

KOLLÁTH ZOLTÁN

# Történetek a fényszennyezésről

Szükségünk van sóra és cukorra. De belőlük is megárt a sok. Az izzadástól elveszített só pótolnunk kell, de nagy mennyiségben akár mérgező is lehet a bevitele. Nem élhetnénk napfény nélkül – fontos D-vitamin forrásunk a központi csillagunk fénye, de ha túlzásba visszük a napozást, rögtön leégünk, és komoly következménye lehet az ibolyántúli sugárzásnak. Mai életstílusunkban már az éjszakát sem túrnék fények nélkül. Természetessé vált, hogy a mesterséges fények, a világítás ott van mindenhol. Sokaknak komoly problémát okozna, ha hirtelen elcsötdétnének városaink. Ám a mértéktelenség a fény esetén is gondot okozhat környezetünknek, de akár a saját egészségünknek is. Ma már egyre ismertebb a fényszennyezés fogalma. 2012 augusztusától jogszabályi definíció is létezik: „*Fényszennyezés*: olyan mesterséges zavaró fény, ami a horizont fölé vagy nem kizárólag a megvilágítandó felületre és annak irányába, illetve nem a megfelelő időszakban világít, ezzel káprázást, az égbolt mesterséges fénylését vagy káros élettani és környezeti hatást okoz, beleértve az élővilágra gyakorolt negatív hatásokat is.” – 253/1997. (XII. 20.) Korm. rendelet az országos településrendezési és építési követelményekről (OTÉK).

Akár le is egyszerűsíthető a fényszennyezés fogalma, ha a légszennyezésre alkalmazott definíciót használjuk, például a levegő védelméről szóló 306/2010. (XII. 23.) Kormányrendelet alapján: „*Légszennyező anyag*: a levegőben lévő, és az emberi egészségre vagy a környezet egészére valószínűsíthetően káros hatást gyakorló anyag; *légszennyezés*: légszennyező anyag kibocsátási határértéket meghaladó mértékű levegőbe juttatása”. A fény is anyag, a fotonok a részecskéi, így akár a légszennyezésre vonatkozó meghatározás közvetlenül is alkalmazható a fényszennyezésre is. Persze mint sok más esetben, a légkörben lévő fotonok közül sem mondható meg egyértelműen, hogy melyik a szennyező. A szén-dioxid is a légkör természetes alkotója, nélkülük nem létezne a növényi élet többsége. Szükség van szén-dioxidra természetes mértékben. Egy molekuláját kiválasztva a levegőből nem tudjuk eldönteni, hogy a jó vagy a rossz kategóriába soroljuk... Éjszaka az égbolt irányából érkező fotonról sem tudjuk, hogy az természetes eredetű, pl. egy csillag ragyogása vagy egy az égbolt irányába célzott reflektor légkörről visszaszóródó fénye. Sokszor éppen ez a probléma: a fényszennyezés nem különül el a hasznos jeltől. De erről még lesz szó a későbbiekben.

Az OTÉK meghatározásából is látszik, hogy a fényszennyezés összetett jelenségkör. Érdemes külön-külön megvizsgálunk, mit takar ez a fogalom.

## A kozmikus fény végzete

A Fény Nemzetközi Évének az egyik központi eleme a kozmikus fény. Érdemes tehát kicsit körbejárunk ezt a témát. De mi is a kozmikus fény? Minden, ami a kozmoszból érkezik és látható. A csillagok és a bolygók fénye, a csillagközi ködökről és a galaxisokról hozzánk érkező fotonok. A Tejút sávja az éjszakai égbolton, amely maga is csillagok millióinak az együttes derengése, a kozmikus fény egyik leglátványosabb megjelenése. Sajnos a végzet nagyrészt már beteljesedett: a középiskolát befejező városi gyerekek jó része már úgy nőtt fel, hogy nem találkozott még a Tejút látványával. De miért is nem?

