

A fényszennyezésről – világosan!



Agrárminisztérium
Környezetügyért Felelős Államtitkárság

Hortobágyi Nemzeti Park Igazgatóság

A fényszennyezésről – világosan!

Szakmai útmutató természetvédelmi hatóságok és nemzetipark-igazgatóságok kültéri mesterséges éjszakai világítás okozta fényszennyezés kiküszöbölésére, csökkentésére irányuló tevékenységének támogatására

Impresszum

Szerzők:

Árgay Zoltán táj- és természetvédelmi szakreferens, Agrárminisztérium, Nemzeti Parki és Tájvédelmi Főosztály

Dr. Boldogh Sándor osztályvezető, Aggteleki Nemzeti Park Igazgatóság, Természetmegőrzési Osztály

Dr. Csuzdi Csaba egyetemi tanár, Eszterházy Károly Egyetem, Biológiai Intézet, Állattani Tanszék

Dr. Egri Ádám tudományos munkatárs, Ökológiai Kutatóközpont, Duna-kutató Intézet

Gyarmathy István természetvédelmi szakmai referens, Hortobágyi Nemzeti Park Igazgatóság, Jogi és Igazgatási Osztály

Dr. Gyurácz József főiskolai tanár, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Berzsenyi Dániel Pedagógusképző Központ, Biológiai Tanszék

Dr. Horváth Gábor egyetemi tanár, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Biológiai Fizika Tanszék, Környezetoptika Laboratórium

Dr. Kolláth Zoltán egyetemi tanár, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Berzsenyi Dániel Pedagógusképző Központ, Fizikai Tanszék

Dr. Kriska György egyetemi docens, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Biológiai Intézet,

Némethné dr. Vidovszky Ágnes alelnök, Magyar Elektrotechnikai Egyesület, Világítástechnikai Társaság

Novák Richárd oktatási referens, Bükk Nemzeti Park Igazgatóság, Természetismereti és Oktatási Osztály

Nyitrai Zoltán táj- és természetvédelmi referens, Hajdú-Bihar Megyei Kormányhivatal Debreceni Járási Hivatalának Környezet és Természetvédelmi Főosztálya

Pádárné dr. Török Éva osztályvezető, Agrárminisztérium, Nemzeti Parki és Tájvédelmi Főosztály

Pénzesné dr. Kónya Erika egyetemi docens, Eszterházy Károly Egyetem, Biológiai Intézet, Növényteni és Növényélettani Tanszék

Száz Dénes, tudományos munkatárs, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Berzsenyi Dániel Pedagógusképző Központ, Fizikai Tanszék

Dr. Varga János főiskolai docens, Eszterházy Károly Egyetem, Biológiai Intézet, Állattani Tanszék

Szerkesztette: Árgay Zoltán

Lektorálta: Csörgits Gábor

Grafikai tervezés, kiadványszerkesztés: Dr. Kolláth Zoltán

Kiadja az Agrárminisztérium Környezetügyért Felelős Államtitkársága és a Hortobágyi Nemzeti Park Igazgatóság, Budapest 2020

