



Kültéri világítások tervezése

Előadó: **Schwarcz Péter** (tel: +36 30 931 9514),
schwarcz.p@schreder.hu

- Kültéri világítások tervezése (márc 4.)

- **Útvilágítás tervezése**

Néhány szóban még:

- Alagútvilágítás
 - Kültéri munkahelyek világítása
 - Sportvilágítás
 - Díszvilágítás



Felkészüléshez ajánlom:

- Világítástechnika II. jegyzet – BMF KVK 2018
- Közvilágítási kézikönyv – kiadta MEE VTT, kapható
Világítástechnikai Társaság: meevtt@gmail.com
- Előadás diái
- Kiegészítésül, további érdeklődés esetén:
 - TR13201-1:2004: Világítási osztályok kiválasztása
 - MSZ EN 13201-2, -3, -4: 2003 szabványsorozat: Útvilágítás
 - MSZ EN 12464-2:2007 Kültéri munkahelyek világítása
 - MSZ EN 12193 Sportvilágítás
 - Világítástervező programok



Világítással szembeni követelmények Kültéri világítások tervezése

- **Látási teljesítmény és látási komfort:**

- Mennyiség
 - Adaptációs szint
- Minőség
 - Időbeli egyenletesség
 - Térbeli egyenletesség
 - Kontraszt
 - Árnyékosság
 - Káprázás korlátozás (zavaró, rontó)
 - Szín (színhőmérséklet, színvisszaadás, színérzet)



Világítással szembeni követelmények Kültéri világítások tervezése

- **Biztonság**

- Villamos biztonság
- Veszélyes optikai sugárzás elleni védelem (Látható, UV)
- Környezetvédelem – zavaró fények (Fényszennyezés)

- **Gazdaságosság**

- Beruházási költség
- Üzemeltetési költség
- Megszüntetési költség
- Élettartam költség

- **Esztétika**

- A meglévő értékek megőrzése
- Új értékek létrehozása



- **Világítási feladat megismerése:**

- Mit? - Terület
- Milyen célra? - Feladat
- Milyen időtartamra? - Feladat
- Megrendelő speciális előírásai?

- **A világítási helyszín megismerése**

- Adaptációs szintek
- Villamosenergia vételezési lehetőségek
- Kulturális környezet, szokások

- **Vonatkozó előírások azonosítása, rögzítése**

- A világítási feladatra vonatkozó szabványok, rendeletek
(általában alsó korlátok)
- A világítási berendezés környezetére vonatkozó szabványok
rendeletek (általában felső korlátok)



Világítástervezés végrehajtása

Kültéri világítások tervezése

- **Világítási koncepció felállítása és annak ellenőrzése**
 - Előzetes becslés
 - Fényáram
 - Fényforrás
 - Fényeloszlás jellege
 - Fénypontmagasság
 - Próbavilágítás – egyedi megoldás esetén
- **Világítástervezés**
 - Méretezés
 - Az eredmények ellenőrzése
 - A tervezés eredményének prezentálása
 - A telepítés és üzemeltetés megtervezése
 - világítás minőségét befolyásoló követelményeinek rögzítése
 - Karbantartás módja, gyakorisága
 - Ellenőrző mérések gyakorisága
- **Ellenőrző mérés**



Kültéri világítástervezés sajátosságai Kültéri világítások tervezése

- Nem számolunk visszaverődéssel (kivéve alagút)
- Éjszakai üzemelés (kivéve alagút)
- Változó (extrém) működési környezet
 - Hőmérséklet
 - Szennyeződés
 - Eső
 - Szél
 - Vibráció
 - Instabil villamos hálózat,
 - légköri túlfeszültség (villám),
 - gyors-visszkapcsolási ciklus
- Speciális avulási megfontolások
- Környezetvédelmi megfontolások
 - zavaró fények korlátozása
 - újrahasznosíthatóság
- Általában közforgalmú területet érint
 - Vandalizmus
 - Balesetvédelem (villamos, hő, optikai sugárzás)



Introduction

Útvilágítás világítástervezés

Kültéri világítások tervezése

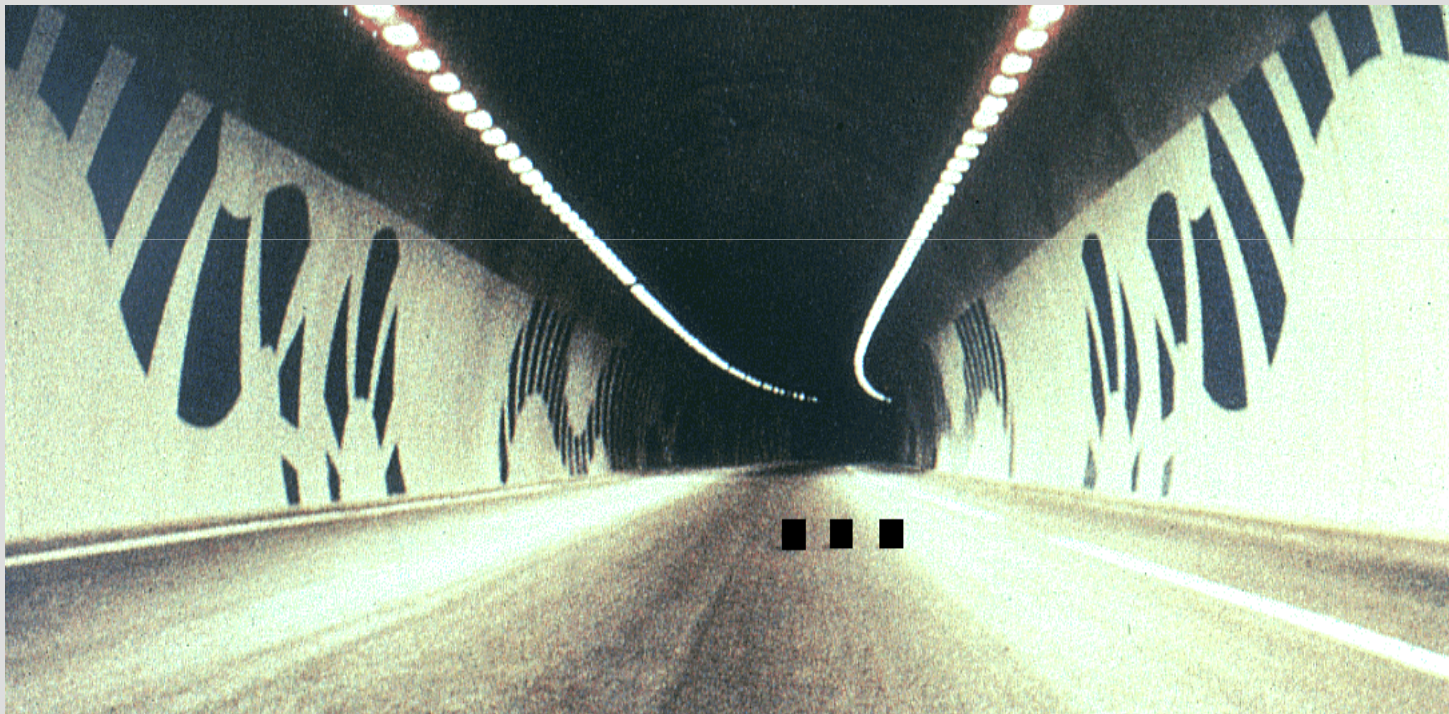


8 Fényerősség → megvilágítás → reflexió → fénysűrűség



Kültéri világítások tervezése

Akadály érzékelése (fényssűrűség) kontraszt alapján





Kültéri világítások tervezése

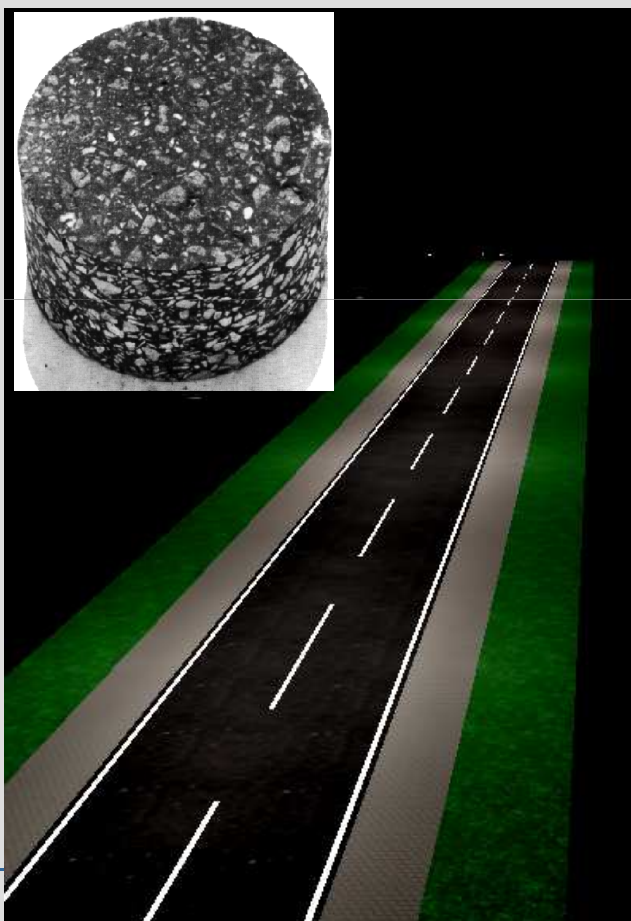
A szemlélő az útról visszaverődő fényt látja