A fény könnyedén kölcsönhatásba kerül az anyaggal, ezért a fénysugarak egy része elnyelődik vagy szóródik a közegben. Ez utóbbi jelenség folyamán a fény részecskéi nem tűnnek el, mindössze irányt változtatnak. Ez aztán sok kalamajkát okoz a kozmikus fény életében... A fényszórás sokszorosan is előkerül a kozmikus fény történetében. Azoknak a fotonoknak az életútja, amelyeket a természetes éjszakai égbolton láthatunk, valahol a csillagok mélyén indult. A csillagok magjában zajló energiatermelés, amikor a hidrogéntől kiindulva felépülnek az egyre nehezebb atommagok, fotonok kibocsátásával jár.



Kozmikus fény: csillagok, a Tejút sávja, az Androméda-köd és kilenc Perseida meteor nyoma 2015 augusztusában a Zselicből

A megtermelt energiát szállító fotonok születésük pillanatában még nem tekinthetők fénynek, hiszen hullámhosszuk lényegesen rövidebb, mint a látható tartományba eső elektromágneses sugárzásé. Láthatóvá válásukig sok idő telik el. Nem tudnak ugyanis egyenesen kirepülni, terjedni a csillag mélyéről, hiszen az ott lévő közeg majdnem teljesen átlátszatlan. A csillag mélyén a gáz plazma állapotú, az atommagok és az elektronok külön életet élnek. Furcsa módon az elektronok azok, amelyek leginkább kölcsönhatásba kerülnek a fotonokkal. Az elektromágneses sugárzás szóródik az elektronokon. Vákuumban és híg közegben a fény egyenes vonalban terjed. Ez történik a csillagban keletkezett fotonokkal is, de az egyenes út többnyire csak egy milliméternyi, vagy még rövidebb szakaszra terjed ki. Ekkor következik be a kölcsönhatás az elektronokkal, azokon szóródva a foton más irányba halad tovább. A fény útja véletlen irányú, rövidke szakaszokból tevődik össze.

Ha egyenes vonalban távozhatna a fény egy a Napunkhoz hasonló csillagból, akkor mindössze két másodpercre lenne szükség ahhoz, hogy a magból indulva elhagyja a csillag felszínét. Az imént említett véletlen bolyongás azonban rendkívül elnyújtja ezt az időtartamot. Két másodperc helyett százezer éves nagyságrendű időszak az, amíg a fotonok az égítést belsejében bolyonganak. Az elindult foton – pontosabban annak utódai, mert a kölcsönhatások folyamán folyamatosan alkalmazkodnak a környezet hőmérsékletéhez, míg a felszínen már a látható fény tartományába kerülnek –, gyakorlatilag bejárja a csillag teljes belsejét. Ez elsőre meglepő,

de ezzel jár, ha a fény 100 ezer fényévnyi utat tesz meg egy két fénymásodperc méretű gömbben...

A csillagot elhagyva a fény már viszonylag könnyedén halad – jó esetben a Földig tartó pár évtől néhány ezer évig terjedő utat ütközésmentesen megteszi. Persze van olyan kozmikus fény, amely már közvetve érkezik hozzánk a csillagoktól. A Fiastyúk csillagai jelenleg egy gázfelhőn haladnak keresztül. A csillagfény megvilágítja a ködöt és az arról irányunkba szóródó fény jellegzetes kék színben ragyog – ami nem más, mint a csillagok színe. A kőd fehérnek számít ebből a szempontból. Az Orion-köd kekesen fénylő részei a Fiastyúk felhőihöz hasonlóan a fiatal kekes csillagaitól kapják a színüket. A vörös fénylés is a csillagoktól ered, de ez már nem csak tiszta reflexió: a nagy energiájú fotonok gerjesztik a hidrogént, és az elemre jellemző piros színképvonal határozza meg a látványt. Az Orion-köd fénye kb. 1500 évet utazik, amíg elérkezik hozzánk. A Tejút derengése még hosszabb utat tesz meg szemünkig – 10 ezer fényéves távolságkála jellemzi azon csillagok távolságát, amelyeket külön-külön nem láthatunk szabad szemmel, de együttesen a jellemző fénylést adják.