ISBN 978-615-5673-60-3



Tartalomjegyzék

Az útmutató időszerűsége és célja	5
1. Problémafeltárás támogatása	7
1.1. A fényszennyezésről általánosságban	7
1.2. Fényszennyezési módok és ezek okai	11
1.2.1. A térbeli meg nem felelés	11
1.2.2. A mennyiségi meg nem felelés	11
1.2.3. Az időbeli meg nem felelés	12
1.2.4. A minőségi meg nem felelés	12
1.3. A fényszennyezés jelentősebb forrásai és jellemzésük	14
1.3.1. Közvilágítás	14
1.3.2. Telephelyek kültéri megvilágítása	14
1.3.3. Díszvilágítás	15
1.3.4. Sport- és egyéb közösségi létesítmények, rendezvények megvilágítása	15
1.3.5. Reklámok, reklámfelületek megvilágítása	16
1.4. A fényszennyezés jellemző hatásai és a hatásviselők	17
2. Szempontok fényszennyezés-mentes kültéri éjszakai mesterséges világítás természet- és tájvédelmi szakmai követelményei meghatározásához	19
2.1. A fényszennyezés természet- és tájvédelmet érintő hatásai, következményei – általános áttekintés	19
2.1.1. Természetvédelmi hatások, következmények	19
2.1.2. A tájra, a táj karakterére gyakorolt hatások, következmények	22
2.2. Szempontok a táj- és természetvédelmi vonatkozások, hatások egyedi ügyekben történő meghatározásához	24
2.3. Természet- és tájvédelmi szempontok, követelmények fényszennyezés-mentes kültéri mesterséges éjszakai világításhoz	27
3. Fényszennyezés kiküszöbölését vagy csökkentését elősegítő műszaki megoldások	31
3.1. A világítástechnika alapjai	31
3.1.1. Világítási eszközök	31
3.1.1.1. Fényforrások	31
3.1.1.2. Lámpatestek	31
3.1.1.3. Tartószerkezetek	32
3.1.1.4. Technológiák	33
3.1.1.5. Színképi sajátosságok	33
3.1.2. Kültéri megvilágításokkal kapcsolatos szakági követelmények	33
3.1.3. A jó világítás általános világítástechnikai jellemzői	33
3.2. Meg nem felelések kiküszöbölését vagy csökkentését elősegítő műszaki megoldások	34
3.3. A jelentősebb fényszennyezés-forrásokhoz rendelhető műszaki ajánlások	38
3.3.1. Közvilágítás	38
3.3.2. Telephelyek (munkahelyek) kültéri megvilágítása	39
3.3.3. Díszvilágítás	39
3.3.4. Sport- és egyéb közösségi létesítmények, rendezvények megvilágítása	40

3.3.5. Reklámok, reklámfelületek megvilágítása	40
3.4. Fényszennyezés-mentes műszaki megoldások fenntartható, gazdaságos üzemeltetésének szempontjai	42
4. Természetvédelmi jogszabályi, eljárási háttér	44
4.1. A fényszennyezéssel kapcsolatos fellépés jogi alapját biztosító rendelkezések, jogszabályi előírások	44
4.2. A fényszennyezéssel kapcsolatos hatósági fellépés eljárási keretei, lehetőségei	47
 FÜGGELÉK	
5. Esettanulmányok	52
5.1. Kültéri világítás és élővilág-védelem	52
5.1.1. LED fényforrás közvilágítási alkalmazásának hatása az élővilágra	52
5.1.2. A fényszennyezés hatása madarak élettevékenységére	54
5.1.3. A fényszennyezés denevérvédelmi célú kiküszöbölésének alapvető szempontjai, az ezzel összefüggő tevékenységek és eredmények az Aggteleki Nemzeti Park Igazgatóság működési területén	57
5.1.4. Hidak világítása okozta fényszennyezés – a dunavirág (<i>Ephoron virgo</i>) kérészfajt érintő kettős ökológiai csapda	60
5.2. Csillagoségbolt-parkok	63
5.2.1. A Zselici Csillagoségbolt-park	63
5.2.2. A Hortobágyi Csillagoségbolt-park	65
5.2.3. A Bükk-i Csillagoségbolt-park	68
5.3. Települési közvilágítás	70
5.3.1. Környezetbarát megoldások települési közvilágítás korszerűsítésére Bárdudvarnok és Répáshuta példáján	70
5.4. Társadalmi figyelemfelhívás és értékközvetítés	73
5.4.1. A természetes éjszakai táj és élővilág, valamint a sötét égbolt együttes élménye védett természeti területeken és csillagoségbolt-parkokban	73
6. Szakkifejezések, rövidítések, fogalmak stb. magyarázata	75
7. Fontosabb vonatkozó jogszabályok, szabványok	78
8. Az ábrák és képek készítői, forrásai	79
9. Felhasznált és ajánlott szakirodalom	80

Az útmutató időszerűsége és célja

Párhuzamosan azzal, hogy napjainkra egyértelművé váltak a fényszennyezés negatív hatásai, egyre többen tekintenek megőrzendő adottságként, sőt, értéként a természetes (sötét) éjszakai égboltra és éjszakai környezetre. A fényszennyezés problémaköre ugyanakkor még mindig kevés figyelmet kap, s ez alól – sajnálatos módon – a környezet- és természetvédelem szakterülete sem kivétel.

Egy közelmúltban megtartott nemzetközi konferencián a témakör kiemelkedő kutatói megállapították, hogy annak ellenére, hogy két évtizede igyekeznek tudatosan, intenzíven és széles körben felhívni a figyelmet a fényszennyezés összetett és szerteágazó problémakörére, nem sikerült érdemi előrelépést elérni annak megelőzése, visszaszorítása terén.

