. ábra).

Belső terekben kedvező a szórt fényt adó, nagy vetítő felületű lámpatestek használata, melyek a falak fényvisszaverő tulajdonságait is kihasználják a világítás minőségének növelése érdekében. Bizonyos esetekben (pl. uszodákban) ajánlatos az indirekt világítás létesítése, mely a megfelelő kialakítású felületek segítségével kellemes, részben közvetlen, részben közvetett, káprázásmentes világítást valósít meg.

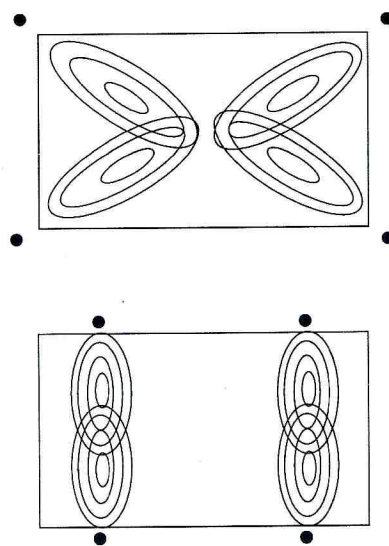
A lámpatestek kiválasztásában nagy szerepet játszik a káros külső hatások csökkentő mechanikai megoldások kialakítása. Kisebbszerelési magasság esetében olyan szerkezettel kell a világítótesteket ellátni, amely a labda, illetve egyéb sportszer ellen védelmet nyújt, valamint fénytérrelőként is szolgál. Az optikai rendszer hatásfokának megőrzésére a szabadtéri világításban legalább IP 54 védetségű fokozatú fényvetőket alkalmaznak az időjárásviszontagságai és a gyors szennyeződés veszélye ellen. Mivel az általában magasra szerelt berendezés nehezen hozzáférhető, ezért célszerű olyan lámpatesteket alkalmazni, melyek megbízható minőségű részegységeik révén minimális karbantartást igényelnek, illetve szükség esetén könnyen szerelhetők.



79. ábra.
Forgásszimmetrikus fényvetők elhelyezése

A világítótestek *optimális elrendezése* és megfelelő irányú beállítása, melynek célja az egyenletes és zavaró tényezőktől mentes világítás létrehozása, gyakran a sportágtól függ, hiszen a látási követelmények is sportáganként változnak. A belső téri létesítményekben a lámpatesteket arányosan helyezik el a mennyezeten. Az oldalvonalak fölött sűrítik a kiosztásukat. A világos felületek és részben az indirekt fény alkalmazása javítja a látási viszonyokat. A játéktér kritikus területe fölött, ahonnan a játékosok gyakran fel szoktak nézni (pl. a röplabda hálójánál), nem helyes lámpatesteket telepíteni. A jobb láthatóság, plasztikus megjelenítés céljából a pálya fölötti téren kívül felszerelt, de a pályára irányított fényvetők segítségével érik el a megvilágítás vertikális komponensének megfelelő értékét. Többfunkciós objektumokban, főleg csarnokokban a sokféle sport- és egyéb tevékenység mindegyikéhez elfogadható kompromisszumot kell találni. Igényes kialakításnál a lámpatestek számának növelésével, elhelyezésük változtathatóságával, különféle kapcsolási és szabályzási lehetőségekkel, valamint a kiegészítő fényvetők alkalmazásával megoldható az egyes sportágak világítási követelményeinek kielégítése.

A szabadtéri sportlétesítmények világítása a játéktéren túl eső oszlopokról, illetve a nézőtér tetőszerkezetén felszerelt fényvetőkkel történik. Labdarúgó- és atlétikai stadion esetén a négy oszlop elhelyezése és magassága a fénynyalábok beesési szögeit határozza meg, melyek döntően befolyásolják a megvilágítás horizontális és vertikális komponenseinek megfelelő arányát, valamint elfogadható szintre csökkentik a káprázást. A legalacsonyabban elhelyezett forgásszimmetrikus fényvetőnek a pálya középpontjába



80. ábra.
Vályús fényvetők elhelyezése

irányított optikai tengelye és a játéktér síkja között bezárt szög legalább 20° , de a káprázás minimalizálása érdekében inkább a 30° -os szöget alkalmazzák (81. ábra). Oldalvilágítás esetén, melyet a nézőtér tetőszerkezetéről vagy alacsonyabb oszlopokon elhelyezett, általában aszimmetrikus fényeloszlású, vályús fényvetőkkel hoznak létre, a pálya hossz tengelyére és a szélére vonatkoztatott beesési szögek javasolt értékei a 82. ábrán láthatók.

7.3. A VILÁGÍTÁS VEZÉRLÉSE

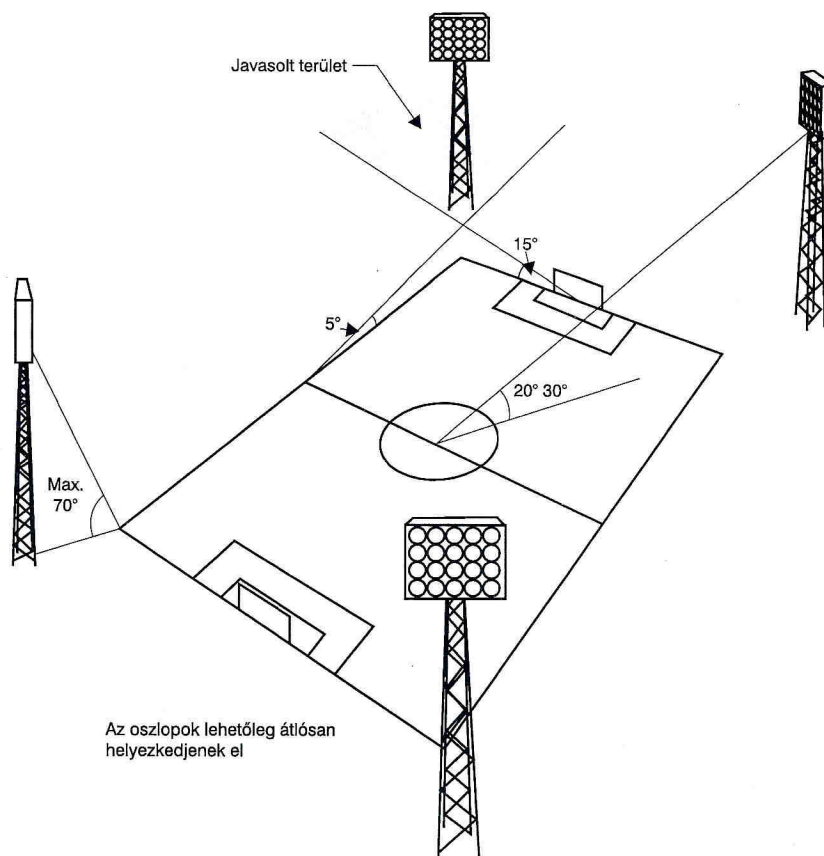
A berendezés rugalmasságát elsősorban a világítótestcsoportok gyakran egymástól független, több fokozatú kapcsolhatósága, szabályozása vagy akár helyváltoztathatósága határozza meg.

A főleg egyetlen sportágra szakosított pályák televíziós igényeket is kielégítő világítását általában egymásra épülő, egyszerű, háromfokozatú kapcsolással oldják meg az edzés, a verseny és a színes tv számára. A különböző rangú és jellegű sport-, kulturális, társadalmi és egyéb események megrendezésére alkalmas korszerű létesítményeket gyakran többszintű világítási rendszerrel látják el. Ezek egymástól független és helyileg is eltérő, időnként szabályozható lámpatestcsoportokat üzemeltetnek. Ilyen összetett feladatok zökkenőmentes és üzembiztos működtetése számítógépes vezérléssel lehetséges. Csak az edzés és amatőr versenyek lebonyolítására szolgáló létesítmények világítását nem szokás többszintű kapcsolással megoldani.

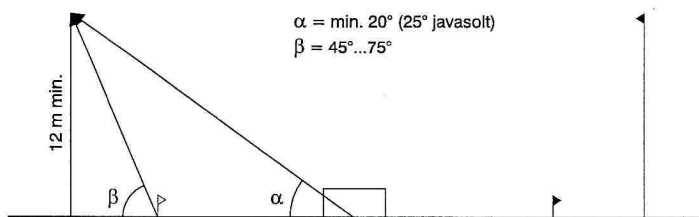
7.4. HATÁROLO FELÜLETEK

A megfelelő látási körülmények megteremtésére a környezeti felületek kialakítása is nagy hatással van. Nagy kiterjedésű szabadtéri pályáknál, ahol gyakorlatilag csak a direkt világítás valósul meg, lehetőség szerint törekednek a láthatóságot növelő háttérszínek céltudatos alkalmazására. A belső téri sportlétesítmények indirekt fényt előállító felületei azonban jelentős szerepet játszanak a megfelelő nagysá-

gú vertikális és horizontális megvilágítás létrehozásában, jó kontrasztviszonyokat, kisebb káprázást és kellemes közérzetet biztosítanak. Ehhez a színeket úgy választják ki, hogy elkerüljék a padló, a fal és a mennyezet között lehetséges nagy fényesség-különbségeket, viszont a játékoknál használt világos színű labdákkal jó kontrasztot teremtenek. A felületek a közvetett káprázás elkerülése céljából matt kiképzésűek.



81. ábra.
Oszlopok és fényvetők javasolt elrendezése



82. ábra.
Javasolt szögértékek oldalvilágítás esetén

IPARI VILÁGÍTÁS

8.1. AZ IPARI LÉTESÍTMÉNYEK CSOPORTOSÍTÁSA

Az ipari létesítményeket – rendkívüli sokféleségük miatt – a következő csoportosítás alapján tárgyaljuk.

- Az épített környezet belső téri vagy szabadtéri.
- A terület jellege: nem veszélyes vagy veszélyes (tűz- és robbanásveszély, por- és vegyi hatások stb.); belső téren ezeken kívül száraz vagy nedves; szabadtéren az időjárási körülményeken (hó, jég, szél stb.) túlmenően poros és nedves.
- A tevékenység jellege: technológiai munkavégzés (pl. szerelés); rakodás-tárolás; közlekedés (gyalogosan és/vagy járművel); ellenőrzés-vizsgálat; kiszolgáló tevékenység (pl. irodai munkák).
- Geometria: alak és nagyság; a belvilágítók elrendezése és nagysága; a megvalósítható fénypontmagasság.