A Tejút fénylő sávjából egy teleholdnyi égrésről pár ezer foton érkezik egy másodperc alatt a pupillánknak megfelelő területre a légkör külső részén. Az éjszaka a pupillán átjutó fotonoknak azonban mindössze a tizede ér el egy pálcikába, azaz másodpercenként mindössze pár száz foton lesz az, ami a Tejút derengését láthatóvá teszi számunkra. A látásunk felbontását is figyelembe véve egy-egy elemi „pixelre” még kevesebb fény esik.

Itt érdemes kicsit összefoglalni az előzőket: a fény pár százezer évet bolyongott a csillag belsejében, utána még akár jó pár ezer évet utazott a csillagok között, míg elérkezett a földi légkörig. Egy-két tucatnyi foton egy másodperc alatt már könnyen érzékelhető ingerületet okoz a recehártya érzékelő sejtjeiben, ennél kevesebb is elég a fényérzethez. Azonban itt következik a légkör, amely felhős időben mindent elnyel és derült időben is áldozatul esik minden 4-5. foton a levegő molekuláin, a párán és a mindenféle egyéb részecskéken (aeroszolon) történő szórás „jóvoltából”. Még mindig maradna elegendő bőven ahhoz, hogy lássuk szabad szemmel is a Tejutat vagy az Orion-ködöt. De a verseny a láthatásért igazából akkor kezdődik, amikor máshonnan származó fotonok is megjelennek az éjszakai égbolton.

A csillagok belsejében a fotonok néhány millimétert tesznek meg két szóródás (ütközés) között. A földi légkörben ez közel 10 km. Lényegesen nagyobb távolság, de a földfelszínről távozó fény jelentős része még így is „összefut” egy szóró részecskével, és többnyire visszajut a felszínre. Az égbolt a mesterséges fények hatására kivilágosodik. A városokban egy teliholdnyi égrésről tízezer, vagy akár ennél is lényegesen több foton érkezik egy másodperc alatt – ezzel kel versenyre a kozmikus fény pár száz fotonja. A hosszú út után ez lesz a végzete. A városlakók számára már elveszett a Tejút, az Orion-köd vagy az Androméda-galaxis látványa...

### Szeretnének egyenesen repülni...

Évmilliókon keresztül a környezet megvilágítását a Nap és a Hold változása határozta meg. Kiválasztódtak azok a lények, amelyek nappali fényben aktívak, és azok, amelyek főleg az éj leple alatt keresték meg táplálékukat, vadásztak vagy éppen a ragadozók elől rejtőzködtek el a sötétben. A Hold is központi szerepet játszott az éjszakában, lényegesen megnövelve az életterek megvilágítását. A Naphoz hasonlóan a Hold is fontos tájékozódási pontot jelentett. Nagyon sok faj számára lényeges az, hogy „lakóhelyéről” viszonylag nagy távolságokra repüljön élelemért, majd onnan ismét hazajusson. Gondoljunk csak a virágpöréért kilométerekre repülő méhekre. Számukra és a többi nappal aktív lénynek a környezetet kellően megvilágítja a Nap, ahhoz hogy a fák és más növények kontúrja, szerkezete kellő tájékozódási alap legyen.

Az égbolt is fényes, így a fényének polarizáltsága iránytűként szolgálhat.

De mi történik éjszaka? Hogyan tájékozódnak például az éjszaka repülő rovarok, amelyek többségben vannak a nappal aktív társaikhoz képest? Egyrészt szemük alkalmazkodott az éjszakai viszonyokhoz. A nappal repülő rovarok összetett szemének egy egysége csak a saját fotoérzékelőjéhez juttatja el a fényt. Az éjszaka repülő rovaroknál részben eltűnt az egységeket elválasztó fal és a lencse úgy módosult, hogy a saját irányától eltérően érkező fényt a szomszédos receptorokhoz irányítsa. A szem felbontóképessége nem növekedett meg ezáltal, de ugyanahhoz a „pixelhez” nagyobb felületről gyűjti a fényt. Ezáltal alkalmassá váltak arra, hogy éjszakai fényviszonyok mellett is megtalálják legelőjüket vagy éppen prédájukat. A tájékozódáshoz csak néhány szabályt használhattak: a Hold lassan mozog az égen, irányja pedig – nagy távolsága miatt – független attól, hogy éppen milyen messzire repültek. Kiváló tájékozódási pont. Az éjszakai égbolt is jelentősen fényesebb, mint a talaj vagy a növénytakaró.