A mesterséges éjszakai megvilágítás világszerte egyre jelentősebb mértékű; **intenzitása évente 2–6%-kal növekszik**, ennek megfelelően a fényszennyezésből adódó kedvezőtlen hatások és ezek következményei ma már szinte minden léptékben tetten érhetők a bioszférában.

Az elmúlt évtizedben összességében mintegy 20%-kal növekedett a természetes környezetbe jutó mesterséges eredetű fény mennyisége. Földünkön a mesterséges éjszakai megvilágítás során kibocsátott (fény)sugárzás mennyisége gyorsabban növekszik, mint a népesség.

Elgondolkodtató, hogy a világítástechnika technológiai változásai (pl. a LED lámpák széles körű alkalmazása) eredményeként **a fényforrások fényhasznosítása (hatásfoka) folyamatosan javult, azonban ez nem járt a világításra használt elektromos energia mennyiségének csökkenésével.** Épp ellenkezőleg: **az „olcsóbb fény” a túvilágítást ösztönzi.** Holott a jó világításnak – így a kültéri mesterséges éjszakai világításnak is – elsősorban az adott **látási feladathoz** és az ebből levezetett megvilágítási igényhez kell illeszkednie. Általánosságban elmondható, hogy a kültéri megvilágítási igényeket (akár „látni”, akár „látszani” típusú megvilágítási igényről van szó) a legtöbb esetben kis megvilágítási szintekkel ki lehet elégíteni, ami kisebb energiafelhasználással jár. Ezeket is figyelembe véve a fenti számok és tendenciák még inkább alátámasztják a fényszennyezés problémakörének aktualitását és jelentőségét.

A fényszennyezésről – világosan! című, digitális formátumban közzétett kiadványban a fényszennyezés problémakörének jelentőségére közérthető módon szeretnénk rávilágítani.

Szakmai segítséget kívánunk nyújtani továbbá – elsősorban a nemzeti parkigazgatóságok és a természetvédelmi hatóságok munkatársai részére – a fényszennyezés kiküszöbölésére, csökkentésére, ezáltal táji és természeti értékeink megőrzésére, fenntartására irányuló tevékenységekhez, különös tekintettel kültéri világítótest vagy fényforrás létesítésére, telepítésére vagy cseréjére irányuló, illetve e tevékenységi kört (is) érintő engedélyezési eljárásokra.

Reméljük azonban, hogy kiadványunk a táj- és természetvédelmi szakterületen dolgozó szakemberek körén túl, jóval szélesebb körben is hasznos segítségnek bizonyul – és nem csupán a természetvédelmi szempontból kiemelt jelentőségű területek esetében. Célként fogalmaztuk meg, hogy önkormányzatokat, beruházókat, tervezőket, kivitelezőket, de akár magánszemélyeket és mindazokat megszólítson és támogasson a kiadvány, akik bármilyen módon kapcsolatba kerülnek kültéri világítótest vagy fényforrás létesítésével, telepítésével vagy cseréjével és felelősen gondolkodva tenni kívánnak a fényszennyezés kiküszöbölése, csökkentése érdekében.

A kiadvány formátuma és elektronikus közzététele lehetőséget biztosít a tartalom szükség szerinti rugalmas, gyors aktualizálására, kiegészítésére,

Fényforrás: olyan eszköz, amely energiaátalakulás eredményeként fényt bocsát ki. A világítástechnikában alkalmazott mesterséges fényforrásokat a fényerjesztés módja alapján szokásos csoportosítani.

Látási feladat: a világítási igény meghatározásakor figyelembe vevendő tevékenységek; az ezek megfelelő és biztonságos elvégzéséhez szükséges minőségben és mennyiségben kell biztosítani a fényt a megvilágítás során.

amelyre – tekintettel a témával kapcsolatos újabb és újabb kutatási eredményekre, a világítástechnikában alkalmazott új technológiákra és műszaki megoldásokra, valamint a fényszennyezés kiküszöbölésével kapcsolatos gyakorlati tapasztalatok gyarapodására – minden bizonnyal szükség lesz a jövőben.

A fényszennyezésről – világosan! című útmutató az Agrárminisztérium és a Hortobágyi Nemzeti Park Igazgatóság gondozásában, a Világítástechnikai Társaság szakmai támogatásával, nemzetipark-igazgatóságok, felsőoktatási intézmények, kutatóhelyek, természetvédelmi hatóságok munkatársainak közreműködésével készült el az Agrárminisztérium „Környezeti elemek védelme” című fejezeti kezelésű előirányzatának finanszírozásával.