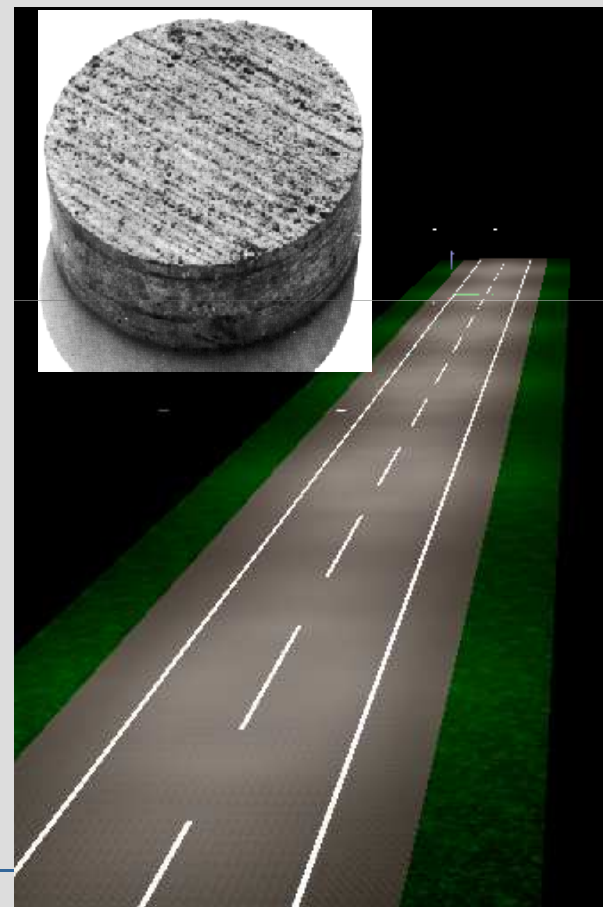


Kültéri világítások tervezése

Aszfalt

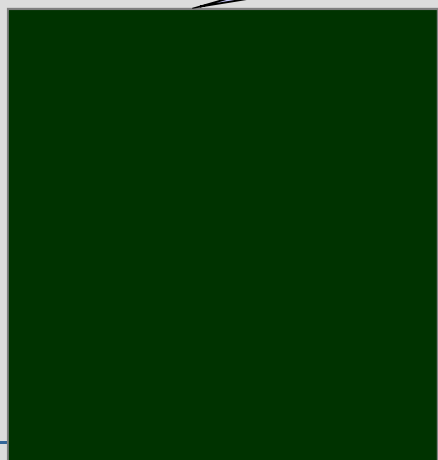
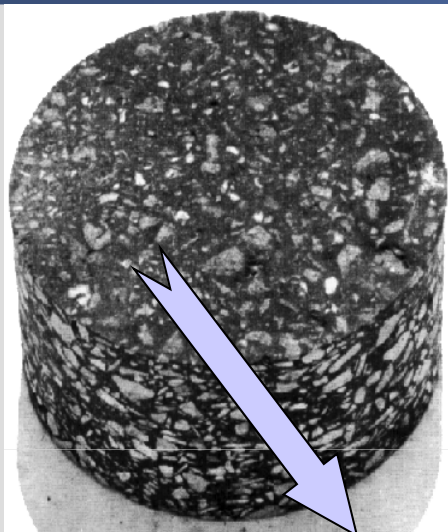