**A rovarok temetője. Ez a helyszín a településektől távol található, az éj közepén emberek nem igazán látogatják. De a fényvető működik, így rovarok nagy számban érkeztek és estek csapdába. A kis kápolna is szebb lenne a csillagok és a Hold természetes fényében**

Ha baj van, akkor a világos felé kell repülni – ott szabad a mozgás, nem kerül semmi az útba. A Hold és így bármilyen fény látványa egyben a szabad útvonalat is jelzi. Ezek lehetnek a fő tényezők – és valójában nem is ismerünk még mindent pontosan – amelyek arra vezetnek, hogy az élőlények egy része vonzódik a fényhez, azaz fototaxisuk pozitív. A történetben az a szomorú, hogy nem származik haszna a rovarnak abból, ha minden fényhez vonzódik. Gondoljunk csak azokra a rovarokra, amelyek akár a gyertyafénybe is berepülnek, és ott elégnek...

A pozitív fototaxis egyik érdekes formája az, amikor lényegében nem is a fény irányába repül a rovar. A tényleges célja az lenne, hogy egyenesen repüljön. Évmilliók alatt rögződött DNS-ében is, hogy a Hold fényét meghatározott irányban tartva röppályája egyenes lesz. Ennek segítségével eljuthat egy másik legelőhelyre, vagy éppen visszaérhet pihenőhelyére. Szemük felbontása nagyon is korlátozott – egy koncentrált fény az éjszakában a Hold képzetét kelti bennük. De mit okoz egy közeli fényforrás? Haladási irányukat és a fényforrás irányát bezáró szöveget állandóan tartva a rovar spirális pályán közeledik a fényforráshoz, esetleg még mielőtt azt elérné, zavaros körpályára áll. Mindannyiunk számára ismerős ez a látvány a lámpa körül röpködő rovarokról.

Egy másik lehetséges folyamat a fénycsapda létrejöttére az, hogy amint az embernél is tapasztalható, erős fény hatására átme-





Szentjánosbogarak rajzása a szürkületi erdőben. Számukra a természetesen megvilágított környezet azért is fontos, mert saját fényüket használják a párkeresésben. A fényszennyezés a szaporulat elmaradásával is járhat

netileg csökken a szem érzékenysége. Próbál ugyan eltávolodni a fénytől a rovar, de miután sötétebb térbe jut, ideiglenesen csökkent látóképességével ismét a látszólagos biztonságot választja és visszatér a világítás irányába. Sok repülő éjszakai lepke egyszerűen leszáll egy megvilágított felületre, mert a látvány azt a képzetet kelti, hogy elérkezett a nappal, a pihenés ideje. Az eddigiekben emlegetett hamis pozitív fototaxis végeredménye minden esetben az, hogy csökken, vagy teljesen megszűnik az az időtartam, amely az élelem megszerzésére vagy éppen a szaporodáshoz szükséges pár megtalálásához kell. Hogy milyen erős ez a hatás, az az elpusztult egyedek ezreivel, kilóival vagy éppen tonnáival mérhető. Számos példát találhatunk erről az egyre gyarapodó szakirodalomban.