A kiadvány készítésével egy időben zajlott egy kiemelten a fényszennyezés mérésével és hatásaival foglalkozó, három egyetem (ELTE Berzsenyi Dániel Pedagógusképző Központ, Eszterházy Károly Egyetem, Kaposvári Egyetem) együttműködésében megvalósuló tudományos projekt: [EFOP 3.6.2-16-2014-00014, Nemzetközi kutatási környezet kialakítása a fényszennyezés vizsgálatának területén](#). A projekt egyik fontos eleme hazai védett természeti területek, kiemelten nemzeti parkok fényszennyezettségének felmérése, kapcsolódva a [Nemzeti Tájstratégiában](#) megfogalmazott célokhoz. A kiadvány több fejezetében megjelennek olyan tartalmak, eredmények, amelyek a fenti kutatási program megvalósításának köszönhetők; ezeket a részeket a projektben résztvevő kutatók írták.

Az útmutató kidolgozását közvetett módon elősegítette az Interreg Europe Program keretében, a Hajdú-Bihar Megyei Önkormányzat partneri részvételével megvalósuló Night Light projekt, amelynek köszönhetően a szerzők közül többen megismerték a luxemburgi Fenntartható Fejlődésért és Infrastruktúráért Felelős Minisztérium helyes világítást bemutató „Leitfaden Gutes Licht im Außenraum” című kiadványát.

1. A problémafeltárás támogatása

1.1. A fényszennyezésről általánosságban

Ha fényszennyezésnek tekintjük azt, hogy **a mesterséges éjszakai világítás** (elterjedt angol kifejezéssel *Artificial Light At Night – ALAN*) a látási/látszási igényekhez képest **nem a szükséges helyen, nem a megfelelő időben/időtartammal vagy (a környezet adottságait, jellemzőit is figyelembe véve) túlzott mértékben, illetve nem megfelelő minőségű fénnel** valósul meg, nem járunk messze az igazságtól. A gyakorlatban legtöbbször ezeknek a meg nem feleléseknek a kombinációja lép fel, s ezek együttes hatása érvényesül, tehát a fényszennyezés egy igen **összetett jelenségkör**.

Valójában a fényszennyezés tényének vagy mértékének megítélése még sokrétűbb, mert **szennyezésről** igazából akkor beszélhetünk, ha ismertek azok a – legtöbbször jogszabályokban, szabványokban rögzített és általánosan alkalmazott – határértékek, amelyeket meghaladva szennyezés lép fel. (Ez utóbbiak hiányában egyébként a „fényterhelés” kifejezés használata lenne pontos és indokolt.) A fényszennyezés esetében azonban határértékek meghatározása gyakorlatilag lehetetlen – nagyon sok tényezőtől függ, hogy egy adott helyen és időben, az adott körülmények között mekkora az a fény mennyiség, vagy mely paraméterek milyen konkrét értékeivel jellemezhető a fénynek az a minősége, ami már kedvezőtlen hatást idéz elő.

A fentiek miatt egy definíció sem szorítkozhat arra, hogy csupán a természeti környezetet érő megvilágításként vagy a mesterséges fényforrásokat elhagyó fényteltjesítményként értelmezze a fényszennyezést; célszerű a fényszennyezés hatásaira is utalni a meghatározásban.

A fényszennyezés jogszabályi meghatározására ez idáig egyedül az országos településrendezési és építési követelményekről szóló, többször módosított 253/1997. (XII. 20.) Korm. rendelet alkalmazásában történt kísérlet. A 2012-től hatályos definíció szerint a fényszennyezés „*olyan mesterséges zavaró fény, ami a horizont fölét 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*”.

A hatályos, jogszabályban rögzített fényszennyezés definícióból is egyértelműen kiderül, hogy a fényszennyezés komplex jelenség; a meghatározás egy kivételével az összes lényeges aspektust megemlíti. A kivétel, amelyről a hely, idő és mérték mellett nem esik szó, a fény minősége: spektrális összetétele és **színhatása**, amely nem megfelelő fényforrás alkalmazása esetén elsősorban az élővilágra (s azon belül az emberre) nézve jelenthet komoly kockázatot.