Beton



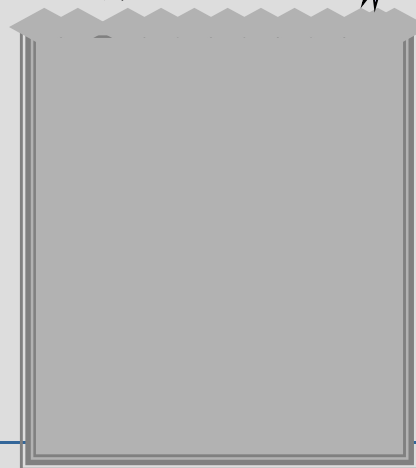


Kültéri világítások tervezése



Sötét, sima

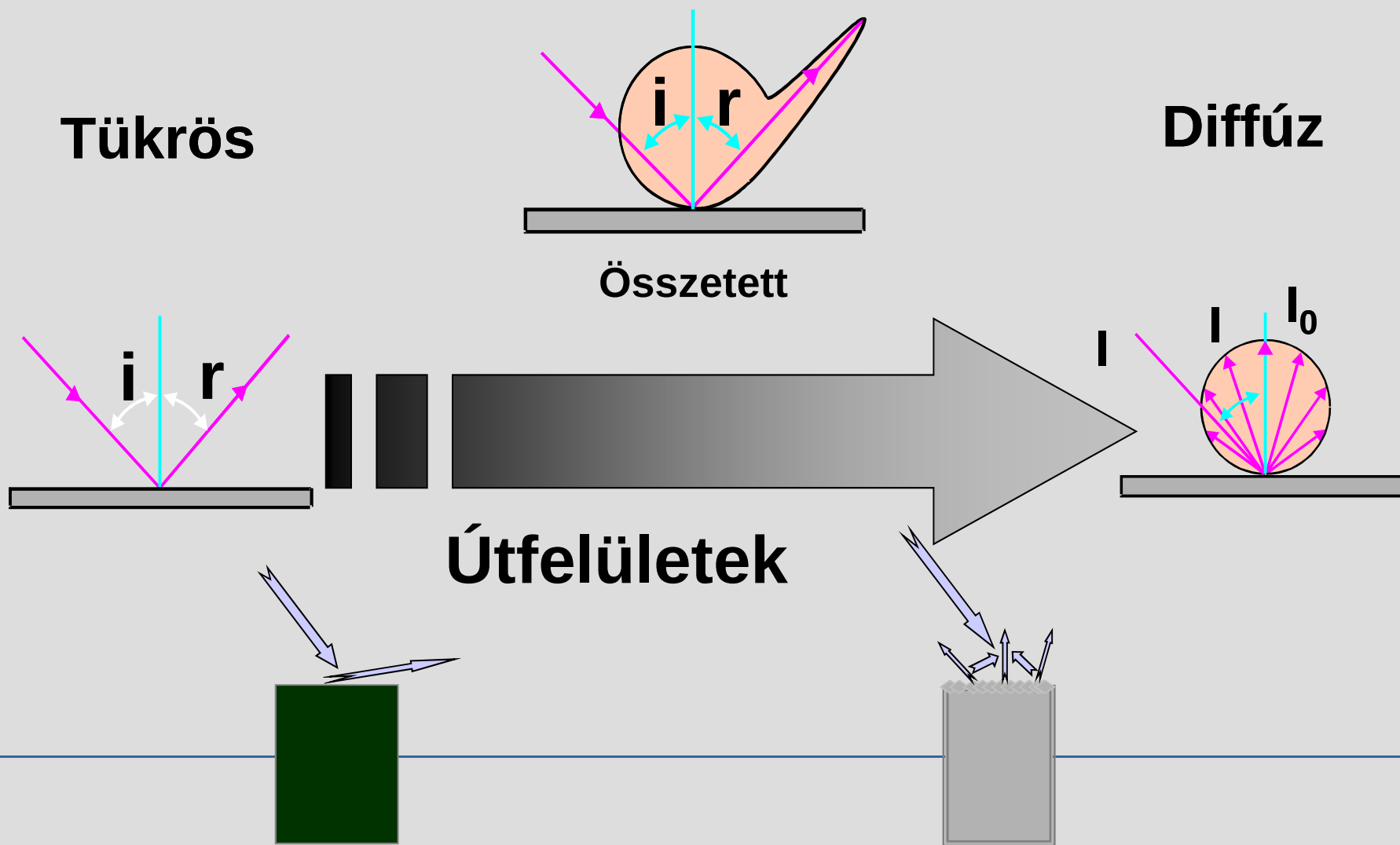
Világos, diffúz





Reflexiók

Kültéri világítások tervezése

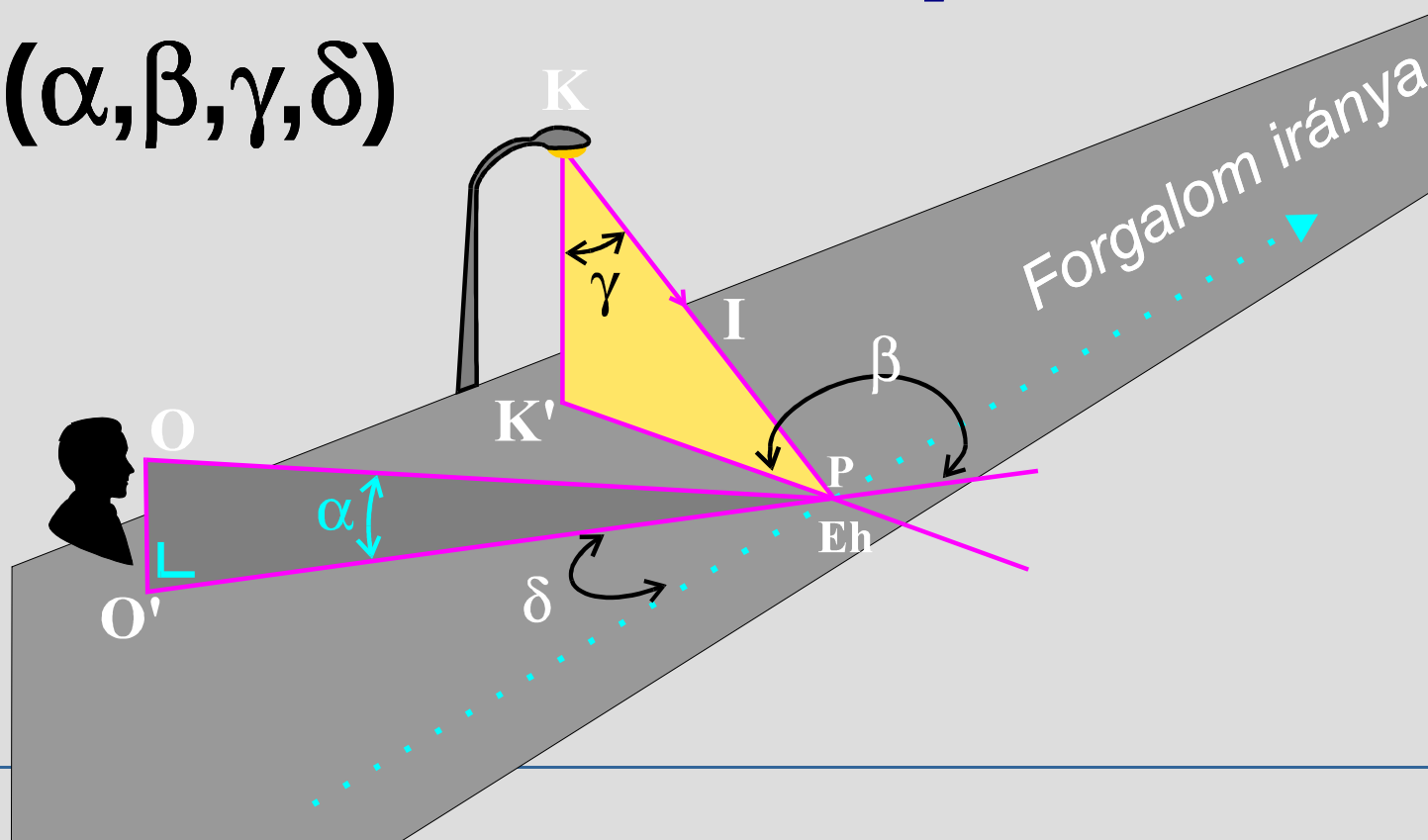


Beesési szög

Szemlélő pozíciója

$$L = \mathbf{q} \cdot \mathbf{E}$$

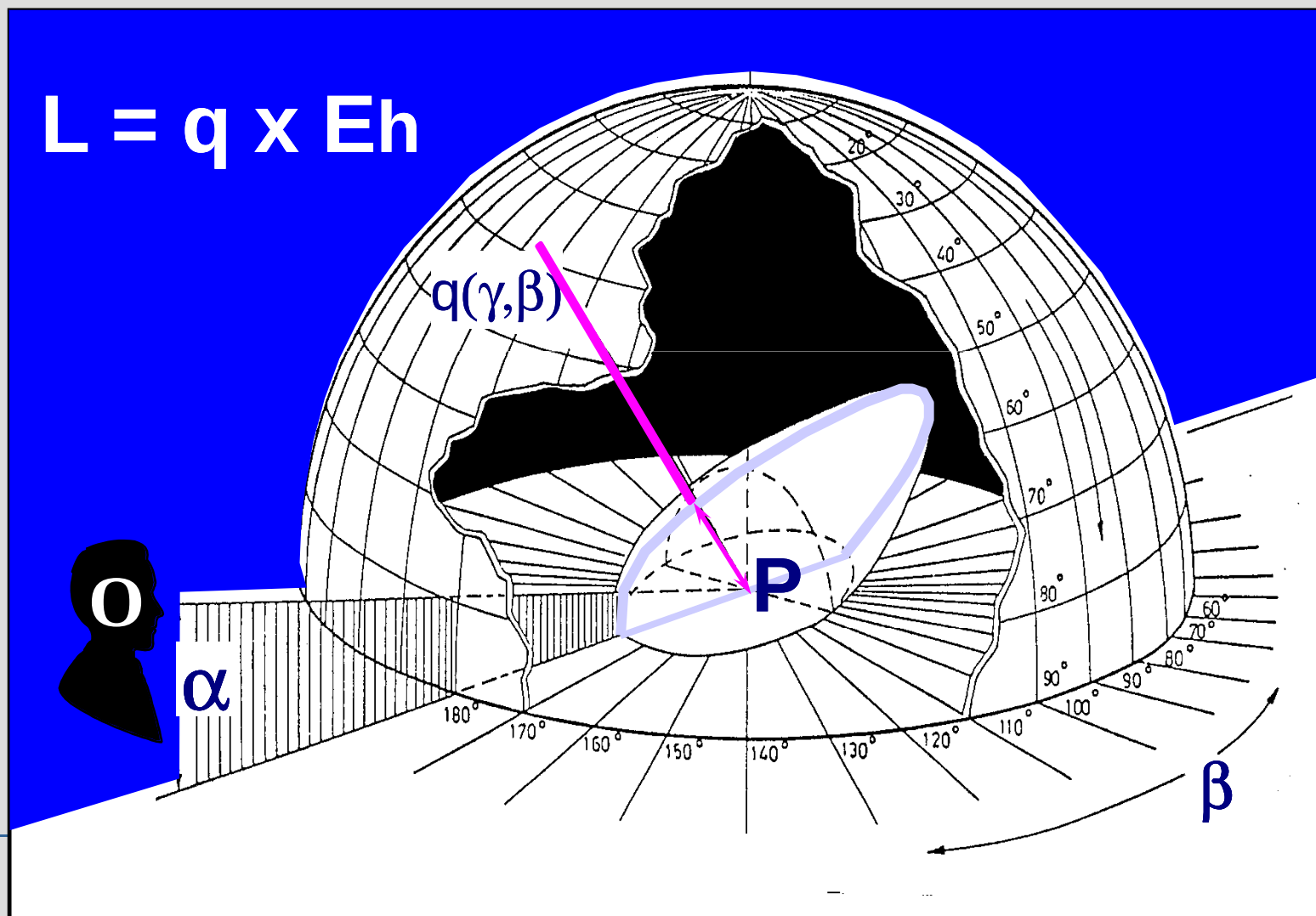
$$\mathbf{q} = f(\alpha, \beta, \gamma, \delta)$$