### Elmulasztott lehetőségek

A technológia fejlődése többnyire hasznunkra válhat, például azáltal, hogy javul a hatások, ugyanazt a munkát vagy megtett távolságot kevesebb üzemanyaggal is elérhetjük. A világítás történetében is többször átestünk forradalminak tekinthető fejlődésen. A gyertyafény nagyon drága volt, az igazi fényűzést csak az uralkodók engedhették meg maguknak. Érdeemes megnéznünk Adolph Menzel „Nagy Frigyes fuvolakoncertje Sanssouciban” című festményét. A kor emberének igazi ragyogást jelentett egy ilyen világítás, amit a festmény nagyon szépen illusztrál. A díszes csillár húsz gyertyája azonban mai szemmel már nem jelent óriási fényt. A ma embere már panaszkodna, ha ekkora megvilágítás lenne egy koncerten – legfeljebb karácsonyi hangulatra lenne elegendő. Egy hagyományos 25 wattos izzólámpa elegendő lenne a gyertya kiváltásához... De ha belegondolunk, nem is lenne szükség ekkora fényárra, mint amekkorával elkényeztetnek bennünket.

Nem véletlen hogy a gyertyákat leváltotta a gázvilágítás, amit később az elektromos fény szorított ki az utcákról. Az izzólámpa majd egy évszázadon át fejlődött, egyre hatékonyabbá vált – de itt is megvoltak a fizikai határok. Jöttek a higanylámpák, majd ké-

sőbb a kültéren uralkodóvá vált a nátriumlámpák narancssárga fénye. Ez a meleg fény több szempontból is ideálisnak bizonyult – kevésbé vonzotta a rovarokat, mint a higanylámpák hideg fénye, hogy csak egy előnyt említsünk előzetesen. Ezután folyamatosan kezdtek megjelenni útjainkon a fehér színű fényforrások. Az igazi váltásra pedig napjainkban kerül sor.

A legújabb technikai áttörés a felvezető alapú fényforrások, a LED-ek bevezetése a közvilágításba. Az új eszközök óriási előnye korábbi társaikkal szemben, hogy ugyanannyi elektromos energiából tízszer akkora fényerősséget állítanak elő, mint az izzólámpák. Egy valamiről azonban nem szabad elfeledkezni: A fejlesztés folyamata napjainkban nagyon felgyorsult. Hogy mikor vásároljuk meg az új technikát, nem könnyű döntés – sokszor több szempontot is figyelembe kell venni. A LED-ek bevezetésével is ez a helyzet. Nem biztos, hogy jól járt az, aki elsiette a világítási

### Nagy Frigyes fuvolakoncertje Sanssouciban, Adolph Menzel festménye (1850–52)



rekonstrukciót. Sok esetben az úttörők fizetik meg a rendszer gyermekbetegségeit is, de előfordult olyan eset is, hogy egy kis kivárással már jobb határfokú berendezésekkel történhetett volna meg a rekonstrukció, és lényegesen nagyobb megtakarítást érhettek volna el. Az igazi elmulasztott lehetőség napjainkban az, hogy a fényszennyezés lényegesen csökkenthető lenne, ha várunk egy kicsit és kihasználjuk a fejlődés adta tényleges lehetőségeket. Hogy ezt megértsük, ahhoz egy kicsit fel kell idéznünk, amit a látásról tudunk.



A velemi Szent Vid kápolna – a halszem perspektívájú képen együtt látszanak a templom, és Szombathely fényei. Az alsó kinagyított fotón a város lámpái külön-külön is tanulmányozhatók

Az emberek esetében óriási különbség van a nappali és az éjszakai látás között. Egy bizonyos megvilágítás fölött a szemünkben azok az érzékelők, a csapok működnek, amelyekből három eltérő fajta is van: az inkább vörösre, a zöldre és kékre érzékenyek. Ebből tevődik össze színlátásunk. Azonban szürkületben, ahogy csökken a megvilágítás szintje, a csapok folyamatosan elvesztik érzékenységet, majd nem is vesznek részt a látásban. Szerepüket a pálcikák veszik át, amikből csak egy fajta van. Ezért látunk mindent szürkének éjszaka. Fontos eltérés a nappali és az éjszakai látásunk között, hogy a megvilágítás csökkenésével a szemünk maximális érzékenysége a sárgászöld tartományból a kékeszöld irányba tolódik el. A rovarok szemének érzékenységére is jellemző, hogy a mienkhez képest is a kékebb tartományba esik a maximuma. Mi következik ebből? Ugyanolyan városi megvilágítás mellett a fehér fény lényegesen jobban vonzza a rovarokat, mint a nátriumlámpák narancsos fénye.