8.2. KÉTFÉLE JELLEGZETES IPARI TEVÉKENYSÉG VILÁGÍTÁSA KÉTFÉLE JELLEGZETES IPARI TERÜLETEN

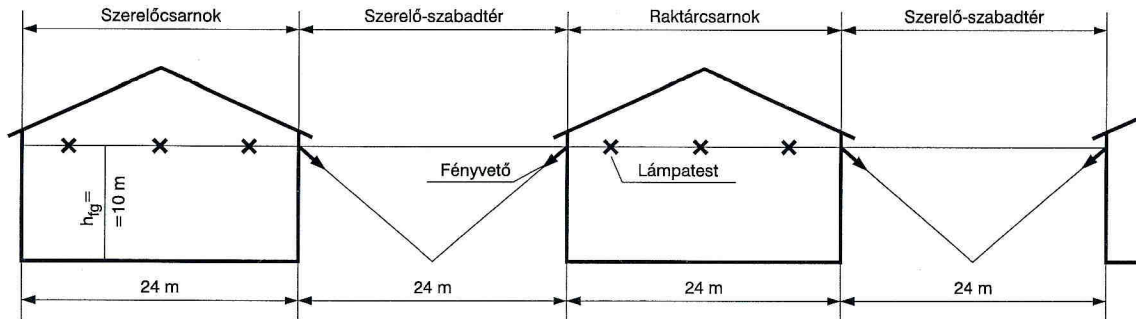
Az ipari létesítmények sokfélesége világítási berendezéseikre hatványozottan érvényes, ezért kétféle jellegzetes területre telepített két-két jellegzetes alaptevékenység – és azokat kiszolgáló tevékenységek – világítását tárgyaljuk a következőkben.

- A kétféle jellegzetes ipari terület: csarnoképület (mint belső tér) és szabadtéri munkahely.
- A kétféle jellegzetes ipari tevékenység: szerelés (mint technológiai munkavégzés) és rakodás (tárolási tevékenységgel együtt).
- A kiszolgáló tevékenységek: személy és/vagy járműközlekedés, (kiszolgáló) rakodás és (kiszolgáló) ellenőrzés.

8.2.1. A NÉGYFÉLE IPARI VILÁGÍTÁS LÉTESÍTÉSÉNEK ÁLTALÁNOS SZEMPONTJAI

A létesítés (tervezés + kivitelezés) szempontjait a szabványelőírások és a gyakorlati tapasztalat határozzák meg.

Ami a világítás általános jellemzőit illeti, az E_{min}/E_{av} -nak belső téren legalább 0,33-nak, szabad téren legalább 0,2-nek kell lennie. 6000 óránál kisebb élettartamú és 60 lm/W-nál rosszabb fényhasznosítású fényforrást sem üzemi, sem átmeneti világításra nem célszerű használni. Az újragyújtási időnek bármely rendeltetésű világításnál 0,1 perc alatt kell lennie.

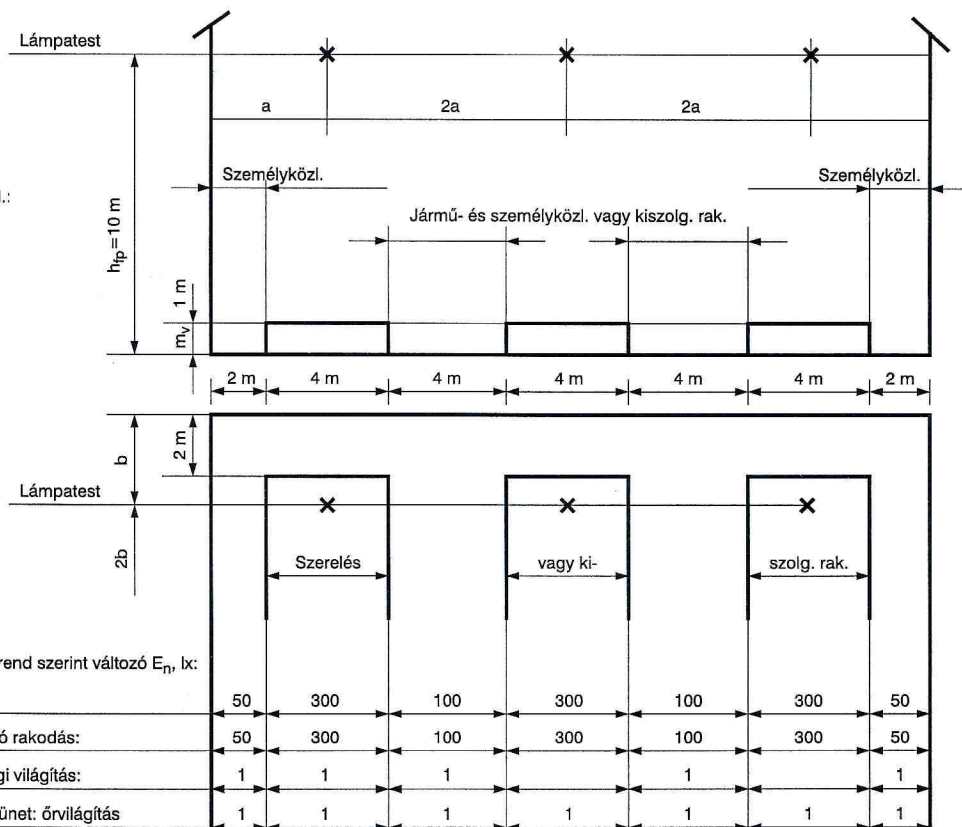


83. ábra.
A négy jellegzetes ipari terület

Szerelőcsarnok

Fényforrás:
– üzemi vil.: nátriumlámpa
– átmeneti vil. + bizt. vil. + őrvil.:
elektronikus műk.

Lámpatest:
– közvetlen sugárzó

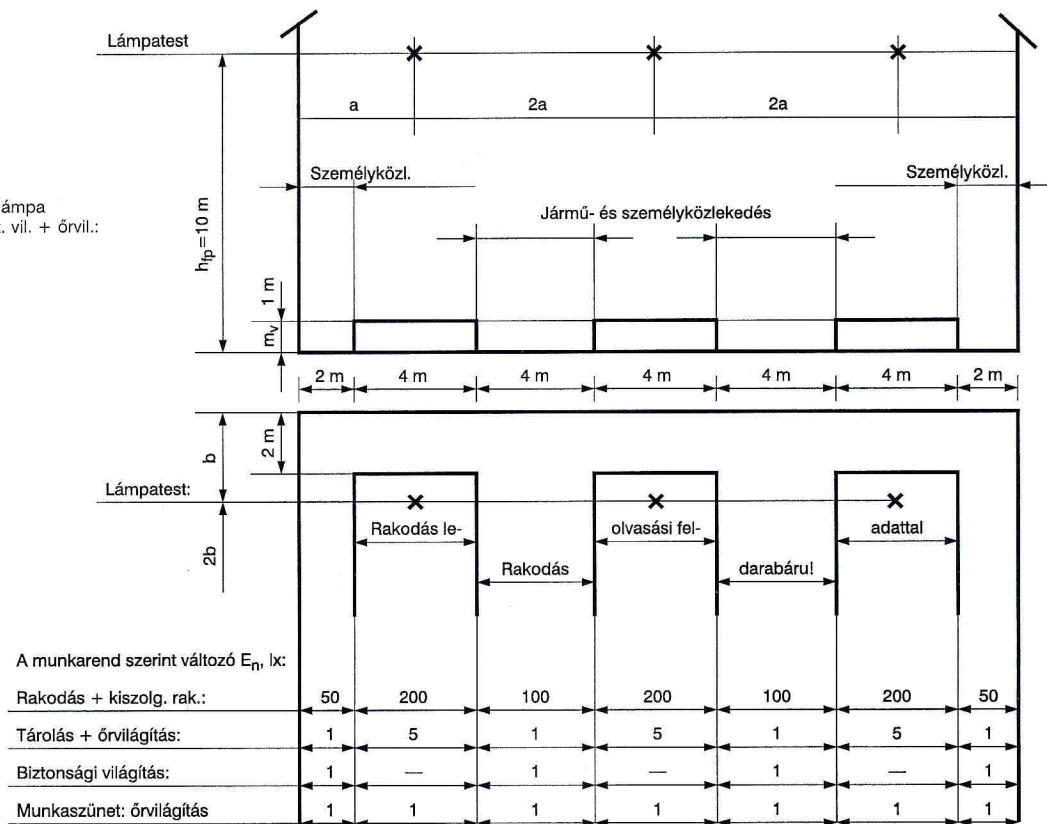


84. ábra.
24 m széles szerelőcsarnokban a világítótestek elhelyezése és a szükséges megvilágítási szintek

Raktárcsarnok

Fényforrás:
 - üzemi vil.: nátriumlámpa
 - átmeneti vil. + bizt. vil. + őrvil.:
 elektronikus műk.

Lámpatest:
 - közvetlen sugárzó



85. ábra.
Raktárcsarnok világításának jellemzői

Megjegyzések: 1. Az általános jellemzők részben függenek az adott területtől és/vagy tevékenységtől. 2. A speciális jellemzők teljesen az adott területen folyó adott tevékenység függvényei.

A könnyebb összehasonlíthatóság kedvéért a négyféle terület sok tekintetben azonos vagy legalábbis hasonló. Azonos a terület alakja, nagysága, a bevilágítók elrendezése és nagysága, az alap és a kiszolgáló tevékenységek területe, a fénypontmagasság, és végül a fényforrás: a nátriumlámpa. Hasonlóak a lámpatestek és azok elrendezése a csarnokokban (az ablaksorhoz, a munkahelyekhez és a közlekedőkhöz illesztett orientált általános világításnak megfelelően!). Hasonlóak a lámpatestek és azok elrendezései a szabadtéri munkahelyeken (a területek oldalait határoló épületek oldalfalait tartószerkezetként felhasználva) (83. ábra).

A különbség a létesítményenként különböző megvilágítási igényt kielégítő, különböző fényforrás-teljesítményt használó, különböző lámpatestek kiosztásában jelentke-

zik. Az előírt megvilágítási szintek nemcsak a rendeltetéstől (üzemi, őrvilágítás stb.), a területtől (belső, szabadtéri), a tevékenységtől (szerelés, rakodás) függően különböznek a négyféle létesítményben. Egyetlen létesítményen belül is változnak térben és időben! Ennek oka a munkarend (alaptevékenység, majd kiszolgáló tevékenységek időszaka, éjszakai és hétvégi munkaszünetek, karbantartási leállások stb.). A munkarendtől függő megvilágítási igények a 84–87. ábrákon tanulmányozhatók. A négy létesítmény közül a következőkben a szerelőcsarnokét részletezzük.

