

## Mérési módszerek

### 1. Digitális kamera és nagy látószögű optika

Fotometriai mérésekkel juthatunk a legpontosabb fényszennyezettségi adatokhoz. A kalibrált, tükröreflexes digitális kamerával, nagy látószögű objektívvel a teljes égboltról készített felvétel megmutatja a felületegységre jutó fényerősséget. A felvételeket állványról, a zenit felé fordított kamerával, érzékeny ISO beállítással és hosszú záridővel kell készíteni. A fényképezőgép rögzíti az érzékelőjét ért fényt, így a nyers (RAW formátumú) felvételek minden egyes képkockája fénysűrűség információkat tartalmaz. A feldolgozás során ezekhez megfelelő színskálát rendelve, hamis színes képeken ábrázolhatjuk a fénysűrűség eloszlását. Az optika megfelelő kalibrálásával és jó beállításokkal az SQM mérésekhez hasonló 0,1 mag/ívm<sup>2</sup> pontosságot lehet elérni (Kolláth 2010). Az alábbi táblázat három lehetséges beállítást mutat be három különböző kameratípusnál.

Fényképezőgép	Canon EOS 1000D	Canon EOS 600D	Canon EOS 350D
Optika	Samyang 8mm f/3,8 UMC CS II halszem	Lensbaby 5,8mm cirkuláris halszem	Sigma 4,5mm f/2,8 EX DC cirkuláris halszem
Érzékenység	ISO800	ISO1600	ISO800
Expozíciós idő	90 s	90-180 s	180 s
Apertúra	f= 3,8	f= 3,5	f= 2,8-3,5

### 2. SQM (Égbolt Minőség Mérő)

A Sky Quality Meter (SQM) hordozható fénysűrűség-mérő eszköz. A kanadai Unihedron cég fejlesztése, körülbelül 50.000 forintért megrendelhető. E kézi műszer érzékelője 1,5 szteradián térszögből érkező fényt gyűjt össze, és a mért értéket magnitúdó/ívmásodperc<sup>2</sup> mértékegységben írja ki. A mérések során a műszert a zenit felé kell irányítani, öt egymásutáni mérést kell végezni. Feldolgozáskor az első két eredményt figyelmen kívül kell hagyni (a műszer bemelegedése miatt ezek pontatlanabb értékek), a maradék hármat pedig átlagolni kell. A mért fénysűrűségek (Y) mértékegysége a magnitúdó per ívmásodpercnégyzet (mag/arcsec<sup>2</sup>), amely könnyen átszámítható olyan értékre (X), amelynek mértékegysége cd/m<sup>2</sup> (SI mértékegység), a következő formula segítségével:

$$X(\text{cd} / \text{m}^2) = 10,8 \cdot 10^4 \cdot 10^{-0,4[Y(\text{mag} / \text{arcsec}^2)]}$$

A műszer pontossága  $0,1 \text{ mag/arcsec}^2$ . A méréshez szükséges kedvező körülmények összetettek. A mérés akkor kezdődhet, ha holdmentes, derült éjszaka van, és a Nap már 18 fokkal a horizont alá kerül (csillagászati éjszaka), és addig tarthat, míg a Nap az éjszakai útja folyamán újra 18 fokra meg nem közelíti a horizontot. Amennyire lehetséges a mesterséges fényforrások közelségét kerülni kell. Városon belüli méréseknél természetesen ezt nem mindig sikerül tökéletesen betartani. Kerülendők még az olyan helyek is, ahol tereptárgyak (pl. fák) zavarhatják a műszer detektorát. Az adott területen megfelelő távolságokban megfelelő mennyiségű mérést végezve, majd a mérési eredményeket térképen ábrázolva információ szerezhető az éjszakai égbolt átlagos fényességéről. A mérések helyszínének koordinátáit GPS készülékkel határozhatjuk meg pontosan.

### **3. Loss of the Night (Az Éjszaka Elvesztése) alkalmazás**

A Loss of the Night nagyon egyszerűen használható android készülékekre készült, ingyenesen letölthető alkalmazás, amellyel információt szerezhetünk lakóhelyünk éjszakai égboltjának fényességéről. A megfigyelő szemét használja fénymérőként, hiszen különböző csillagképekben kell bizonyos csillagokról eldönteni, hogy látszanak-e az adott helyről. Az applikáció a Google's Sky Map alkalmazáson alapul. A mért adatokat világtérképen ábrázolva, illetve grafikonon is megtekinthetjük, így lehetőségünk nyílik lakóhelyünk égboltjának kifényesedését összehasonlítani más területekkel. A résztvevők mérés közben észrevétlenül megtanulják a csillagok és csillagképek neveit, és részt vehetnek egy nemzetközi tudományos kampányban is. A fényszennyezéssel foglalkozó kutatóknak nagyon kevés városokból, a földfelszínről mért égboltfényességi adat van birtokában, ezért különösen fontosak a lakott területekről beküldött adatok. Az alkalmazás használata egyszerű, oktató jellegű, de egyben játékos, és nem utolsó sorban rengeteg hasznos információt szolgáltat a fényszennyezéssel foglalkozó kutatóknak, így megfigyelőként és adatszolgáltatóként is hozzájárulhatunk a környezetvédelemhez.