A manapság használt fehér fényű LED-ek igazából egy kék színben sugárzó félvezető eszközökből állnak, amelyet a kibocsátott fotonok egy részének energiáját narancssárga fényé alakító foszforréteg egészít ki. A két színt együttesen fehérnek látjuk – arányuk határozza meg, hogy hideg vagy meleg fénynek érzékeljük a keveréket. Meglepő eredményre jutunk, ha összehasonlítjuk, hogy éjszakai üzemmódban hogyan érzékeli szemünk az eltérő világitást. Hogyan látjuk egy város fénykupoláját, ha a településen belül azonos módon és mértékben világítunk nátriumlámpával és egy közepes árnyalatú fehér LED-del? A pálcikák számára a LED kékes komponense sokkal erősebb inger jelent, mint a nátriumlámpa narancsos sugárzása. A különbség akár háromszoros is lehet. Az égbolt fénylésének háromszoros növekedése drasztikus hatással lehet a Tejút láthatóságára. Szerencsére ilyen drasztikus romlással nem talákoztunk az itthoni rekonstrukciók folyamán, de ez annak a következménye, hogy a nátriumlámpás lámpatestek általában geometriailag rosszabbak voltak, mint az őket váltó új berendezések. A régi lámpatestek lényegesen több fényt sugároznak az égbolt irányába, közvetlenül a horizont síkja fölé. Ehhez képest a LED világítás egyik fő előnye a jó irányíthatóság, de a fényforrástól függetlenül is az újabb lámpatestekre általában is igaz, hogy jobbak ebből a szempontból, a fény ténylegesen csak oda jut, ahol szükség van rá. Ami rossz volt a régi világításban, azt pontosan akkora mértékben korrigálta az új rendszer, mint amennyire rosszabb lett amiatt, hogy megváltozott a fény színe. A két hatás nagyjából kiegyensúlyozta egymást, így a fényszennyezés szempontjából nem történt nagy változás. Az emberi szem szempontjából talán kicsit javult is a helyzet, de ez valószínűleg nem mondható el a rovarok fénycsapdázása kapcsán...

Ha a környezetvédelmi szempontokat figyelembe vennénk, akkor a meleg fehér, ahol lehetséges a sárgás tónusú világitást kellene előtérbe helyezni. A világítás színét a színhőmérséklettel szokták jellemezni. Érdemes megtanulnunk ezt a fogalmat, mert a háztartásban használatos fényforrásoknál is megadják jó esetben ezt az értéket. Egy forró test színe jó közelítéssel megadható



az anyag hőmérsékletével. A Nap felszíne kb. 5800 K hőmérsékletű – általában ennek megfelelően definiáljuk a fehéret. De az emberi látás egy bizonyos határon belül alkalmazkodni tud a megvilágító fény színéhez, ennek megfelelően meleg vagy hideg fehéreként jellemzünk pl. egy 3000 K és egy 6500 K színhőmérsékletű fényforrást. A nagyobb érték hidegebb, a kisebb pedig melegebb fehéret jelent. A színhőmérséklet fogalma persze ennél összetettebb, mert a modern fényforrások nem az anyaguk hevítésével érik el a fénykibocsátást. Ennek ellenére a színhőmérséklet ebben az esetben is jó közelítéssel meghatározható.