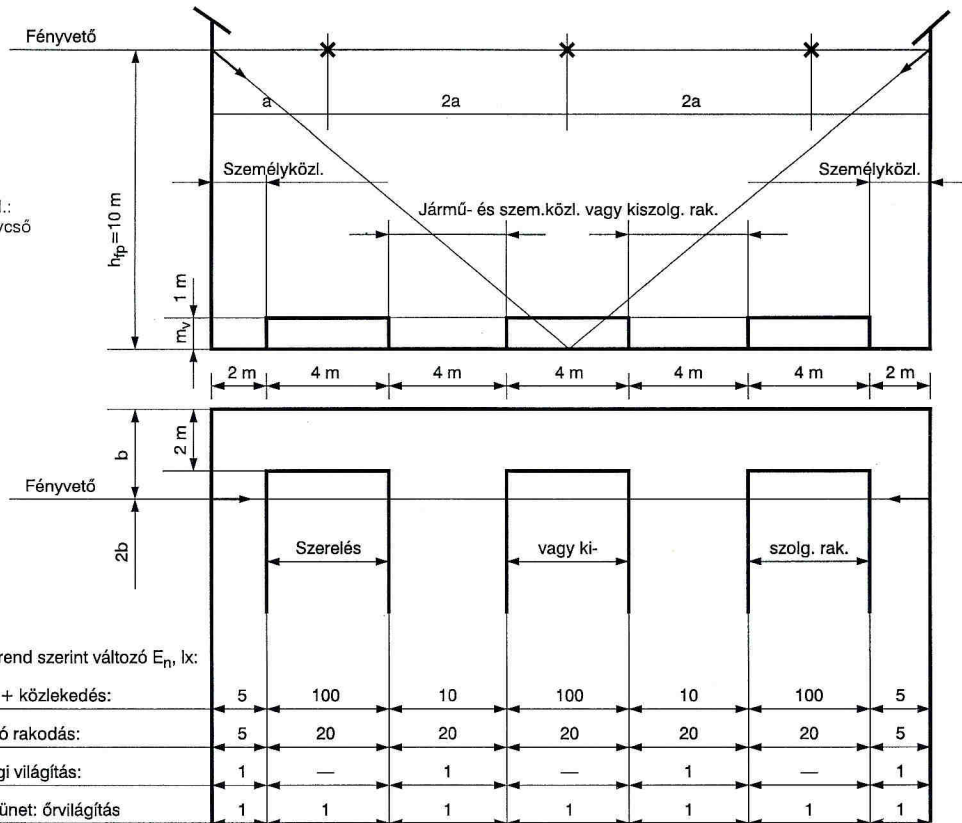
8.2.2. A SZERELŐCSARNOK VILÁGÍTÁSI IGÉNYEI

A szerelőcsarnokban az alaptevékenység a szerelés ($E_n=300$ lx). Ezt kiszolgálja egyrészt a „széles” utakon a személy- és járműközlekedés ($E_n=100$ lx), a „keskeny” utakon a személyközlekedés ($E_n=50$ lx). A munkarend

Szerelő-szabadtér

Fényforrás:
 – üzemi vil.: nátriumlámpa
 – átmeneti vil. + bizt. vil. + őrvil.:
 elektronikus műk. lineáris fénycső

Fényvető:
 – aszimmetrikus



86. ábra.
Szabadtéri szerelő munkahely világításának jellemzői

szerinti „kiszolgáló rakodás” (E_n = 100 lx) – a keskeny utak kivételével – a teljes területet igénybe veheti.

Az üzemi világítás céljára megfelelő paramétere alapján a nagynyomású nátriumlámpát választjuk.

Az átmeneti világításra E_n és e helyett „a minden munkahelyről legalább 2 db – átmeneti világítási – lámpatest látthatósága” a követelmény. Erre a célra 58 W-os hagyományos fénycsövet választunk, amely elektronikus előtéttel működtetve 0,1 percen belül újragyújt a pillanatnyi feszültségkimaradás után. (Az üzemi világítással együtt kapcsolandó!)

A kijáratok biztonsági világítására az úttengelyben 1 lx horizontális megvilágításnak – egyenletességi előírás nélkül – kell lennie. (Ha a munkahelyet veszélyesnek minősítenék, akkor a munkahelyi biztonsági világításnak 5 lx lenne a megkövetelt értéke.)

Az őrvilágítást a csarnokban munkaszünetben folyamatosan, a szabadtéren időszakosan (az ellenőrzés rövid idő-

tartamára) bekapcsolva javasolt alkalmazni, 1 lx átlagos megvilágítással a teljes területen.

Biztonsági és őrvilágításra indokolt ugyanazt a fényforrást (és működtetést) választani, amelyet átmeneti világításra választottunk ki.

A lámpatestek kiválasztásánál a mechanikai, érintésvédelmi és fénytechnikai szempontokat együttesen kell figyelembe venni.

Esetünkben a csarnokvilágítók legalább IP 20, a fényvetők legalább IP 23 védettségűek legyenek! Az előírtnál nagyobb fokozatú védettségnek nemcsak előnye (a fényforrás és a vetítőfelület kevésbé szennyeződik), hanem hátránya (általában kisebb hatásfok, drágább) is van.

Minden lámpatestnek I érintésvédelmi osztályúnak kell lennie.

A fénytechnikai szempontok közül az egyik legfontosabb a lámpatest fényeloszlásának alakja. A 84. és 85. ábra szerinti geometriai viszonyok és megvilágítási igények alapján

a 88. ábrán bemutatott szélesen sugárzó csarnokvilágítót választottuk.

Az említett szerelőcsarnokra vonatkozó adatok a következők:

- Hosszúság: 64 m
- Szélesség: 24 m
- Magasság: 10 m
- Munkasík magassága a padlótól: 1 m
- Tervezési tényező: 1,25
- Reflexiós tényezők:
 - ρ padló 0,2; a többi felületé: 0
- Fényforrás: nagynyomású nátriumlámpa
 - Egységtelj: 400 W
 - Fényáram: 50 000 lm
- Lámpatest: szélesen sugárzó csarnokvilágító
- Lámpatestenként felvett teljesítmény: 415 W
- A számítógépes futtatás eredményeként
 - Világítótestek száma: 24
 - Átlagos horizontális megvilágítás: 405 lx
 - Teljes beépített teljesítmény: 9,96 kW

Fajlagos teljesítmény: 6,48 W/m²

A 88. ábra az alkalmazott lámpatestet, a 89. ábra a lámpatestek elhelyezését és a számítógép által megjelenített tónusábrát mutatja be.

A szabadtéri szerelőhely világítására aszimmetrikus fényvető alkalmazása célszerű.

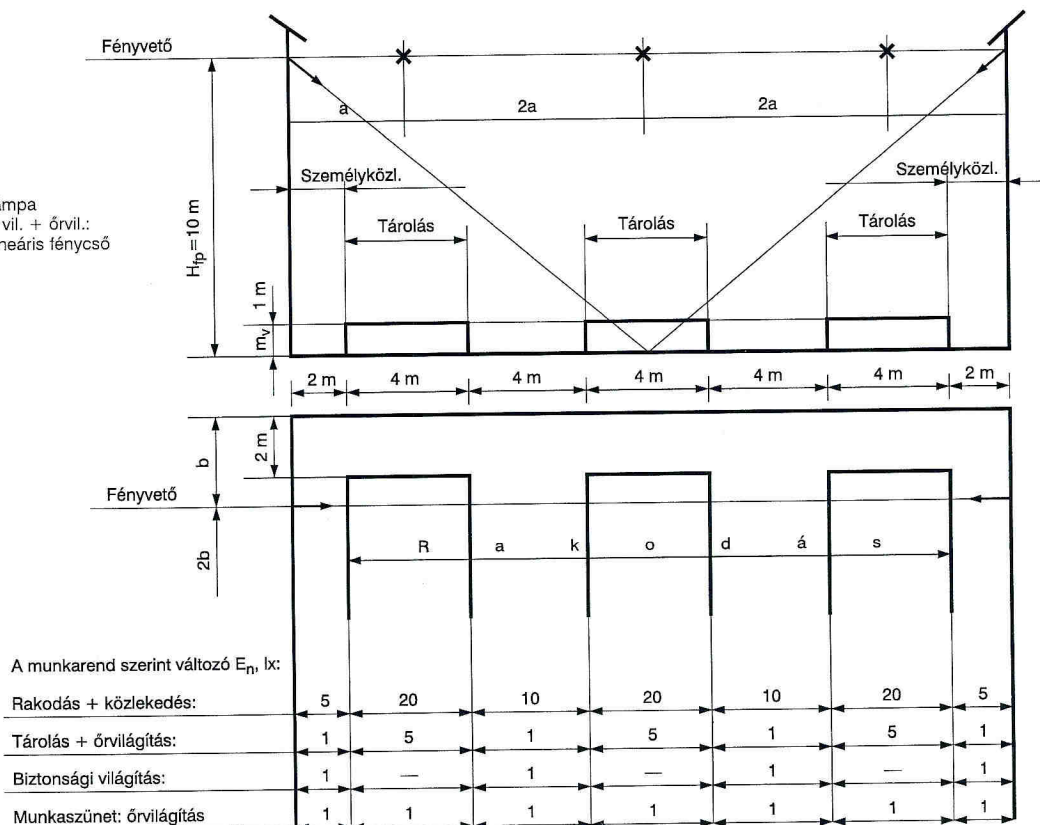
8.3. KAPCSOLHATÓSÁG, SZABÁLYOZÁS

Az ipari világítási berendezésekben is meg kell oldani a többfokozatú kapcsolhatóságot, valamint a folyamatos szabályozhatóságot (dimmelhetőséget). Ezért a kapcsolástechnikának követnie kell

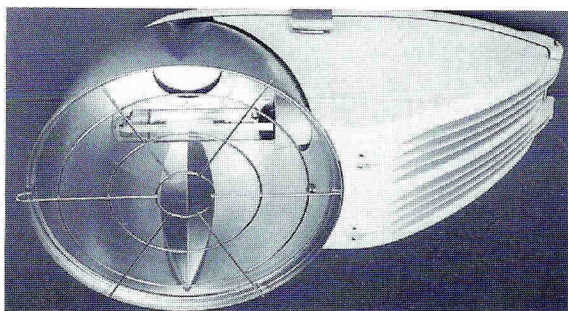
- a természetes világítás irányát és arányát,
- a végzett tevékenység térbeli és időbeli változásait, ezenkívül alkalmaznia kell az adott feladatnak megfelelő optimális fokozatot.

Rakodó-szabadtér

- Fényforrás:
 - üzemi vil.: nátriumlámpa
 - átmeneti vil. + bizt. vil. + őrvil.: elektronikus műk. lineáris fénycső
- Fényvető:
 - aszimmetrikus



87. ábra. Szabadtéri rakodó terület világításának jellemzői

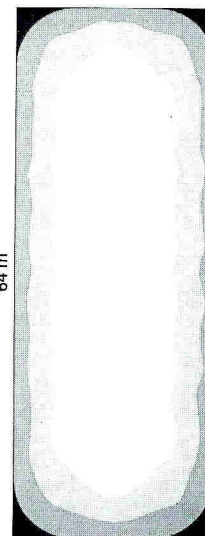


88. ábra.
Szélesen sugárzó csarnokvilágító lámpatest
(nyugat-európai cég)

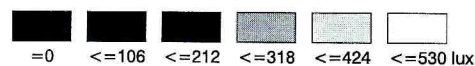
Kézi kapcsolókkal is lehet pénz- és energiatakarékosan kapcsolni! A kulcsszavak: SZERVEZÉS (pl. utasítástáblázat sorszámozott kapcsolókkal) és RETESZELÉS (a világítást bekapcsolva felejtők, továbbá a túl lelkiismeretesen – sűrűn – kapcsolgatók kivédésére).

A vezérlés egyszerű készülékei az egymással sorba kötött fénykapcsoló és programozható időkapcsoló. (Fő- és áthidalókapcsolók mindig szükségesek!)

Automatikus berendezéssel a mesterséges világítás a természetes világítástól függően szabályozható. (A világítási energiaköltség-megtakarításból számolható az automatika létesítési költség-többletének megtérülési időtartama.)