Reflexiós tényező indicatrix

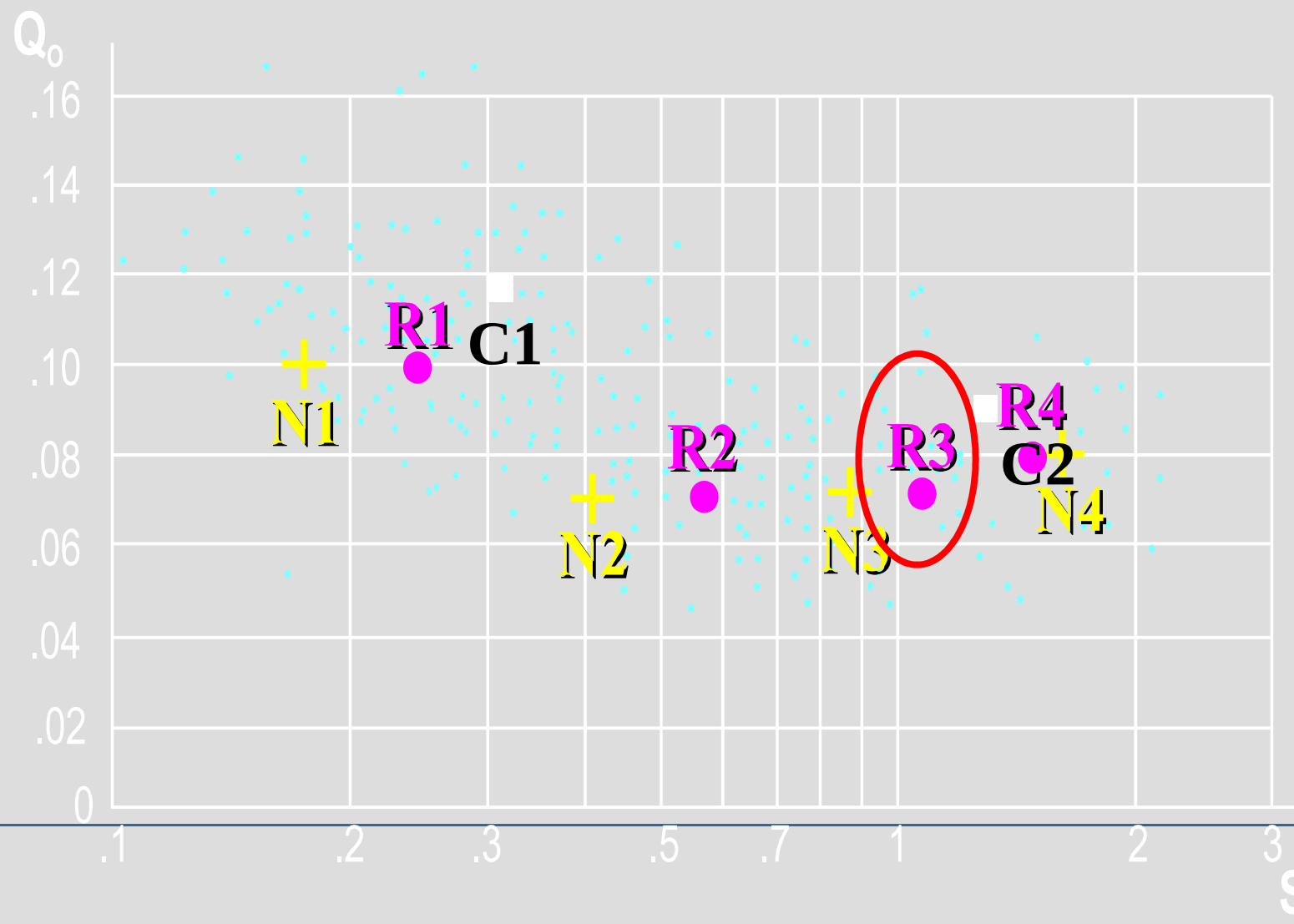
Kültéri világítások tervezése





Tükrösség, S_1 és átlagos reflexió, Q_0

Kültéri világítások tervezése





Útvilágítás világítástervezés (Példa)

Kültéri világítások tervezése

•2x2 sávós, gépjárművek által használt útpálya megvilágítása

- Sávszélesség
- Max. sebesség: 90 km/h
- járda, kereszteződés nincs,
- 15.000 jármű/nap
- Útreflexió: R3007

•Vonatkozó előírások azonosítása

TR13201-1:2004: Világítási osztályok kiválasztása

MSZ EN 13201-2, -3, -4: 2003 szabvány: Útvilágítás



Világítási helyzet kiválasztása (1/2)

Kültéri világítások tervezése

TR13201-1:2004: Világítási osztályok kiválasztása szerint:

Fő úthasználó jellemző sebessége km/h	Úthasználók típusa azonos jellemző területen			Világítási helyzet
	Fő úthasználó	Egyéb megengedett használó	Kitiltott használó	
> 60	Motorizált forgalom		Lassan mozgó járművek Kerékpárosok Gyalogosok	A1
60		Lassan mozgó járművek	Kerékpárosok Gyalogosok	A2
		Lassan mozgó járművek Kerékpárosok Gyalogosok		A3
	Motorizált forgalom Lassan mozgó járművek	Kerékpárosok Gyalogosok		B1
60	Motorizált forgalom Lassan mozgó járművek Kerékpárosok	Gyalogosok		B2
	Kerékpárosok	Gyalogosok Lassan mozgó járművek Kerékpárosok	Motorizált forgalom Lassan mozgó járművek	C1



Világítási helyzet kiválasztása (2/2)

Kültéri világítások tervezése

Fő úthasználó jellemző sebessége km/h	Úthasználók típusa azonos jellemző területen			Világítási helyzet
	Fő úthasználó	Egyéb megengedett használó	Kitiltott használó	
30	Motorizált forgalom Gyalogosok		Lassan mozgó járművek Kerékpárosok	D1
		Lassan mozgó járművek Kerékpárosok		D2
	Motorizált forgalom Kerékpárosok	Lassan mozgó járművek Gyalogosok		D3
	Motorizált forgalom Lassan mozgó járművek Kerékpárosok Gyalogosok			D4
Sétáló Sebesség	Gyalogosok		Motorizált forgalom Lassan mozgó járművek Kerékpárosok	E1
		Motorizált forgalom Lassan mozgó járművek Kerékpárosok		E2



3

A1 világítási osztályok ajánlott tartománya

Kültéri világítások tervezése

Fő Idő-járási típus	Úttestek elválasztása	Csomópontok típusa		Forgalomsűrűség jármű/nap								
		Felül-járó	Kereszte-zés	< 15 000	15 000 – 25 000			> 25 000				
		térköz, hidak távolsága km	Sűrűség kereszte-zés/km									
		←	0		→	←	0	→	←	0	→	
Száraz	Igen	> 3		ME5	ME4a	ME3a	ME4a	ME3a	ME2	ME4a	ME3a	ME2
				ME4a	ME3a	ME2	ME4a	ME3a	ME2	ME3a	ME2	ME1
			< 3	ME5	ME4a	ME3a	ME5	ME4a	ME3a	ME4a	ME3a	ME2
				ME4a	ME4a	ME3a	ME4a	ME3a	ME2	ME3a	ME2	ME1
	Nem	> 3		ME4a	ME3a	ME2	ME3a	ME2	ME1	ME3a	ME2	ME1
				ME3a	ME2	ME1	ME3a	ME2	ME1	ME2	ME2	ME1
			< 3	ME4a	ME4a	ME3a	ME4a	ME3a	ME2	ME3a	ME2	ME1
				ME4a	ME3a	ME2	ME3a	ME2	ME1	M2	ME2	ME1
Nedves				Kiválasztás, mint fent, de MEW osztályokat választani								



3

Ajánlott kiválasztás a tartományból

Kültéri világítások tervezése

Konfliktus terület	Látómező bonyolultsága	Navigációs feladat bonyolultsága	Környezet fényűrűsége		
			Kicsi	Közepes	nagy
Nem	Normális	Normális	←	←	
		Normálisnál nagyobb	0	0	→
	Nagy	Normális	←	0	0
		Normálisnál nagyobb	0	→	→
Igen				→	



Minőségi követelmények

Kültéri világítások tervezése

Osztály	$\bar{L}$ Az úttest fénysűrűsége száraz útfelületi feltételek esetén			Káprázás	Környezet világítása
	legkisebb karbantartási érték, cd/m ²	U _o minimum	U _l minimum	TI %-ban ^a maximum	SR ^{2b} minimum
ME 1	2,0	0,4	0,7	10	0,5
ME 2	1,5	0,4	0,7	10	0,5
ME 3a	1,0	0,4	0,7	15	0,5
ME 3b	1,0	0,4	0,6	15	0,5
ME3c	1,0	0,4	0,5	15	0,5
ME4a	0,75	0,4	0,6	15	0,5
ME4b	0,75	0,4	0,5	15	0,5
ME 5	0,5	0,35	0,4	15	0,5
ME 6	0,3	0,35	0,4	15	Nincs követelmény

^a TI értékének 5 százalékpontos növekedése megengedett kis fénysűrűségű fényforrások használata esetén

^b Ezt a követelményt csak akkor lehet alkalmazni, ha az úttest mellett nincsenek saját előírásokkal bíró közlekedési területek



Az avulási tényező meghatározása

Kültéri világítások tervezése

(Ez nem része a szabványnak, CIE ajánlás alapján)

- Az avulási tényező (maintenance factor) a világítási berendezés meghatározott ideig tartó használata után tapasztalható átlagos fénysűrűségének vagy megvilágításának aránya, a megállapodás szerinti új állapothoz viszonyítva.