A nemzetközi tendencia ma már az, hogy csak a meleg fehér fényforrásokat tekintik környezetbarátnak. A Nemzetközi Csillagos Égbolt Társaság – amely a csillagoségbolt-parkokat is minősíti – 3000 K-ben határozta meg azt a felső határt, ami még megfelel a fényszennyezéstől mentes lámpatesteknek adható védjegyűeknek. Örömteli, hogy 2015 májusában elfogadták Budapest Világítási Mestertervét, amely a főváros egy jelentős részén ugyanezt a 3000 K-es felső határt határozza meg. Városképi szempontból is nagyon fontos a világítás színe: a régi épületekhez sokkal inkább illeszkedik a sárgás tónus, mint a hideg fény. Fontos lenne, ha több város is figyelembe venné a világítási felújításoknál, hogy az alacsonyabb színhőmérséklet sokkal inkább kedvező a fényszennyezés szempontjából. Különösen a védett természeti területek és csillagoségbolt-parkok közelében lenne ez fontos.

A fehér LED-ek első generációinál még nagyobb energia-megtakarítást lehetett elérni a hideg fehér fényűekkel, mit a melegebb tónusúakkal. A tendencia az, hogy eltűnik ez a különbség. Várhatóan a kifejezetten sárgás fényű LED-ekkel is hasonló hatásfok érhető el a közeljövőben. Így minden szempontból célszerű lenne a melegebb fényű, és így kevésbé zavaró világítás használata. Az eltérést jól alátámasztja az eddigi mérésekre és modellszámításokra alapozott eredményünk. Ha a jelenleg jellemző nátriumlámpás világítást (aminek színhőmérséklete 2000 K alatti) a jellemzően alkalmazott 4200–4500 K-es színhőmérsékletű LED-ekkel cseréljük le, akkor a már említett kettős hatás miatt jó esetben a korábbi szinten marad a fényszennyezés. Ha helyett a kedvezőbb, 3000K-es lámpákat telepítenék, akkor a város fénykupolájának a fényessége a korábbihoz képest felére csökkenne. Sajnos többnyire nem ezt a lehetőséget választják, így az új berendezések elavulásáig várnunk kell az újabb lehetőségekre. Most ezt elmulasztottuk...

## Kék fény és az egészségünk

Éjszakai környezetünkben egyértelműen kisebb kárt okozunk a kevesebb kék komponenst tartalmazó világítással. De nemcsak környezetünk, hanem saját egészségünk is nyerne a sárgásabb fényekkel. Az utóbbi évtizedben egyre több vizsgálat született az embert éjszaka érő fény hatásáról. Szemünkkel ugyanis nem csak látunk. A pálcikákon és csapokon kívül még egy fényérzékeny sejt található a retinában, amelyről sokáig nem is tudtunk. Az ezekből a sejtekből származó ingerület az egyik hormon, a melatonin termelését szabályozza. A melatonin éjszaka termelődik, de csak sötétben: amennyiben túlzott mennyiségű fény éri az akár lecsukott szemünket, akkor az inger gátolja a melatonin termelését. Normális esetben éppen ez a folyamat segít a természetes ébredésben, a melatonin segít az alvásban, a reggeli szürkület fényei pedig leállítják a hormon termelését. Az éjszakai sötétre szükségünk van ahhoz, hogy biológiai óránk megfelelően járjon, és kövesse a nappalok és éjszakák ciklusát. Jobban tudunk pihenni sötétben, mint fényárban.

De nemcsak az álmunk lehet a melatonintermelés elfojtásának az áldozata, mivel a hormon nemcsak a napi ciklusunkat szabályozza, hanem számos egyéb szerepe is van. Csak egy példa: a melatonin sokkal erősebb antioxidáns, mint a C- vagy az E-vitamin. A legmelegebb azonban az a tény, hogy a melatonin hiánya nö-

veli egyes daganatos megbetegedések (mell, prosztata, vastagbél és máj daganatai) kockázatát. Több szakmai szervezet, köztük az Egészségügyi Világszervezet (WHO) is, felsorakoztatta a váltóműszakot a lehetséges karcinogén, azaz a daganatos megbetegedések kapcsán kockázatot jelentő tényezők közé. A felváltva éjjel és nappal dolgozó emberek nem képesek megfelelően alkalmazkodni a melatonintermeléssel a változó viszonyokhoz. Több tanulmány talált összefüggéseket a daganatos megbetegedések és a fényszennyezés mértéke között. Még nem tudjuk pontosan, mennyien lehetnek azok, akik a fényszennyezés hiányában egészségesek maradtak volna.