89. ábra.
A megvilágítás eloszlását szemléltető tónusábra a megvilágításokhoz tartozó árnyalatok megjelölésével



AZ ENERGIATAKARÉKOSSÁG LEHETŐSÉGEI A VILÁGÍTÁSTECHNIKÁBAN

9.1. TAKARÉKOSSÁG ÉS GAZDASÁGOSSÁG

Az élet minden területén, így a világítástechnikában is az egyik alapvető feladat a gazdaságos megoldások keresése és megvalósítása. A fényforrások, az azokat működtető lámpatestek és egyéb eszközök technológiai fejlesztésének legfőbb céljai között szerepel a kellemes, de több szempontból „olcsó” fény létrehozása. Ennek fontos feltétele az energiatakarékos, bár a különböző, de rendeltetészerű világítási berendezések gazdaságosságát összehasonlító elemzés során természetesen nem szabad megfeledkezni a beruházási, üzemeltetési és karbantartási költségeknek az igénybe vett energia áráról független tényezőiről. Többek között számolni kell az egyes felhasznált készülékek és anyagok árával, élettartamával, hatásfokával, minőségével, megbízhatóságával. A régi berendezés kiváltására hivatott új rendszer csak akkor tekinthető gazdaságosnak, ha létesítése az élettartamánál is rövidebb idő alatt térül meg a régihez viszonyított üzemeltetési-költség-megtakarításokból. Egy új objektum világításának tervezésekor a feladatnak megfelelően fénytechnikailag és ergonómiai helyes megoldások közül nem egyértelműen mindig az a legjobb választás, amely a legkisebb beruházási költségekkel jár. A különböző berendezések gazdaságosságának megállapításához figyelembe kell venni a későbbiek során felmerülő egyéb kiadásokat is. Azok birtokában a viszonylag bonyolult pénzügyi elemzések révén kellő pontossággal meghatározható a legkisebb ráfordítású, azaz összköltségű világítási rendszer.

A gazdaságosság tehát összetett fogalom, mely nem mindig azonos a takarékos-sággal, ez utóbbi szélsőséges esetben azt is jelentheti, hogy a villamos energiát akár ki lehet kapcsolni. A világítási berendezés rendeltetészerű működéséhez azonban szükség van állandó energiaforrásra, melyet lehetőleg pazarlás nélkül, a leghatékonyabban kell felhasználni. A fejezet további részében gyakran előforduló „energiatakarékos-ság” kifejezésen tehát csak az ésszerű takarékos-ságot, illetve energiahatékonyságot és ezáltal a gazdaságosságot is támogató eljárásokat és eszközöket kell érteni. A fejezet célja, hogy rávilágítson a tervezői és az üzemeltetési munka során igen gyakran elhanyagolt kérdések fontosságára, és néhány gondolat segítségével ösztönözzön az ötletek és a lehetőségek közötti mérlegelésre, valamint az optimális megoldás keresésére.

9.2. AZ ENERGIATAKARÉKOSSÁG ÉSSZERŰSÉGE ÉS SZÜKSÉGESSÉGE

Az okos takarékoskodás tehát nem jelenti azt, hogy kényelmi, biztonsági, egészségügyi szempontok ellenére csökkentse a fűtés vagy a világítás szükséges szintjét. Az embernek lehetőleg úgy kell takarékoskodnia, hogy komfortérzete, élelszínvonala és kényelme érdemben ne csökkenjen.

- A világításban elsődleges cél a látási feladatnak megfelelő fénytechnikai feltételek biztosítása, és csak azután kell keresni a hozzáillő, leggazdaságosabb megoldást. Milyen mikro- és makrogazdasági tényezők szólnak az energiatakarékoság mellett?
- Az egyéni fogyasztóknál kevesebb felhasznált energia kisebb villanyszámlát eredményez.
- A nyereségorientált vállalatok életében a csökkentett energiaigény kisebb üzemelési költségekkel jár, ami javítja a cégek versenyképességét.
- Az állami költségvetésből gazdálkodó intézmények bármilyen nemű kiadásainak lefaragása szükséges a zavarmentes működésükhöz.
- Nemzetgazdasági szinten a kisebb villamosenergia-fogyasztás szükségtelenné teszi új erőművek építését az adófizetők pénzéből.
- Az energiahordozókban szegény országok csökkenthetik az exportőröktől való gazdasági függésüket.
- Az ipari fejlődéssel együtt rohamosan növekvő energia-termelés lassítása a Föld véges nyersanyagkészleteinek kisebb mértékű kiaknázását jelenti.
- Az energiatakarékos megoldásokkal csökkentett energiaigénynek köszönhetően kevesebb hulladék kerül a levegőbe, a vízbe és a talajba, ami a természetes környezet megóvását szolgálja.

9.3. AZ ENERGIAMEGTAKARÍTÁS ESZKÖZEI A VILÁGÍTÁSTECHNIKÁBAN

Becslések szerint Magyarországon a villamos energia 12–13%-át a mesterséges fény előállítására fordítják. Ennek fontosságát még jobban hangsúlyozza az a tény, hogy az emberi tevékenységek legtöbbszöréhez szinte nélkülözhetetlen a világítás. A leggyakoribb munkahelynek számító irodák világítása a felhasznált energia költségeinek 30–50%-át teszi ki. Ráadásul a szükséges villamos energia legnagyobb része az ún. energetikai csúcsidezákra esik, és a téli időszakban a rendszer összterhelésének akár 40%-át elérheti. Az abszolút számokban megadott, világítási célú országos felhasználás nem elhanyagolható, mert évi kb. 4000 GWh elfogyasztott villamos energiát jelent, melynek jelentős része a korszerű és ésszerű műszaki megoldások révén megtakarítható.

Az energiahatékony világítási berendezés tervezését és megvalósítását több tényező kedvezően befolyásolja:

- nagy fényhasznosítású és kis fényáram-csökkenésű fényforrások alkalmazása;
- kedvező hatásfokú és megfelelő kivitelű lámpatestek kiválasztása;
- a világítási rendszer „rugalmas” kialakítása;
- kis veszteségű előtétetek alkalmazása;
- rendszeres és tervszerű karbantartás;
- a belső terek felületeinek megfelelő kialakítása;
- a természetes fény kedvezőbb hasznosítása;
- az energiatakarékos világítás előnyeinek népszerűsítése;

- a hatóságok és a gazdasági szféra köreiből eredő határozott jogi, erkölcsi és anyagi támogatás.

9.3.1. A FÉNYFORRÁSOKBAN REJLT LEHETŐSÉGEK ÉS KORLÁTOK

A villamos energia hatékony felhasználása nagy részben a világítási berendezésben alkalmazott fényforrás típusán múlik. A 23. táblázat az általános világításban alkalmazott fő típusok fényhasznosításának fejlődését mutatja:

23. táblázat.
A fényhasznosítás fejlődése

Típus	Bevezetés éve	Max. fényhasznosítás ¹⁾ (lm/W) egykori és 1997. évi	
Izzólámpa (wolframszálas)	1905	8	19
Higanylámpa	1932	32	60
Kisnyomású nátriumlámpa	1932	67	205
Fénycső	1936	25	106
Halogénlámpa	1959	18	30
Fémhalogénlámpa	1964	65	102
Nagynyomású nátriumlámpa	1965	90	150
Kompakt fénycső	1980	50	87
Indukciós lámpa	1991	65	80

¹⁾ Kisülőlámpák esetén az előtét vesztesége nélkül

A műszaki haladás lehetővé tette, hogy az egyes lámpacsaládokon belül a fényhasznosítás a többszörösére növekedjen. Ezáltal egy terület azonos megvilágításának létrehozásához az ún. fajlagos teljesítményigény (Wm^{-2}) fényforrástípusonként változóan, de jelentősen csökkent. Természetesen nem mindegyik fényforrás használható tetszőleges helyen. Egyéb műszaki és esztétikai szempontok is befolyásolják az általános világítási célú lámpák alkalmazási területét. Ezért a szükséges energiatakarékos típust csak egy szűkebb termékkörből célszerű választani (24. táblázat).

9.3.1.1. Izzólámpa vagy kompakt fénycső?

Magyarországon kb. 3,5 millió háztartásban van átlagosan mintegy 10 db hagyományos izzólámpa. 1994-ben a lakosság kb. 9800 GWh villamos energiát fogyasztott. Ennek közel 10%-át fordították világításra. Makrogazdasági szempontból ez az óriási fogyasztás egyidejűleg nagy megtakarítási lehetőségeket rejt magában. Éppen ez ösztönözte a kutatókat arra, hogy olyan energiatakarékos lámpákat fej-

24. táblázat.
A fényforrások alkalmazási területe

	Lakás	Iskola	Iroda	Üzlet	Vendégl.	Ipari	Köztér	Sport
Izzólámpa	***	*	*	**	**	*	N	N
Halogénlámpa	**	*	**	***	***	*	*	*
Fénycső	***	***	***	***	***	***	**	***
Kompakt fénycső	***	***	***	***	***	**	**	*
Fémhalogénlámpa	N	*	**	***	**	***	**	***
Higanylámpa	N	N	N	N	N	**	*	N
N. ny. nátriumlámpa	N	N	N	N	N	***	***	*
Indukciós lámpa	N	*	*	**	**	***	*	N

Jelmagyarázat: *** kiváló ** jó * elfogadható N nem alkalmas

lesszenek ki, amelyek mérete és egyszerű kezelhetősége felválthatja a megszokott hagyományos fényforrást. A kompakt fénycső kifejlesztésével és annak folyamatos műszaki és esztétikai tökéletesítésével bővült a vásárlók választási lehetősége.

Mennyit takaríthat meg egy állampolgár azzal, hogy a 100 W-os izzólámpát lecseréli a több fényáramot és világítási komfortérzetet keltő 23 W-os kompakt fénycsőre?

Fényforrástípus:	izzólámpa	kompakt fénycső
Teljesítmény (W):	100	23
Fényáram (lm):	1380	1500
Üzemelési idő (h):	10 000	10 000
Átlagos élettartam (h):	1000	10 000
Üzemelés alatt felhasznált mennyiség (db):	10	1
Elfogyasztott energia (összesen) (kWh):	1000	230
Relatív fogyasztás (%):	100	23

Egy 23 W teljesítményű kompakt fénycső 770 kWh-val, azaz 77%-kal kevesebb energiát fogyaszt élettartama során. Ez az adat jól érzékelhető a havonta érkező villanyszámla összegében. Ha minden háztartás nappali szobájába egyetlen kompakt fénycső kerülne a hagyományos lámpa helyére, és napi 3 órát üzemelne, akkor az erőművek kapacitása közel 300 MW teljesítménnyel csökkenthető lenne. Ezáltal a nemzetgazdasági szintű éves megtakarítás meghaladná a 300 GWh-t. Becslések szerint az országos villamos hálózaton kb. 45–50 millió darab izzólámpát tartanak számon.

Energiatakarékosági okokból akár az összes izzólámpát le lehetne cserélni, de a fogyasztói szintű beruházás gazdaságosságának különböző megközelítésű elemzései azt bizonyítják, hogy csak ott van értelme a cserének, ahol a fényforrás napi több órán át működik. Mivel Magyarországon folyamatosan változnak a banki kamatok, és a villamos energia ára is az inflációt meghaladó ütemben nő, ezért nem könnyű előre jelezni a megtérülés idejét. A jelenlegi számítások azt mutatják, hogy napi 3 órás üzemelés

esetén a 20 W egységteljesítményű kompakt fénycső 3 éven belül térül meg. Az átlagos élettartamából hátralévő 7 év tisztán nyereséges időszaknak tekinthető. A várakozások szerint csökkenő infláció és a reálértékben növekvő energiaár rövidíti majd a megtérülési időt, bár a széles választékú kompakt fénycsövek kisebb egységteljesítményű típusaival kevésbé látványos megtakarítási eredményeket lehet elérni.