- $MF = \text{a karbantartás előtti legalacsonyabb érték} / \text{újkori érték}$

- $MF(t) = UA \times FFA \times LTA \times FFT$

ahol

- UA = az útfelület avulási tényezője
- FFA = a fényforrás avulási tényezője
- LTA = a lámpatest avulási tényezője
- FFT = a fényforrás túlélési tényezője



Az útfelület avulási tényező

Kültéri világítások tervezése

= Értéke az útburkolat új állapotú és használat utáni fénysűrűségi tényezőjének a hányadosa.

(Megvilágításon alapuló számítások és már sok éve használt, "beállt" útburkolatok esetén $UA = 1$.)

Jövő: Mobil útreflektométer - MEMPHIS

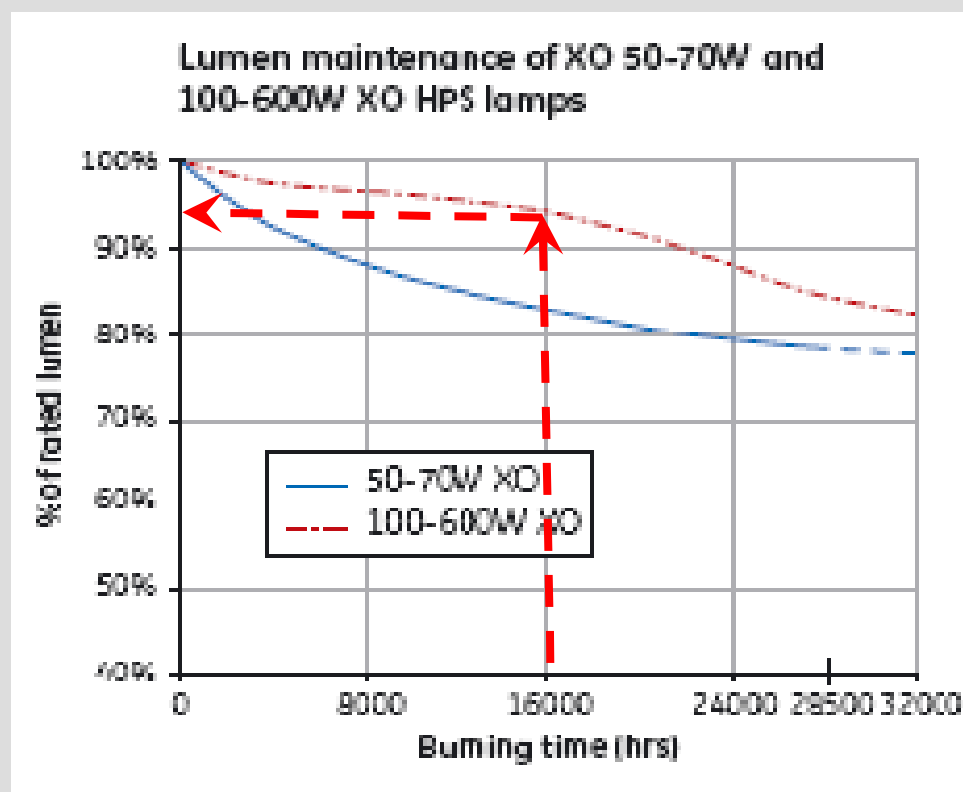




Fényforrás avulási tényező (hagyományos)

Kültéri világítások tervezése

= A kezdeti (a 100 óra után mért) fényáram és a fényforrás csere előtti fényáram hányadosa. Az FFA érték a fényforrás gyártók katalógusaiból határozható meg.



Példa: General Electric gyártmányú, Lucalox XO típusú nagynyomású nátriumlámpák, 16.000 óra égés után 0,93



Fényforrás avulási tényező (LED)

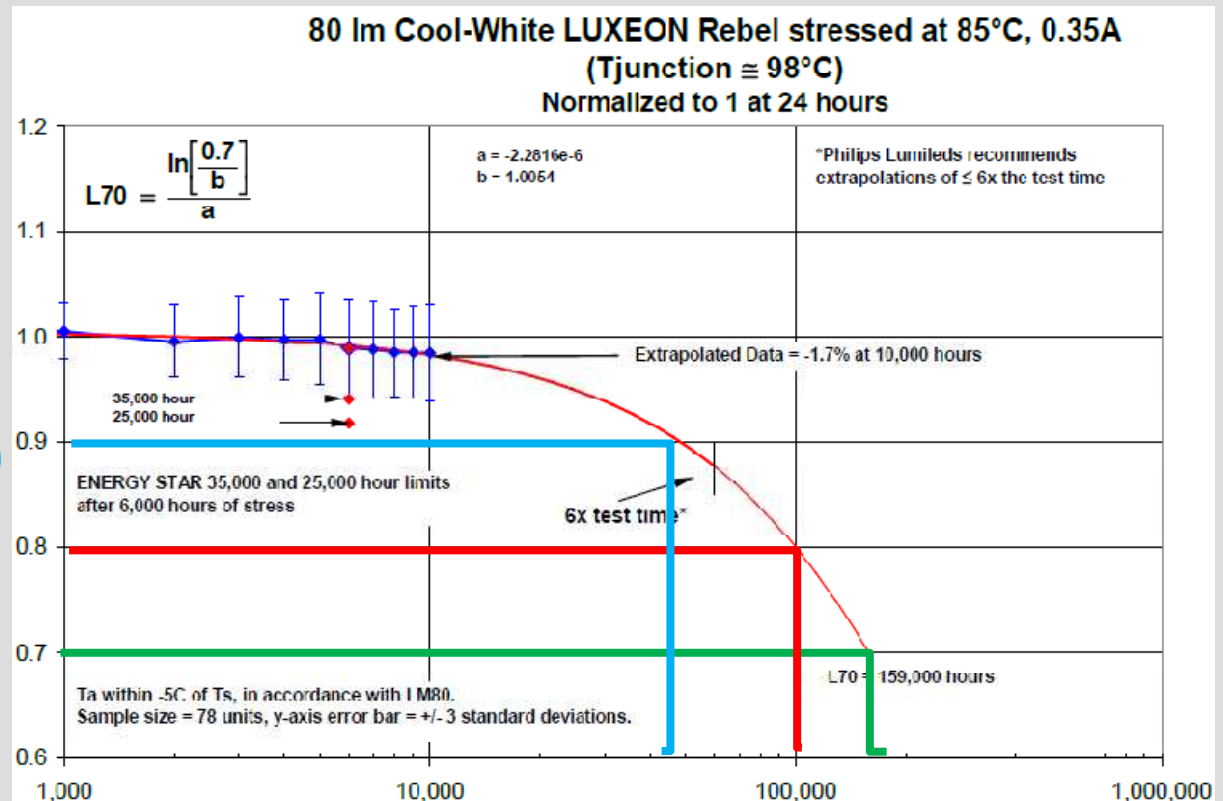
Kültéri világítások tervezése

= A kezdeti
fényáram és a
fényforrás csere
előtti fényáram
hányadosa (Lxx).
Az adott FFA
értékhez tartozó
várható élettartam
a fényforrás
gyártók
katalógusaiból
határozható meg.