A melatonintermelés elfojtása kapcsán is fontos a fény színe – a kék komponens még inkább káros ebből a szempontból. Már említettük, hogy az éjszakai látásunk érzékenységi maximuma a kék felé tolódik el a nappali látáshoz képest. A melatonin termelését szabályozó érzékelők pedig még inkább a kékben érzékenyek. Ez mutatja igazán, hogy mennyire fontos lenne a világítási rekonstrukciók esetén a lehető legalacsonyabb színhőmérsékletre törekedni. Többek egészsége múlhat rajta.

## Zárszó

Az előbbiekből is egyértelműen látszik, hogy milyen sok problémát okozhat a fényszennyezés. Ennek ellenére még napjainkban is sokan elhanyagolják a témát, nem vesznek tudomást róla. A fényszennyező megoldások sokszor ezen ismeretek hiányával magyarázhatók. Pozitív változást jelentett, hogy az OTÉK-ba bekerült a fényszennyezés fogalma, és rendelet mondja ki, hogy sehol sem szabad fényszennyező módon világítani. A szabályozás ellenére napjainkban is jelennek meg olyan világítási megoldások, amik nemcsak az OTÉK-nak, hanem a józan észnek is ellentmondanak. Egy hangulatos vidéki városunk sétálóutcájában jelentek meg olyan járdába épített fényvetők, amelyek egyenesen felfelé irányulva a házak bejáratait világítják meg. Igazi funkciója nincs – a házból kilépő vagy éppen a kulcslyukat kereső lakókat elkápráztatja, tehát csak kárt okoz. Nem mondható szépnek, esztétikusnak sem. Mégis megszülethetett, valószínűleg a megfelelő ismeretek hiánya miatt. Van még mit tennünk.

Sok esetben a fényszennyezés egy része elkerülhető lenne, ha csak oda világítanánk, ahol az szükséges. A velemi Szent Vid kápolna közvetlenül nincs megvilágítva, de a fényképen jól látszik, hogy mégis csak elegendő derítést kap a fala. A fény egy része a falból érkezik, de a fal egy jó része sötétben lenne, ha nem érkezne egy jó adag foton a légvonalban 15–20 km-re lévő Szombathelyről. Ha ránagyítunk a fény forrására, akkor látjuk, hogy egy tucatnyi egyedi, eredendően térvilágítást szolgáló fényforrás adja a kápolnára eső fény döntő részét. Nem valószínű, hogy a lámpák üzemeltetőinek érdeke lenne a kápolna megvilágítása. Ez a példa azt is mutatja, hogy milyen távolságba jut el könnyedén a fény, és a Kőszegi-hegység egyébként háborítatlan faunáját is megzavarhatja ez a szintű megvilágítás. Ez a hatás is elkerülhető lenne – a mai technológiai lehetőségek lehetővé tennék a lámpatestek megfelelő ernyőzését. A hegyről nem szabadna látni a fényforrásokat, csak a megvilágított felületet...

Arra kérjük az olvasót is, hogy járjon nyitott szemmel, és hívja fel a rossz világítási megoldásokra a környezetükben élők és az illetékesek figyelmét is. Rajtunk is múlik, hogy unokáink látják-e majd a Tejutat, és a rovarok eljutnak-e legelőhelyükre, hogy megporozzák számunkra is a növényeket. ☀

## Irodalom

Ecological Consequences of Artificial Night Lighting – második kiadás. Szerkesztette: Catherine Rich és Travis Longcore, Island Press, 2006.  
 Kolláth Zoltán, Dömény Anita: A kozmikus fény végzete, Fizikai Szemle 2015/4, 110–114. old.  
 Kolláth Zoltán: A fényszennyezésről a Fény Nemzetközi Évében, Meteor Csillagászati Évkönyv, 2015, Magyar Csillagászati Egyesület.