9.3.1.2. A belső téri világítás pillére – a fénycső

Az iskolák, középületek, kereskedelmi helyiségek, irodák és egyéb munkahelyek általános világítását hagyományos (egyenes) fénycsövekkel lehet a leggazdaságosabban megoldani.

A 25. táblázat és a 90. ábra a közel hasonló teljesítményű és optimális körülmények között üzemelő fénycsövek relatív energiafogyasztását mutatja be, alapul véve a 38 mm-es standard fénycsövet.

A fénycsöves világítás tervezésekor a fényforrás megfelelő kiválasztásával akár 33%-kal csökkenthető a rendszer beépített teljesítménye, és ezáltal a szükséges világítótestek száma is. Egy 1000 db 40 W egységteljesítményű fénycsöves ipari csarnok világítása – napi 16 órás üzemidővel – évente kb. 200 MWh villamos energiát fogyaszt. A rendszer korszerűsítésével csupán a modern fényforrások alkalmazása révén évi 70 MWh takarítható meg.

A meglévő berendezések felújításánál, illetve karbantartásánál a korszerűsítési lehetőség természetesen függ a rendelkezésre álló összegtől. Bár a szűkös anyagi helyzet miatt többnyire a régi lámpatestekben csak a fénycsövek cseréjét teszi lehetővé, kedvező esetben a T 12 típus helyére a háromsávos T 8 kerülhet. A fényforrások száma ugyan nem változik, s az energiafogyasztás legfeljebb

25. táblázat.
A fénycsővek energiahatékonysága

Fénycsőtípus:	38 mm-es, standard (T 12)	26 mm-es, standard (T 8)	26 mm-es, háromsávós (T 8)	16 mm-es háromsávós (T 5)
Teljesítmény (W):	40	36	36	35
Fényáram (lm):	2800	2850	3350	3650
Fényhasznosítás ¹⁾ (lmW ⁻¹):	70	79	93	104
Színvisszaadási fokozat:	2 B	2 B	1 B	1 B
Relatív fényáram az élettartam végén (%):	70	70	95	95
Relatív energiafogyasztás (%):	100	89	75	67

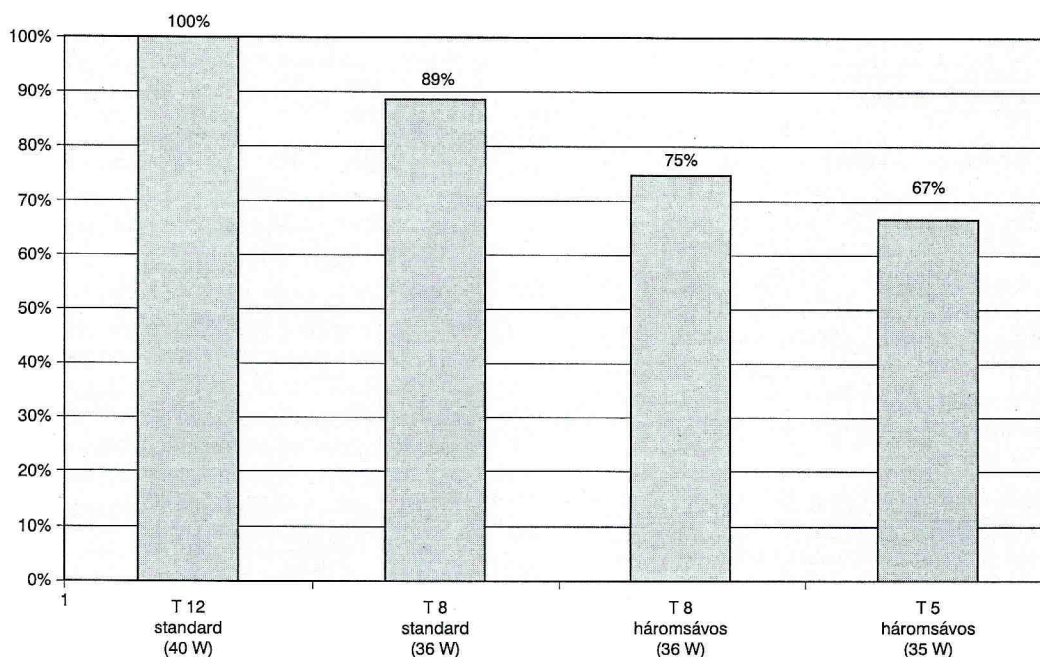
¹⁾ az elővesztés nélkül

10%-kal csökken, viszont a kiváló színvisszaadás a megvilágítás szintjét közel 1,5-szeresére növelheti, és ez már jelentős előrelépés egy alulvilágított iskolai tanterem esetén. A korszerű T 5 típusú fénycső alkalmazása már szükségesé teszi a lámpatestek cseréjét, mert többek között csak elektronikus előtéttel üzemeltethető.

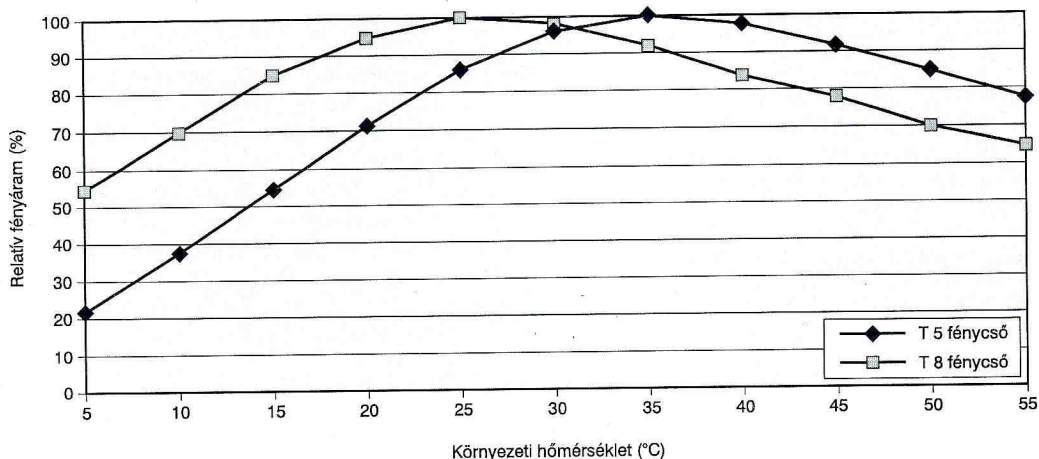
A 38 mm és 26 mm átmérőjű fénycsővek névleges fényárama 25 °C környezeti hőmérsékleten érhető el. Az alumíniumtükörrel vagy zárt burával rendelkező belső téri lámpatestekben a fényforrás környezetének hőmér-

séklete általában meghaladja az optimális munkapont feltételeit. Ez pedig fényáramcsökkenést von maga után, ami a tervezettnél kisebb megvilágítást eredményez. A korszerű T 5 típusú fénycsővek névleges fényárama 35 °C-os hőmérsékleten jön létre, tehát az üzemeleti körülmények jobban megfelelnek az elvárt energiahatékonyságnak.

Hasonló problémával lehet találkozni az álmennyezetekben gyakran alkalmazott és viszonylag kis térfogatú mélysugárzók esetében is, ahol a lámpatest rendeltetészerű



90. ábra.
A fénycsővek relatív energiafogyasztása



91. ábra.
T 5 és T 8 típusú fénycsövek fényárama a környezeti hőmérséklet függvényében

elhelyezése megakadályozza az üzemelés közben keletkező hő szabad kiáramlását. A megfelelő szellőzés hiányában a fényforrás körül általában 50 °C-os hőmérséklet uralkodik, amely a két-, illetve négycsapos kompakt fénycsövek névleges fényáramát legalább 20%-kal csökkenti. Ennek elkerülése végett esetenként célszerű az erre a célra kifejlesztett, amalgám tartalmú kompakt fénycsöveket alkalmazni, melyek még 60 °C-os környezeti hőmérsékleten is a névleges érték 95%-át bocsátják ki.

9.3.1.3. A nátriumlámpa szerepe a közvilágításban

A közvilágítás üzemeltetését, karbantartását és fejlesztését az adófizetők finanszírozzák, ezért a társadalom és a gazdálkodó szervek érdekében áll a berendezések energiahatékony és költségkímélő működtetése. Nagy összegekről van szó, hiszen az ország közvilágítását kb. 1 250 000 darab fényforrás adja. Az 1994. évi adatok szerint a közvilágítás 560 GWh villamos energiát fogyasztott, és annak közel 60%-át a nem leggazdaságosabbnak tekinthető higanylámpák tették ki. Nagynyomású nátriumlámpákra, illetve kisebb teljesítmény esetén kompakt fénycsövekre való, energiatakarékossági cseréjük már a '80-as évek első felében megindult. A cserék nélkül szerény becslések szerint hozzávetőlegesen 30 MW-tal nagyobb lett volna a csúcsidejű teljesítményigény 1994-ben.

A közvilágításban jelenleg uralkodó higanylámpák még mindig óriási lehetőségeket rejtenek az energiahatékonyság javításának területén.

A higanylámpa a nagy kiterjedésű szabadtéri munkahelyek, rakterületek és nagy ipari csarnokok világításában szintén népszerű fényforrásnak számít. A tevékenység színvisszaadási igényétől függően a fémhalogén- vagy

nátriumlámpák alkalmazásával további jelentős mennyiségű energia takarítható meg.

9.3.2. A LÁMPATESTEK ÉS AZ ENERGIATAKARÉKOS VILÁGÍTÁS

A világítási berendezés gazdaságosságának másik fontos eleme a megfelelő fénytechnikai és mechanikai tulajdonságokkal rendelkező lámpatest kiválasztása. Feladata eléggé összetett. Kedvező hatásfok, a látási feladatnak megfelelő fényeloszlás, a káprázás korlátozása és a fényforrás védelme között optimális kompromisszumot kell találni. Az energiahatékonyság a lámpatest fénytechnikai hatásfokával arányos, azaz a világítótest és a fényforrás fényáramának aránya. Egyszerűbben fogalmazva: minél nagyobb a hatásfok, annál kevesebb energiára van szükség egy előírt megvilágítási szint eléréséhez. Az irodákban gyakran előforduló, előregedett és tartósan szennyezett, jóval 50% alatti hatásfokú műanyag burás fénycsöves lámpatest, illetve a város mellékutcájában található, csak az eső ellen védett, legalább 30 éves közvilágítási lámpatest kiváltása egy megfelelő fényeloszlású, 70%-os hatásfokúra, közel másfélszeresére növeli a berendezés energiahatékonyságát.

A lámpatest gazdaságosságát nagymértékben befolyásolja az alkatrészek és a felhasznált anyagok ára, élettartama, megbízhatósága, valamint a szerelés és a karbantartás egyszerűsége, vagy akár annak minimális igénye. Az optikai rendszer kiváló minőségű tükör- és buranyagának, rendszeres tisztításának, illetve a szennyezés elleni jó védetségének köszönhetően a természetes avulásból eredő fényáramcsökkenés erősen korlátozható, ami a már említett tervezési tényező mértékének megállapításában, és ezáltal a berendezés energiaigényének további lefaragásában szintén nagy szerepet játszik.