L90

L80

L70



Példa: Lumileds, 80 lm Cool-White LUXEON Rebel 98°C chip hőm. 0,35A áram

forrás: http://apps1.eere.energy.gov/buildings/publications/pdfs/ssl/hodapp_chicago09.pdf

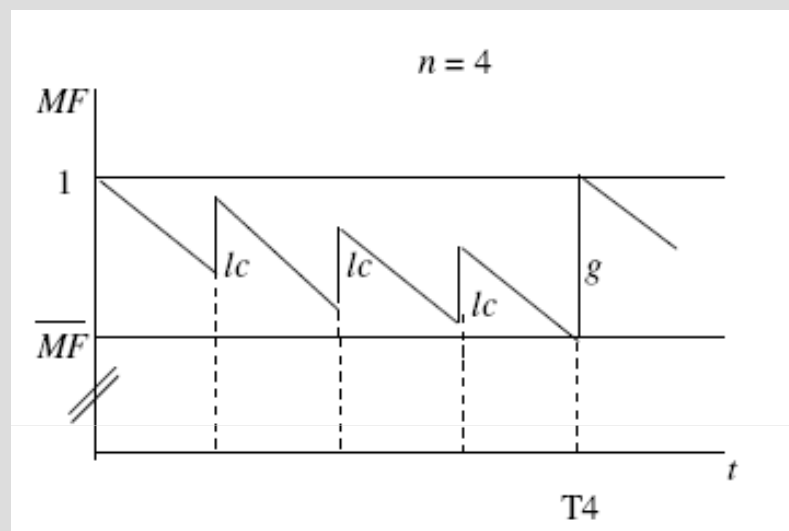


Lámpatest avulási tényező

Kültéri világítások tervezése

= A lámpatest által kisugárzott kezdeti fényáram és karbantartás előtti fényáram hányadosa. Mindkét érték új, referencia fényforrás használata mellett értendő.

Példa: 12 hónaponként végzett tisztítási gyakoriság esetén a az MSZ EN 13201 megjelenése előtt érvényben volt MSZ 20194-2 közvilágítási szabvány alapján:



A lámpatest optikai részének védettsége	IP 2X, IP 3X, IP 4X			IP 5X			IP 6X		
Környezeti szennyeződés	nagy	köze pes	kicsi	nagy	köze pes	kicsi	nagy	köze pes	kicsi
LTA	0,53	0,62	0,82	0,77	0,82	0,91	0,91	0,92	0,93

Diagram forrása: Luciano DI FRAIA, Marcello DI FRAIA: ON OPTIMIZATION OF EQUI-INTERVAL ROAD LIGHTING MAINTENANCE SCHEDULES

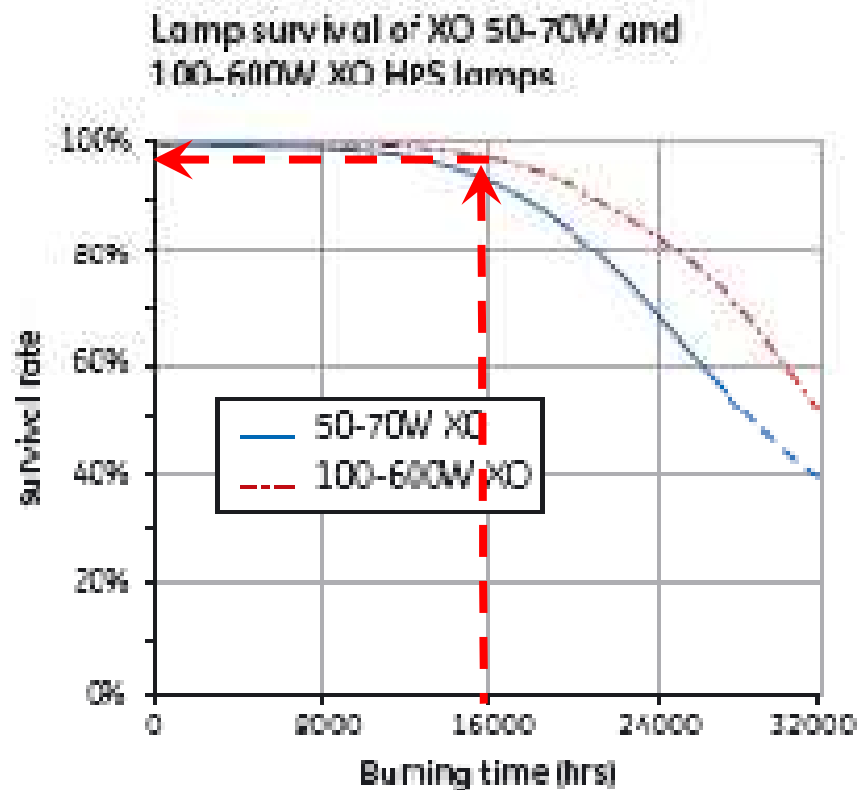


Fényforrás túlélési tényező

Kültéri világítások tervezése

= A szám, amely megmutatja, hogy egy adott üzemóra után a fényforrások hányadrésze üzemképes még.

Példa: General Electric gyártmányú, Lucalox XO típusú nagynyomású nátriumlámpák, 16.000 óra égés után 0,97





Az avulási tényező meghatározása

Kültéri világítások tervezése

Példa:

$$UA = 1$$

$$FFA = 0,93 \text{ (16.000 óra)}$$

$$LTA = 0,92 \text{ (12 hó)}$$

$$FFT = 0,97 \text{ (16.000 óra)}$$

$$MF = UA \times FFA \times LTA \times FFT = 0,83$$

A világítási berendezésnek új állapotában az avulási tényező reciprokával megnövelt átlagos fénysűrűséget (megvilágítást) kell szolgáltatni.

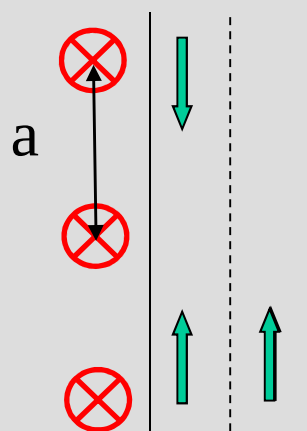
Példa: ME2 osztály minimális átlagos karbantartási értéke: $1,5 \text{ cd/m}^2$, akkor újkori értéke $1,5/0,83 = 1.81 \text{ cd/m}^2$ kell legyen



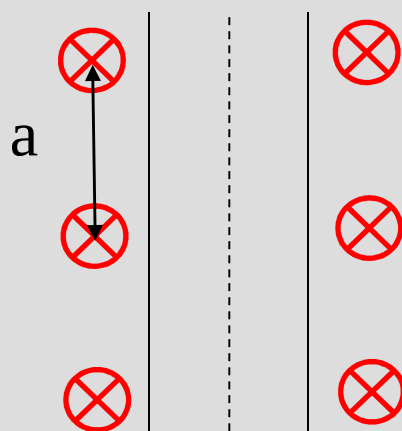
Útvilágítási elrendezések

Kültéri világítások tervezése

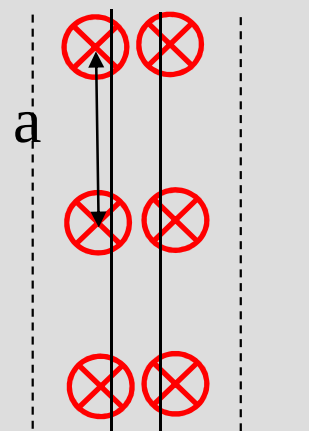
Egy oldalas



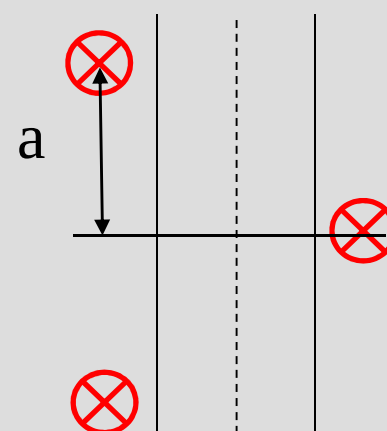
Szemközti



Közép



Váltott



Osztás távolság: két egymást követő lámpatest távolsága.