### **4. Dark Sky Meter (Sötét Égbolt Mérő) alkalmazás**

A Dark Sky Meter egy iPhone alkalmazás, amelynek segítségével készülékünk kameráját használva egyetlen gombnyomással információ szerezhető az éjszakai égbolt fényszennyezettségi szintjéről. Az applikáció 0,99 dollárért letölthető a <http://www.darkskymeter.com/home/> oldalról, ahol részletes információkat találunk a használatával kapcsolatban is. Holdmentes, derült éjszakán, direkt fénytől mentes helyen a

csillagászati szűrőlet után készülékünk kameráját a zenit felé fordítva egy gombnyomással SQM-adatokhoz jutunk. Az alkalmazás csillagászati mértékegységben (magnitúdóban) is kiírja az égbolt fényességének értékét, valamint összehasonlítja a kapott adatot az éjszakai égbolt természetes háttérfényességével. Az alkalmazás iPhone 4S, 5 és 5S típusú készülékeken futtatható. Más típusú android készüléken a kamerák nem megfelelő érzékenysége miatt nem használható. Adatainkat feltölthetjük egy központi szerverre, így az alkalmazás használatával globális éjszakai égboltminőség-felméréshez járulhatunk hozzá, melynek eredményét térképen láthatjuk. Előnye, hogy lényegesen olcsóbb, mint a Sky Quality Meter műszer.

### **5. Globe at Night (A Föld Éjszaka) kampány**

A Globe at Night egy nemzetközi tudományos kampány. Célja, hogy felhívja a lakosság figyelmét a fényszennyezés veszélyeire. A kampányhoz csatlakozók a még látható csillagok fényességét feljegyezve megbecsülik lakhelyük fényszennyezettségét, s adataikat számítógép vagy okostelefon segítségével feltölthetik egy internetes adatbázisba. A világ minden részéről érkező adatokat térképen ábrázolják, így a résztvevők összehasonlíthatják saját eredményeiket más földrajzi helyeken élők megfigyeléseivel. A kampányban való részvétel nagyszerű lehetőség a fényszennyezés fogalmának és kockázatainak megértésére, a földrajzi koordináták és a csillagtérképek használatának gyakorlására, a csillagképek felismerésének és a csillagok eltérő fényességi értékeinek elsajátítására. A megfigyeléseket napnyugta után legalább egy órával kell elkezdni olyan helyszínen, ahol nem zavarnak direkt fények. A helyszín pontos koordinátáinak feljegyzése után legalább 10 percig kell várakozni, hogy látásunk adaptálódjék az alacsony fényviszonyokhoz. Ezután meg kell keresni az időszaknak megfelelő csillagképet az égbolton, majd össze kell hasonlítani a látványt a megadott fényességtérképekkel. Fel kell jegyezni a látványhoz legjobban hasonlító térkép sorszámát, a mérés pontos idejét, helyét, az égbolt felhőzettségének mértékét, s az eredményeket fel kell tölteni a kampány honlapján található adatbázisba. Ha lehetőség nyílik rá, több helyről is végezzük el a megfigyelést. Az adatokból készülő térképen megtekinthetők a honlapon a világ összes pontjáról beérkezett megfigyelési eredmények, így információ nyerhető a látható éjszakai égbolt állapotáról világszerte. A feladat elvégzéséhez segítséget nyújt az Orion csillagkép megfigyeléséhez szükséges magyar nyelvű leírás és adatlap, valamint az angol nyelvű <https://www.globeatnight.org/> oldal.

Szükséges eszközök:

- "GLOBE at Night" tanári vagy családi információs segédanyag (az adott időszaknak megfelelő csillagkép vizsgálatához letölthető megfigyelési adatlappal együtt a <https://www.globeatnight.org/downloads> oldalról)
- Íróeszköz (papír, ceruza)
- Zseblámpa piros celofánnal (vagy hasonló anyaggal) lefedve fényének csökkentése érdekében
- Opcionálisan GPS, okostelefon, topográfiai térkép a földrajzi koordináták meghatározására

A mérés elvégzésének lépései:

1. A mérés helyének és időpontjának kiválasztása. A mérés elvégzését napnyugta után legalább egy órával, lehetőleg direkt fényektől mentes helyen kell végezni. A megfigyelőhely földrajzi szélességét és hosszúságát fel kell jegyezni.
2. Az évszaknak megfelelő csillagkép megkeresése (összel a Hattyú vagy a Pegazus, télen az Orion, tavasszal az Oroszlán, nyáron a Herkules). A mérés megkezdése előtt célszerű várni 10-15 percet a szem sötéthez való adaptációja miatt.
3. Az égbolton megfigyelhető látványhoz leginkább hasonlító térkép kiválasztása a <https://www.globeatnight.org/magcharts> oldal segítségével. Az égbolt derültségének mértékét is meg kell becsülni.
4. A megfigyelési adatok beküldése a [www.globeatnight.org/report.html](http://www.globeatnight.org/report.html) oldalon keresztül.
5. A világ minden részéről érkező megfigyelési adatok és a saját eredmények összehasonlítása a <https://www.globeatnight.org/maps.php> oldalon.