9.3.3. AZ ELEKTRONIKUS ELŐTÉTEK ENERGIAHATÉKONYSÁGA

A 2.3.2. fejezetben szóltunk az elektronikus előtétetek előnyeiről. Most példaképpen bemutatjuk, hogyan alakul egy 58 W névleges teljesítményű fénycső fogyasztása hagyományos, illetve elektronikus előtét esetén (ld. 26. táblázat).

Az elektronikus előtét alkalmazásával a berendezés energiahatékonysága a példa szerint közel 20%-kal kedvezőbb.

9.3.4. A VILÁGÍTÁS „RUGALMAS” KIALAKÍTÁSÁNAK FONTOSSÁGA

Az épületek belső tereiben sok lehetőség nyílik az energiahatékony és a látási igényekhez leginkább illeszkedő, dinamikus világítási rendszer megvalósítására. A rugalmas kialakításra különböző módszerek ismertek:

- az alapszintű általános és a kiemelő helyi világítás alkalmazása;
- a lámpatestek csoportos, többfokozatú kapcsolása kézi vagy automatikus módon, mint pl. fénykapcsoló-, illetve mozgásérzékelő, vagy számítógépes rendszer segítségével;
- a szükséges megvilágítási szint lépcsőzetes, illetve folyamatos üzemű, egyéni igényeknek megfelelő kézi szabályozása;
- a mesterséges világítás automatikus szabályozása az előre meghatározott, de tetszőlegesen változtatható szintre a helyiséget érő természetes fény változása függvényében;
- a lámpatestek sínre szerelése és az elrendezés igény szerinti változtatása.

26. táblázat.

Hagyományos és elektronikus előtét összehasonlítása

Fénycsőtípus:	58 W háromsávós	58 W háromsávós
Alkalmazott előtét típusa:	hagyományos	elektronikus
Fénycső által felvett teljesítmény (W):	58	50,5
Fényáram (lm):	5200	5000
Fényhasznosítás előtét nélkül (lmW^{-1}):	90	99
Előtét vesztesége (W):	12	4,5
Fényhasznosítás előtéttel együtt (lmW^{-1}):	74	91
Az előtét/fénycső teljesítményaránya (%):	21	9
Relatív energiafogyasztás (%):	100	81

Az energiapazarlás egyik legjellemzőbb oka az emberek feledékenysége és közönyössége. Gondoljunk arra, hogy egy irodában a reggeli órákban bekapcsolt világítás gyakran a munkaidő végéig üzemel még akkor is, ha napközben az ablakon bejutó természetes fény több órán keresztül akár csak részben elegendőnek bizonyulna a munka elvégzéséhez. A benttartózkodás miatt szükségszerűen megvilágított helyiség néhány percnyi elhagyásával egyidejűleg célszerű lenne a világítást kikapcsolni vagy szabályozni. A lámpatestek igény szerinti teljes, illetve csoportos kézi kapcsolásának a lehetőségét szinte mindenhol biztosítják, de a dolgozók nem mindig élnek vele, pedig ezzel a módszerrel jelentősen mérsékelhető a felesleges fogyasztás.

Az energiapazarlás emberi tényezőjének csökkentése végett különböző megoldások léteznek, melyek alkalmazásának mértéke általában a beruházásra szánt anyagiaktól függ. A legegyszerűbb változat a berendezés már említett és nem mindig elegendően hatékony, kézi kapcsolhatósága, illetve fényszabályozhatósága. Ez viszont minden helyiségben általános és helyi világításként külön-külön is érvényesülhet. Ennél többet nyújt a sok kényelmetlenségtől megkímélő távirányító készülék. A következő lépés az ember jelenlétét figyelő világításkapcsolást irányító infrasugárzás-, illetve mozgásérzékelő alkalmazása, amelynek működését a természetes világítás szükséges szintjét ellenőrző, a megfelelő helyen beszerelt fényérzékelő engedélyezi. A módszer továbbfejlesztett változata az intelligens elektronika általi vezérlés, melynek működési elve az emberek évszakonként változó fényigényén alapul. Ennek értelmében a naptár függvényében módosuló órát vagy az égbolt okozta megvilágítás mértékét figyelő berendezés határozza meg az egyes világítótest-csoportok be- és kikapcsolási időpontját (ld. a 4. fejezetet). A leglátványosabb eredményeket számítógépes program szerint előírt beavatkozást végrehajtó fényszabályzó rendszerrel lehet elérni: a helyiségenként több pontban elhelyezett fényérzékelők folyamatosan szolgáltatják az információkat, melyek alapján beavatkozás történhet. Általában az a feladat, hogy egy adott helyen a fény természetes és a mesterséges összetevői együttesen egy tartósan fix értékű megvilágítást biztosítsanak. Ennek energiahatékonyságához hozzájárulnak a megfelelően kialakított oldal- és mennyezeti bevilágítók, valamint az egyelőre még ritka módszernek számító prizmás és az ún. heliostat rendszerek, melyeknek köszönhetően a helyiségek nagyobb mélységben is kellően megvilágíthatók természetes fénnel. Becslések szerint ily módon a villamos energiának közel 50%-a takarítható meg a hagyományos berendezésekhez képest.

9.3.5. A HATÁROLÓ FELÜLETEK ÉS A GAZDASÁGOSSÁG

A főleg szórt fénnel világított kisebb alapterületű helyiségek energiatakarékos világításában óriási szerepet játszik

27. táblázat.
Energiamegtakarítási lehetőségek

	Lakásvilágítás	Irodavilágítás	Közvilágítás
Manapság jellemző fényforrás:	izzólámpa (95%)	fénycső (95%)	Hg-lámpa (55%)
Jelenlegi energiafogyasztás (%):	100	100	100
Korszerű fényforrások (%):	-50	-15	-20
Lámpatestek optikája és elhelyezése (%):	-10	-15	-15
A helyiségek határoló felületei (%):	-10	-5	-
Elektronikus előtétek (%):	-	-10	-5
Szabályzott világítás (%):	-5	-25	-
A korszerű berendezés energiaigénye (%):	25	30	60

a határoló felületek megfelelő kialakítása. A felületek csilló-
gásmentes színezete jelentősen befolyásolja a berendezés
energiahatékonyágát, hisz ha a mennyezet reflexiós té-
nyezője $\rho=0,5$, a falé $\rho=0,3$ és a padlóé $\rho=0,1$, és a refle-
xiós tényezőket mindegyikét 20%-kal növeljük, a világítás ha-
tásfoka is közel 20%-kal javulni fog. Ez azt is jelenti, hogy
ezzel kb. ugyanannyi energiát takarítunk meg. Az esti órák-
ban alkalmazott világos színű függönyök az ablakfelület
nagyságától függően tovább emelik a rendszer energiaha-
tékonyágát.

9.3.6. A TERVSZERŰ KARBANTARTÁS SZÜKSÉGESSÉGE

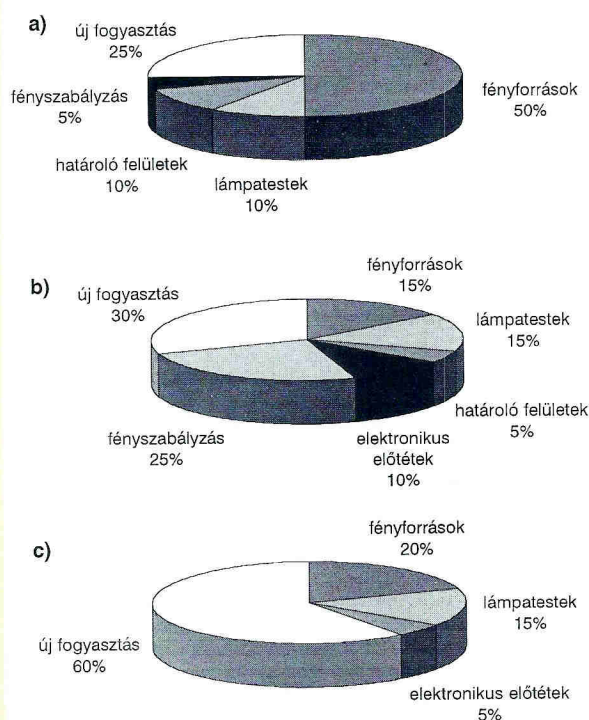
A nem megfelelően végzett karbantartás, melynek része a
tervszerű ellenőrzés, az idejében történő lámpacsere, a
lámpatestek és a falfelületek tisztításának, valamint a hibás
alkatrészek kiváltásának és javításának elmulasztása, az
előírtnál kisebb megvilágítást és ezáltal a berendezés gaz-
daságosságának romlását eredményezi. A nagynyomású
lámpák általában hosszabb ideig működőképesek, mint
ahogy a gazdaságos üzemelés megengedné, ezért ese-
tenként a kiégés előtt célszerű a csoportos cserét végre-
hajtani. A világítótestek optikai rendszerének rendszeres
tisztítása, valamint a helyiség határoló felületeinek előre
ütemezett újrafestése nagyban segíti a világítás hatásfoká-
nak szinten tartását.

9.4. MENNYI VILLAMOS ENERGIA TAKARÍTHATÓ MEG A KORSZERŰ VILÁGÍTÁS MEGVALÓSÍTÁSAKOR?

Számítások szerint Magyarországon a világítási célra fordít-
ott villamos energia 2/3-át a belső téri, 1/3-át pedig a sza-
badtéri világítás teszi ki. Ésszerű módszerekkel mennyivel
lehetne csökkenteni a fogyasztást anélkül, hogy a világítás

minősége romlana? Becsléssel foglalkozunk össze a reá-
lisnak vélt energiamegtakarítási lehetőségeket néhány fon-
tosabb területen (ld. a 27. táblázatot).

Az előbbi, hozzávetőleges számok értelmében a világítás-
ra fordított villamosenergia-fogyasztást a lakásokban akár



92. ábra.
Energiamegtakarítási lehetőségek
a) lakásvilágításban
b) irodavilágításban
c) közvilágításban

75%-kal, az irodákban 70%-kal, a közvilágításban pedig mintegy 40%-kal lehetne csökkenteni.

Természetesen vannak alkalmazási területek, ahol kisebbek a lehetőségek. Megítélésünk szerint Magyarországon a jelenleg felhasznált villamos energiának csupán 60%-a is elegendő lenne az általános világítással kapcsolatos igények kielégítéséhez. Ez pedig éves szinten kb. 1600 GWh nagyságú megtakarítást jelentene!

9.5. AZ ENERGIATAKARÉKOSSÁG ÉS A KÖRNYEZETVÉDELEM

A környezetvédelem a nemzetgazdaság, sőt az egész világ életfontosságú ügye, hiszen a levegő, a víz és a föld minősége hosszú távon az emberiség létezését befolyásolja, rövid távon pedig meghatározó szerepet játszik a társadalmak egészségi állapotának alakításában, és nem csupán a vad természet megóvására irányul. Az ipar összes ágazata eltérő mértékben, de mindig valamilyen káros hatással van a természetes környezetre. Mivel a civilizáció fejlődéséhez szükség van az ipari termelésre, ezért a velejáró káros folyamatokat nem lehet teljesen megszüntetni, hanem hatásukat korlátozni, illetve lehetőleg a legalacsonyabb szintre leszorítani szükséges.