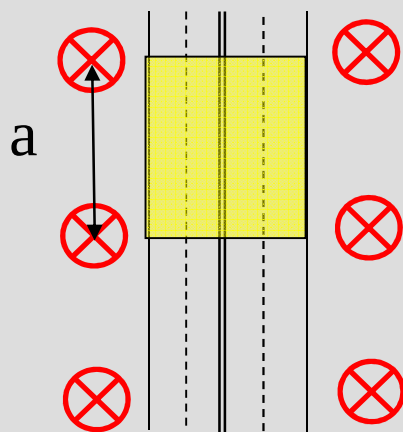
Előzetes becslés (hatásfok módszer)

Kültéri világítások tervezése

Átlagos fényssűrűség újkori értéke kb. $L_a = 2 \text{ cd/m}^2$

- $L_a = q_a \cdot E_n$, ahol q_a = fényssűrűség tényező
- Útreflexiós mátrix R3007, $q_a = 0,07 \Rightarrow E = \text{kb. } 29 \text{ lux}$
- Az út 1 méterén $1 \times 4 \times 3,5 = 14 \text{ m}^2$ felületet kell megvilágítani
- $E = \eta \cdot \Phi / A \Rightarrow \Phi = E \cdot A / \eta \Rightarrow 29 \cdot 14 / 0,4 = \text{kb. } 1000 \text{ lm méterenként}$

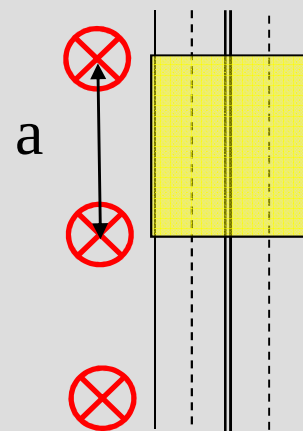
Szemközti



Fénypontmagasság ~ útszélesség fele,
 Oszítás ~ fénypontmagasság x 3-4,
 2 db 150W Na (2x16.500 lm) 32 m-ként,

Fénypontmagasság ~ útszélesség,
 Oszítás ~ fénypontmagasság x 3-4 ,
 1 db 250W Na (32.000 lm) 32 m-ként,

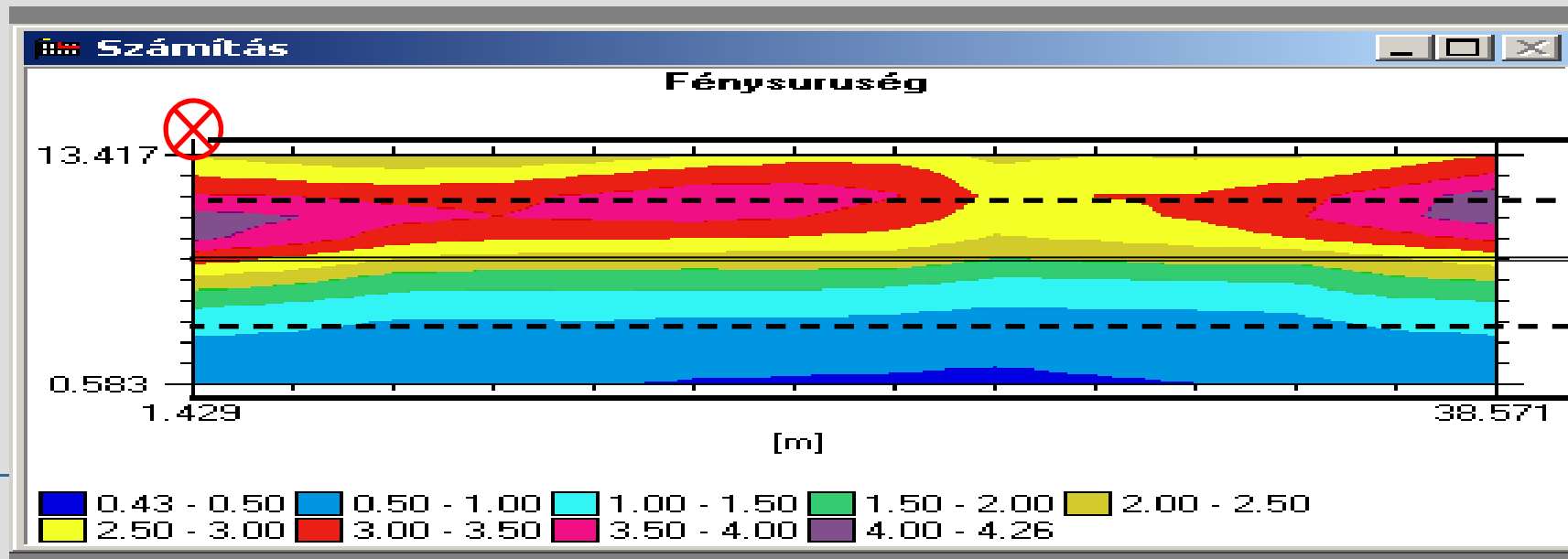
Egyoldalas



Egyenletesség U_0

A figyelembe vett útfelületen, az adott számítási vagy mérési háló pontjain lévő fénysűrűségek (illetve megvilágítások legkisebb értéke), osztva ugyanezen mennyiségek ugyanezen területre számított számtani középértékével.

Minden sávot lefedő számítási hálóra ellenőrizendő!

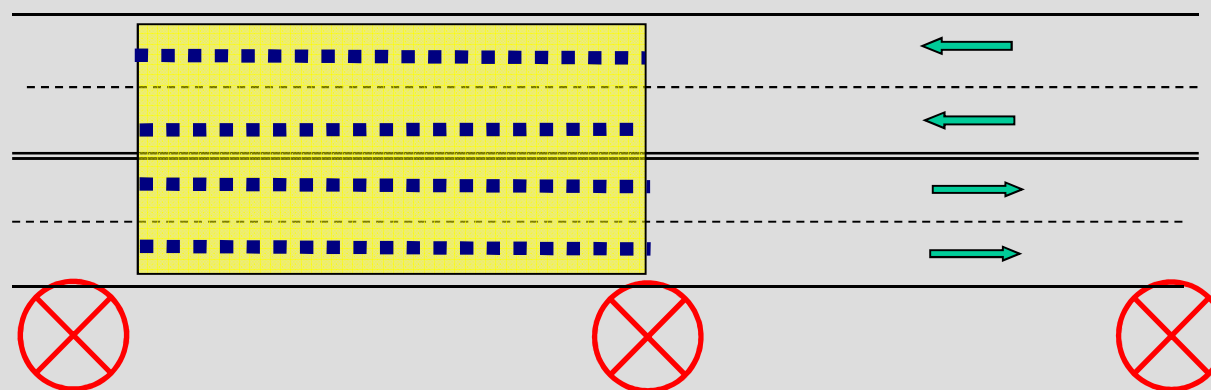




Hosszegyenletesség, U_l

A figyelembe vett forgalmi sáv középvezonáában az útfelület legkisebb és legnagyobb fénysűrűségének a hányadosa.
Minden sáv középvezonáára külön-külön ellenőrizendő!

Egyoldalás





Küszöbérték növekmény, *TI*

Az útvilágítási berendezés lámpatestei által okozott rontó káprázás miatt bekövetkező átmeneti látásromlás mérőszáma. (*TI = Threshold increment*)

Dimenzió nélküli, százalékban kifejezett szám.

Minden sáv középvonalára külön-külön ellenőrizendő!