Minden előállított és felhasznált kWh villamos energia szintén negatív hatással van a környezetre. A világítási eszközök gyártása is energiát igényel, valamint különböző hulladék anyagok termelésével is jár. Továbbá a kiegészítő lámpák és az elavult alkatrészek, vagy akár komplett berendezések előbb-utóbb szeméttelre kerülnek, szennyezve a vizeket és a talajt. Emiatt nemcsak energiahatékony rendszerek létesítése áll érdekünkben, hanem azokhoz a megbízható minőségű, hosszú élettartamú és lehetőleg környezetbarát anyagokból épült készülékek alkalmazása is.

Magyarországon a villamos energia előállításának környezetszennyező hatásai erősen függenek az egyes termelőegységek típusától és műszaki állapotától. A főleg hagyományos erőműveken alapuló energiaipar légszennyezését alapvetően a tüzelőanyagok mennyisége és minősége, valamint az alkalmazott energetikai technológia és a környezeti kibocsátásokat korlátozó eljárások határozzák meg. Emellett nem szabad figyelmen kívül hagyni a vizekre, a talajra gyakorolt hatásokat, valamint a hulladékgazdálkodást sem. A hazai szén fűtőértéke alacsony, kén- és hamutartalma viszont magas. Az importált nyersolajok minőségét e tekintetben meghatározó kéntartalom ugyancsak magasabb tartományba esik, így az azokból készülő fűtőolaj kéntartalma sem megfelelő. A legjellemzőbb légszennyezőanyag-kibocsátások óriási méretűek és 1994-ben a magyar erőművekből kb. 20 500 kilotonna CO₂ és 420 kilotonna SO₂ került ki a levegőbe. Rövid számítással könnyen kideríthető, hogy jelenleg minden egyes 1 kWh előállításával Magyarországon átlagosan 0,6 kg CO₂ keletkezik.

Az energiaipar a nemzetgazdaság legnagyobb vízfelhasználója. A hűtésre felhasznált évi mintegy 5 milliárd m³ víz csak hővel szennyezett kerül vissza a természetbe. Ennek ökológiai vonzatával számolni kell. A kazánok üzemeltetéséhez szükséges víz sótalanítása évente 10 000–12 000 tonna sóval terheli a környezetet. Fontos kérdés a hulladék kezelése, és ezen belül legnagyobb probléma az évente keletkező 4–5 millió tonna salak és pernye, melynek csak 10–15%-át tudja hasznosítani az építőipar. A fennmaradó mennyiségeket a zajtereken helyezik el, ahol a hulladékból kioldódó sók, nehézfémek és más anyagok a talajt és ezáltal a talajvizet szennyezhetik. Bizonyos szállítási és elhelyezési (deponálási) technikák folyamatos bevezetése csökkenti a káros hatásokat, de a probléma teljes megoldása még várat magára.

A meglévő erőműpark általában gazdaságtalan, elavult és nem felel meg a környezetvédelmi követelményeknek. Emiatt az üzemek korszerűsítése, sőt új erőművek építése elkerülhetetlennek tűnik még akkor is, ha nem növekednének az energiaigények. A szakértők szerint minden új 1 kW energiakapacitás-bővítés több száz ezer forintba kerül az 1995. évi árakon számolva, amit elsősorban a fogyasztóknak kell fedezniük. Tehát az energiahatékony megoldásokkal, beruházásokkal, energiatakarékossági propagandával, és nem csak magas árakkal érdemes csökkenteni az ország energiaigényét, és ezáltal az építendő erőművek teljesítményét is. Ehhez hozzá kell járulnia a korszerű és széles látókörű szakmai tudással rendelkező világítástechnikai tervezőnek is.

„A Földet nem apáinktól örököltük, hanem unokáinktól kaptuk kölcsön”.

9.6. MIKOR GAZDASÁGOS ÉS/VAGY TAKARÉKOS A VILÁGÍTÁS?

9.6.1. A „GAZDASÁGOS” MINŐSÍTÉS FELTÉTELEI

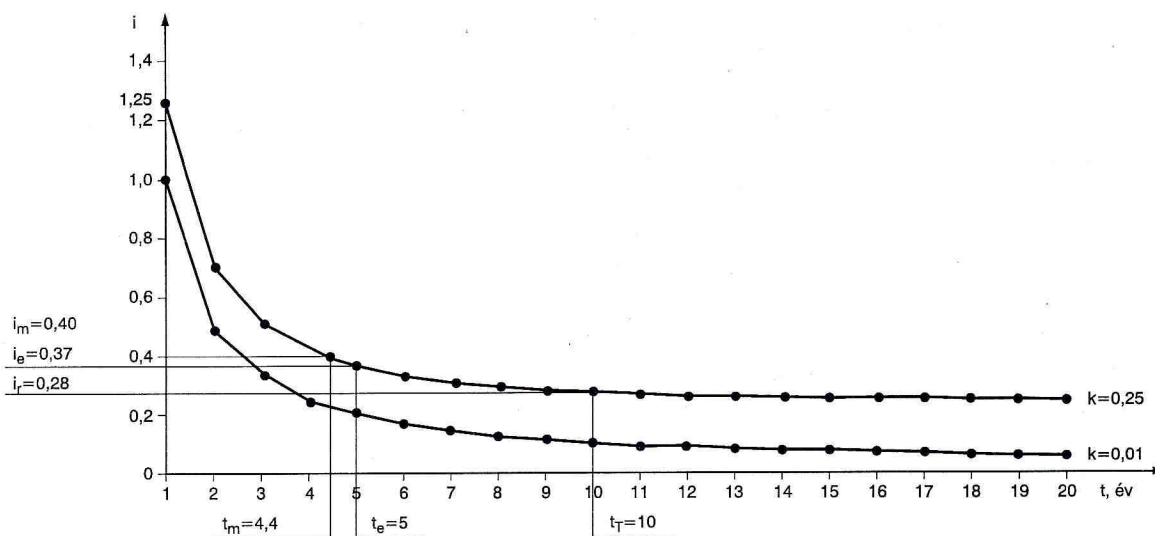
A termelő létesítmény világítása az alaptevékenységet (a termelést) kiszolgáló berendezés, ezért gazdaságosságát sem „termékszemplélettel” kell értelmezni, hanem a minősítés indokából kell kiindulni. Ha egy meglévő világítás drágán üzemel (\ddot{U}_M), de tervezhetnénk-létesíthetnénk egy jóval olcsóbb üzemeltetésűt (\ddot{U}_T), akkor azt kell eldönteni, hogy gazdaságos-e a csere. Akkor gazdaságos, ha az új világítás létesítési költsége (L_T) megtérül az üzemeltetési költségmegtakarításból ($\ddot{U}_M - \ddot{U}_T$) – elvart (t_e) időtartamon belül.

A számított megtérülési időtartam (t_m) képlete:

$$t_m = \frac{L_T}{\ddot{U}_M - \ddot{U}_T} \leq t_e$$

1. Számpélda: $t_m = \frac{200}{100 - 20} = 2,5 \text{ év} < t_e = 5 \text{ év}$

($L_T = 200 \text{ M Ft}$, $\ddot{U}_M = 100 \text{ M Ft}$, $\ddot{U}_T = 20 \text{ M Ft}$, $t_e = 5 \text{ év}$ adatokkal)



93. ábra.

A törlesztési tényező értékének alakulása az eltelt idő függvényében

A képlet és az értékek akkor igazak, ha 1–2% „a számításba vehető” kamatláb (k), amely a következő három tényező mérlegelésével választható:

betéti kamat < inflációs ráta < kölcsönkamat

Az Európai Unióban 1995/96-ban 2,4% volt az átlagos inflációs ráta, Magyarországon jelenleg több, ezért ún. törlesztési tényezővel (i) kell számolni:

$$i = \frac{k(1+k)^t}{(1+k)^t - 1}$$

ahol t a tervezett megtérülés ideje.

A törlesztési tényező időfüggvényét a 93. ábra mutatja, $k=0,01$ és $k=0,25$ paraméterekkel.

2. Számpélda: Mekkora lesz a t_m az 1. számpélda adataival, ha $k=0,25$?

A megoldás: $i_m = \frac{1}{t_m} = \frac{\ddot{U}_M - \ddot{U}_T}{L_T} = \frac{100 - 20}{200} = 0,4$

és ezzel a $k=0,25$ paraméterű görbéből:

$t_m=4,4$ év! Ezután mindig ellenőrzés következik: a t_m -et visszahelyettesítjük az i képletbe:

$$i_m = \frac{0,25 (1+0,25)^{4,4}}{(1+0,25)^{4,4} - 1} = 0,399 \approx 0,4$$

Megállapítható, hogy $k=0$ esetben – ún. statikus módszerrel számolt t_m megtévesztően rövid, ellentétben a $k > 0$ esetben – ún. dinamikus módszerrel – számolt reális t_m -mel.

9.6.2. A „TAKARÉKOS” MINŐSÍTÉS FELTÉTELEI

„Gazdaságos” minősítést kizárólag a drágán üzemelő meglévő berendezést felváltani tervezett berendezés akkor kaphat, ha a létesítési költségráfördítása megtérül az üzemeltetési költségmegtakarításból (ha nem térül meg az előírt-eltárt időtartamon belül, akkor „nem gazdaságos a csere”!).

„Takarékos” minősítés más jellegű berendezések összehasonlítása során is adható. Az összehasonlítás a ráfordítás (R) kiszámításával kezdődik. Képlete: $R = iL + \ddot{U}$

1. eset. Azonos területen végzett azonos tevékenységre (azonos szabványelőírásokat teljesítő) tervezett két világítási berendezés közül a kisebb ráfordítású a takarékos.

Számpélda: $L_1=200$ M Ft; $\ddot{U}_1=20$ M Ft/év; $L_2=180$ M Ft; $\ddot{U}_2=23,5$ M Ft/év.

Tervezett élettartam: $t_1=t_2=10$ év=t

Statikus módszerrel:

$$R_1 = \frac{1}{t} \times L_1 + \ddot{U}_1 = \frac{1}{10} \times 200 + 20 = 40 \text{ M Ft/év}$$

$$R_2 = \frac{1}{10} \times 180 + 23,5 = 41,5 \text{ M Ft/év}$$

Dinamikus módszerrel:

$$i = \frac{0,25 (1+0,25)^{10}}{(1+0,25)^{10} - 1} = 0,28$$

$$R_1 = 0,28 \times 200 + 20 = 76 \text{ M Ft/év;}$$

$$R_2 = 0,28 \times 180 + 23,5 = 74 \text{ M Ft/év.}$$

Tehát $k=0$ kamatlábbal számolva az 1., míg 25%-os kamatlábbal a 2. takarékos!

2. eset. Két különböző nagyságú területen végzett azonos tevékenységre (azonos szabványelőírásokat teljesítő) tervezett két világítási berendezés közül a kisebb ráfordítási mutatójú (m_R) a takarékos.

$$\text{A ráfordítási mutató: } m_R = \frac{R_1}{A_1}, \frac{\text{Ft/év}}{\text{m}^2}$$

ahol A a szabványosan és hasznosan megvilágított terület.

Szám példa: $A_1=10\,000\text{ m}^2$; $A_2=20\,000\text{ m}^2$.

$$m_{R1} = \frac{R_1}{A_1}, \frac{76\text{ M Ft/év}}{10\text{ E m}^2} = 7,6\text{ E Ft/év} \times \text{m}^2$$

$$m_{R2} = \frac{R_2}{A_2}, \frac{74\text{ M Ft/év}}{20\text{ E m}^2} = 3,7\text{ E Ft/év} \times \text{m}^2$$

Takarékos a 2. berendezés!

3. eset. Két különböző területen meglévő létesítmények azonos tevékenységet – azonos előírásokat teljesítő – meglévő világítási berendezés közül a kisebb m_U üzemeltetési mutatója a takarékos.

Szám példa:

$$m_{U1} = \frac{\ddot{U}_1}{A_1}, \frac{20\text{ M Ft/év}}{10\text{ E m}^2} = 2\text{ E Ft/év} \times \text{m}^2$$

$$m_{U2} = \frac{\ddot{U}_2}{A_2}, \frac{23,5\text{ M Ft/év}}{20\text{ E m}^2} = 1,175\text{ E Ft/év} \times \text{m}^2$$

Takarékosan üzemel a 2. berendezés.

9.6.3. A „GAZDASÁGOS ÉS TAKARÉKOS” MINŐSÍTÉS ESETE

Meglévő berendezést felváltani tervezett berendezéssel akkor takarékosabb a tervezett világítás számításba vett élettartama (t_T) alatt, ha a ráfordítás (R_T) kisebb, mint az R_M .

$$R_T = iL_T + \ddot{U}_T = 0,28 \times 200 + 20 = 76\text{ M Ft/év};$$

$$R_M = R_U = 100\text{ M Ft/év}.$$

Minősítés: $R_T < R_M$, tehát takarékos a tervezett berendezés. Az 1. pontban a t_m megtérülési időtartammal kiszámoltuk, hogy a tervezett berendezés gazdaságos is.

Ez az egyetlen eset a „gazdaságos és takarékos” világítás esete!

FELHASZNÁLT IRODALOM

- Handbuch für Beleuchtung ECOMED Fachverlag, 1992. Landsberg
- H. J. Hentschel: Licht und Beleuchtung. Siemens Verlag 1972. Berlin
- Gergely Pál szerk.: Gyakorlati világítástechnika. Műszaki Könyvkiadó 1977. Budapest
- Gergely Pál: Fénycsővilágítás. Műszaki Könyvkiadó 1980. Budapest
- Dr. Lantos T. – Máté J.: A gyakorlati világítástechnika alapjai. BME Mérnöktoábbképző-jegyzet, 1978. Budapest
- Debreczeni G. – Kardos F. – Sinka J.: Fényforrások. Műszaki Könyvkiadó 1985. Budapest
- H. Friedrichs – J. Vogler: A modern háztartás villamos berendezései. Műszaki Könyvkiadó 1981. Budapest
- Dr. Borsányi J. szerk.: Világítástechnikai eszközök és rendszerek I.–IV. KKMJ-jegyzet. 1993. Budapest
- Timár Péter: Hővisszaverő rétegek alkalmazása halogén ceruzalámpákban. Elektrotechnika 1996. 9. sz. pp. 431–437.
- Poppe Kornélné: A fényforrásválaszték fejlődési irányai. Elektrotechnika. 1994. 6. sz. pp. 283–286.
- Debreczeni Gábor: Fejlődési tendenciák a belső téri irodavilágításban. Elektrotechnika, 1994.
- Fürdergemeinschaft Gutes Licht. 2. Heft. 1994. Frankfurt
- Dr. Vetési Emil: Takarékos és gazdaságos irodavilágítás. Elektrotechnika, 1993. 11. sz.
- G. Buczny: A modern világítástechnika gazdasági kérdései a mikro- és makrogazdaság szintjén. Diplomamunka BKE. 1995. Budapest
- Közvilágítási berendezések létesítési irányelvei. Energiafelügyelet kiadványa. 1989. Budapest
- Guide for the Lighting of Sport Events for Color TV and Film Systems. CIE 83. 1989.
- Lighting for Tennis, Icesports, Football, Sporthall CIE 42, 45, 57, 58. Kiadványok. 1978–1983.
- Baumann Pál szerk.: VIV Kézikönyv. Műszaki Könyvkiadó 1975. Budapest
- Dr. András T. Majoros: Day lighting 1996. TEMPUS JEP Kiadvány
- J. D. M.: Zegners – M. J. M. Jacobs: Energy Saving and Perception of Visual Comfort. Lux Europa ankéton elhangzott előadás, 1997. Amszterdam
- MSz. 9620 Fénytechnikai terminológia
- MSz. 6240 Belső téri mesterséges világítás szabvány
- MSz. 09-00.0214/1–6/87 Közvilágítási szabvány
- GE TUNGSRAM RT. gyártmányismertető
- OSRAM gyártmányismertető
- Philips Lighting gyártmányismertető

TARTALOMJEGYZÉK

	BEVEZETÉS	3
1.	VILÁGÍTÁSTECHNIKAI ALAPFOGALMAK	5
2.	A VILÁGÍTÁSTECHNIKA ESZKÖZEI	9
2.1.	Fényforrások	9
2.1.1.	Izzólámpák	9
2.1.2.	Kisülő fényforrások	11
2.1.2.1.	Hagyományos fénycsövek	12
2.1.2.2.	Kompakt fénycsövek	13
2.1.2.3.	Elektród nélküli (indukciós) lámpa	15
2.1.2.4.	Kisnyomású nátriumlámpa	15
2.1.2.5.	Nagynyomású nátriumlámpa	16
2.1.2.6.	Fémhalogén lámpák	17
2.1.2.7.	Higanylámpa	19
2.1.2.8.	Fényforrások egységes nemzetközi jelölési ILCOS rendszere	19
2.2.	Lámpatestek	20
2.2.1.	A lámpatest funkciói	20
2.2.2.	A lámpatestek jellemzésének szempontjai	20
2.3.	Egyéb működtető elemek	21
2.3.1.	Gyűjtők	21
2.3.1.1.	Fénycsöveknél alkalmazott gyűjtők.	21
2.3.1.2.	Nagynyomású kisülőlámpákhoz alkalmazott gyűjtőkészülékek	22
2.3.2.	Előtétek	23
3.	TERMÉSZETES VILÁGÍTÁS	27
3.1.	A komponensek sajátosságai	27
3.2.	Természetes világítási megoldások	29
3.3.	A természetes világítás jellemzői	30
4.	BELSŐ TÉRI VILÁGÍTÁS	33
4.1.	Belső terek mesterséges világítása	33
4.1.1.	A mesterséges világítás tervezésének irányelvei	33
4.1.2.	A világítás minőségi jellemzői	35
4.1.3.	Méretezési eljárások	37
4.1.4.	Világítási megoldások	38
4.1.4.1.	Irodavilágítás	38
4.1.4.2.	Iskolavilágítás	41
4.1.4.3.	Lakásvilágítás	43
4.2.	A mesterséges és természetes világítás összehangolása	44
5.	KÖZVILÁGÍTÁS	51
5.1.	Látási folyamatok a közvilágítás szempontjából	51
5.2.	A közvilágítási berendezés elemei	53

5.3.	A magyarországi közvilágítás sajátosságai	55
5.4.	A közvilágítás létesítése, fenntartása, költségei	57
6.	DÍSZVILÁGÍTÁS – FÉNYÁRVILÁGÍTÁS	59
6.1.	Fényforrások	59
6.2.	Lámpatestek	59
6.3.	A létesítmény formai megjelenése	61
6.4.	Megvilágítási szintek	62
7.	SPORTLÉTESÍTMÉNYEK VILÁGÍTÁSA	65
7.1.	A világítás minőségi jellemzői	66
7.1.1.	A megvilágítás és annak egyenletessége	66
7.1.2.	A káprázás korlátozása	68
7.1.3.	Színvártulajdonságok	69
7.1.4.	Egyéb jellemzők	70
7.2.	A világítótestek és elrendezésük	70
7.3.	A világítás vezérlése	71
7.4.	Határoló felületek	72
8.	IPARI VILÁGÍTÁS	73
8.1.	Az ipari létesítmények csoportosítása	73
8.2.	Kétféle jellegzetes ipari tevékenység világítása kétféle jellegzetes ipari területen	73
8.2.1.	A négyféle ipari világítás létesítésének általános szempontjai	73
8.2.2.	A szerelőcsarnok világítási igényei	75
8.3.	Kapcsolhatóság, szabályozás	77
9.	AZ ENERGIATAKARÉKOSSÁG LEHETŐSÉGEI A VILÁGÍTÁSTECHNIKÁBAN	79
9.1.	Takarékosság és gazdaságosság	79
9.2.	Az energiatakarékosság ésszerűsége és szükségessége	79
9.3.	Az energiamegtakarítás eszközei a világítástechnikában	80
9.3.1.	A fényforrásokban rejlő lehetőségek és korlátok	80
9.3.1.1.	Izzólámpa vagy kompakt fénycső?	80
9.3.1.2.	A belső téri világítás pillére – a fénycső	81
9.3.1.3.	A nátriumlámpa szerepe a közvilágításban	83
9.3.2.	A lámpatestek és az energiatakarékos világítás	83
9.3.3.	Az elektronikus előtétel energiahatékonysága	84
9.3.4.	A világítás „rugalmas” kialakításának fontossága	84
9.3.5.	A határoló felületek és a gazdaságosság	84
9.3.6.	A tervszerű karbantartás szükségessége	85

9.4.	Mennyi villamos energia takarítható meg a korszerű világítás megvalósításakor?	85
9.5.	Az energiatakarékosság és a környezetvédelem	86
9.6.	Mikor gazdaságos és/vagy takarékos a világítás?	86
9.6.1.	A „gazdaságos” minősítés feltételei	86
9.6.2.	A „takarékos” minősítés feltételei	87
9.6.3.	A „gazdaságos és takarékos” minősítés esete	88
	FELHASZNÁLT IRODALOM	89

Energiagazdálkodási
Kézikönyv

VILÁGÍTÁSTECHNIKA

Az anyagot összeállította:

Dr. Borsányi János
főiskolai docens, fényforrás szakmérnök
Kandó Kálmán Műszaki Főiskola

Szerzőként közreműködtek:

Dr. Borsányi János

Buczny Grzegorz
okl. mérnök közgazdász
értékesítési manager, Osram kft.

Fodor Zoltán
okl. villamosmérnök, főtanácsos
Magyar Energia Hivatal

Dr. p.h.d. Majoros András
egyetemi tanár
BME, Épületenergetikai és Épületgépészeti Tanszék

Polgár Péter
okl. villamosmérnök
Energiainformációs Ügynökség kft.

Rille Tamás
világítástechnikus szakmérnök
ügyvezető igazgató, PROMIKA

Dr. Vetési Emil
okl. villamosmérnök
mérnök főtanácsos

Lektorálta:

Dr. Lantos Tibor
okl. villamosmérnök
c. egyetemi docens

Szerkesztette:

Energia Központ Kht. munkaközössége
1087 Budapest, Könyves Kálmán krt. 76.
www.energycentre.hu

ISBN 963 9853 8
ISSN 1218-9847

Energiagazdálkodási Kézikönyv

VILÁGÍTÁSTECHNIKA

1998
Budapest