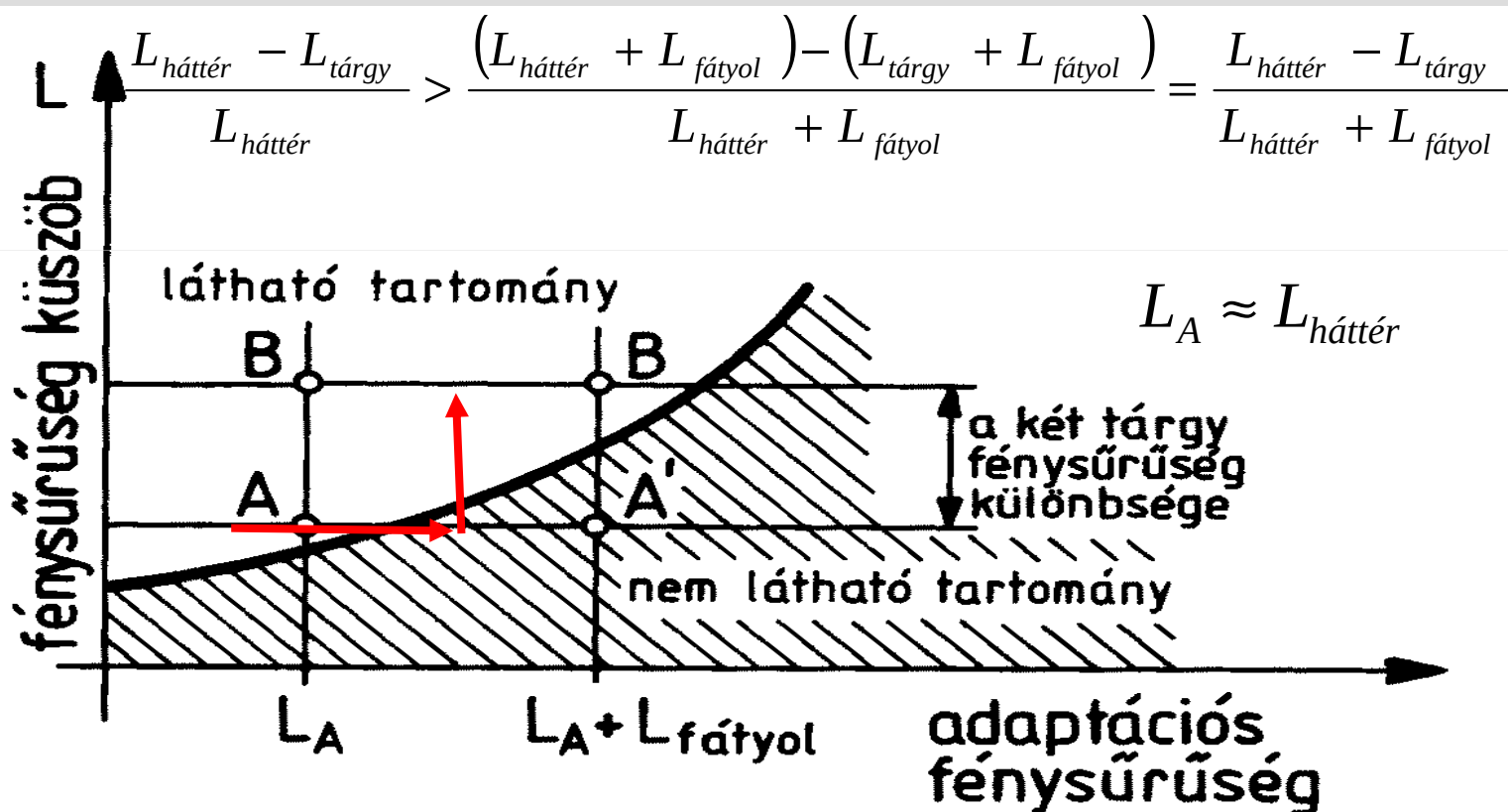
Dinamikus szemlélő!



Küszöbérték növekmény, Tl

Kültéri világítások tervezése

Kontraszt érzékelési küszöb csökkenés





Küszöbérték növekmény, T_l

Kültéri világítások tervezése

Kontraszt érzékelési küszöb csökkenés





Küszöbérték növekmény

Kültéri világítások tervezése

$$TI = 65 \frac{L_v}{L_{\text{átlag}}^{0,8}}$$

ahol:

L_v egyenértékű fátjol fénysűrűség (új állapotban!)

$L_{\text{átlag}}$ útfelület átlagos fénysűrűsége (új állapotban!)

ahol:

$$L_v = k \sum_{k=1}^n \frac{E_k}{\Theta_k^2}$$

E_k k-adik lámpatest által létrehozott megvilágítás a megfigyelő szemének síkjában (új állapotban!)

θ_k a szemlélési irány és a szemlélőből a k-adik lámpatest középpontja irányába húzott egyenes közötti szög

k a szemlélő korától (kor) függő konstans,

23 év esetén $k=10$

$$k = 9,86 \cdot \left[1 + \left(\frac{kor}{66,4} \right)^4 \right]$$



Megvilágítás: pontmódszerrel

$$E = \frac{I(C, \gamma) \cdot \cos^3 \varepsilon \cdot \Phi \cdot v}{H^2} = \frac{I \cdot \cos \varepsilon \cdot \Phi \cdot v}{\left(\frac{H}{\cos \varepsilon} \right)^2} = \frac{I \cdot \cos \varepsilon \cdot \Phi \cdot v}{r^2}$$

ahol

E	a vízszintes megvilágítás karbantartási értéke luxban adott pontban
I	a fényerősség az adott pont irányában, cd/klm
ε	a fény beesési iránya az adott pontban, fokban
H	fénypontmagasság, méterben
Φ	a lámpatestben lévő fényforrás(ok) kezdeti fényárama, klm-ben
v	az avulási tényező



Fénysűrűség: definíciós képlet alkalmazása

$$L = \frac{I \cdot r \cdot \Phi \cdot v \cdot 10^{-4}}{H^2}$$

ahol

L a fénysűrűség karbantartási értéke, cd/m^2

I a (C, γ) irányban vett fényerősség az ábra szerint cd/klm

r a redukált fénysűrűségi tényező az (ϵ , β) irányban beeső fénynyalábra vonatkoztatva, $10^4/\text{st}$

Φ a lámpatestekben lévő fényforrás(ok) kezdeti fényárama, klm

v a berendezés avulási tényezője

H a fénypontmagasság, m



Világítástervező programokkal

- Függetlenek:
 - Dialux**
 - AGI32**
 - Relux 2007**
 - ...
- Gyártói :
 - Ulysse2** (Schröder, független jóváhagyással rendelkezik)
 - Tunnel** (Schröder, alagút világítás)
 - Calculux** (Philips)
 - Europic 3** (GE lighting)
 - Ridi luxvision** (Ridi)
 - EKALUX** (Hofeka)
 - ...
- Felhasználói:
 - Vasvil** (MÁV)



Méretezés

Kültéri világítások tervezése

- A becslésnek megfelelő lehetőségek számbavétele
 - Változtatható paraméterek:
 - Fénypontmagasság
 - Benyúlás
 - Hajlásszög
 - Fényforrás
 - Tükör
 - Bura
 - Fényforrás pozíció
 - Több ezer lehetséges megoldás
 - A legjobb kiválasztása
- Finomítás
- Ellenőrzés



A tervezés prezentálása

Kültéri világítások tervezése

- A szabványnak való megfelelés megmutatása
- Az eredményt befolyásoló feltételek világos felsorolása
 - Elrendezés geometriája
 - Útreflexiós mátrix
 - Fényforrás típus, paraméterek
 - Lámpatest típus (tükör, bura, foglalatállás)
 - Karbantartási előírások (fényforrás csere, tisztítási intervallum)
- Tervező azonosíthatósága (név, cím, telefon)



Alagútvilágítás jellegzetességei

Kültéri világítások tervezése

- Nincs EN szabvány, de van CIE 88 ajánlás
- Méretezés fénysűrűsége, de a szemlélő folytonosan mozog előre a sávok közepén
- Reflexió figyelembevétel
- Fal fénysűrűsége is méretezünk
- Adaptációs zónák
- Külső adaptációs szint figyelembevétel
- Általában egyirányú útpályák vannak, ezért lehetőség van aszimmetrikus világításra (counter-beam lighting)



- MSZ EN 12464-2:2007 Kültéri munkahelyek világítása
- Méretezés megvilágításra
- Határegyenletesség ($E_{\min}/E_{\max}$) is
- Árnyékosság
- Káprázáskorlátozás (lámpatestek megfelelő elhelyezése és árnyékolása)
- Térvilágítás és feladatvilágítás elkülönítése (multifunkcionális területek)
 - Munkavégzés jellege (munkavédelem)
 - Közlekedés biztonság
 - Közbiztonság
- Zavaró fények korlátozása a szabványban!



- (MSZ) EN 12193 szabvány, de a nemzetközi sportszervezetek előírásai ettől eltér(het)nek
 - Méretezés vízszintes megvilágításra
 - Méretezés kamera irányú megvilágításra
 - Káprázáskorlátozás (lámpatestek megfelelő elhelyezése és árnyékolása)
 - Árnyékosság
 - Felhasználói szintek szerinti világítási igény
 - Amatőr
 - Helyi versenyek
 - Országos v. nemzetközi versenyek



- Nincs EN szabvány, van CIE ajánlás, de nem ajánlom!
 - Méretezés fénysűrűsége lenne jó, de megvilágításra orrénik, azonban a lényeg az esztétikai hatás
 - Módszerek
 - Fényárvilágítás (többé-kevésbé a napnak hatás vissza-adása)
 - Kiemelő világítás (Új esztétikai hatások)
 - Megvilágítás különbség
 - Szín különbség
 - Írány különbség
 - További szempontok
 - Képzésként látás (lámpatestek megfelelő elhelyezése és árnyékolása)
 - Alapvilágítás szint
 - Fókuszirány
 - Jellemző nézési távolság
 - Kulturális háttér
 - Hierarchia
 - Világítási mesterterv



Kültéri világítások tervezése

Előadó: **Schwarcz Péter** (tel: +36 30 931 9514)

- Köszönöm a figyelmet!