A fényszennyezés összetett jelenségét nehéz összehasonlítani egyéb „klasszikus”, széles körben ismert környezetszennyezési módokkal, és az azok esetében alkalmazott megközelítés, értelmezés sem vehető át maradéktalanul. Gondoljunk arra, hogy a fényszórás miatt a fény irányt változtathat a levegőben, ezért egy távoli város **közvilágítási** rendszerének részét képező, fényszennyező világítási berendezésből származó foton nem feltétlenül a fényforrás irányából érkezik, hanem pl. az égbolt felől. Szintén a fény terjedésének sajátosságai miatt a fényszennyezésre különösen érvényes lehet az, hogy a (fény)forrás és az általa okozott kedvezőtlen hatással érintett terület nagy távolságra van egymástól, így a hatás olyan területen, sőt sok esetben kifejezetten olyan helyen érvényesül, ahol egyébként nincs is működő fényforrás. A fényszennyezés továbbá nem mérhető úgy és olyan módszerekkel, mint a többi, valamely anyagi összetevő okozta szennyezés (a fényszennyezés mérésével a következőkben részletesen is foglalkozunk).

Összetett jelenségkör

Definiálás

Színhatás: a fehér fény összetett fény. Színhatása a kékesfehértől a sárgásfehérig terjed. Ezt az érzetet a →színhőmérséklet határozza meg.

Összevetés egyéb környezet-szennyezési módokkal

Közvilágítás: közterületnek a közlekedés-, a köz- és vagyonbiztonság érdekében létesített összefüggő, rendszeres, meghatározott üzemvitelű, helyhez kötött, villamos üzemű világítása. A közlekedést, közművek elhelyezését, valamint pihenőhelyek (pl. parkok) és emlékhelyek elhelyezését szolgáló közterületek, továbbá a

Egy másik jelentős különbség a többi, jól ismert környezetszennyezési módhoz képest: ha lekapcsolunk egy fényforrást, az abból származó fotonok azonnal eltűnnek, míg az anyagi összetevők okozta szennyezés akár évszázadokig is ott maradhat a befogadó közegben. **A fényszennyezés kiűzésére, csökkentésére irányuló lépések ezért szinte azonnal vagy legalábbis már rövid idő elteltével éreztetik pozitív hatásukat.** Természetesen a kedvező hatással járó intézkedéseket követően a korábban fényszennyezéssel közvetlenül vagy annak áttételes hatásaival érintett területen, pl. az élővilág regenerációja adott esetben hosszabb ideig is eltarthat.

közforgalom számára megnyitott magánterületek fenti módon történő mesterséges világításáról a települési önkormányzat gondoskodik.

A fényszennyezés egy nemrég fölfedezett speciális formája a **poláros fényszennyezés**. Ez általánosan a mesterséges poláros fénynek a polarizáció-érzékeny állatokra kifejtett ártalmas hatásait jelenti. A mesterséges éjszakai megvilágítás során kibocsátott fény intenzitása és színe (polarizálatlan spektruma) okozta „hagyományos” fényszennyezéssel ellentétben **a poláros fényszennyezés nemcsak sötétben (este és éjjel) lép fel, hanem nappal is**, mert a nap- és holdfény, valamint a mesterséges fényforrások fényének a sima és sötét felületekről történő visszaverődésekor minden esetben bekövetkező lineáris polarizáció okozza (a poláros fényszennyezésről bővebben az [5.1.4.](#) pontban esik szó).

A fentiekből látszik, hogy **a fényszennyezés egzakt mérése** sem egyszerű feladat. Az alkalmazott mérési eljárások két fő csoportra oszthatók: vizsgálhatók közvetlenül a fényszennyezés forrásai (a legjellemzőbb fényszennyezés-forrásokat az [1.3.](#) pontban ismertetjük) vagy az éjszakai égbolt mesterséges fénylésének meghatározásával a kibocsátott fény közvetett hatásai.

A **fénysűrűség** (mértékegysége: cd/m^2) számszerűen kifejezi, hogy egy felület az emberi látás szempontjából milyen fényes. Pontos meghatározásához komolyabb mérőműszerre (fénysűrűségmérőre) van szükség. Közutak megvilágítottságának méréséhez, díszvilágítások vagy reklámfelületek maximális fénysűrűségének meghatározásához ilyen műszereket használnak.

A **megvilágítás** (mértékegysége: lux, lx) mérése a legegyszerűbb módszer; az erre szolgáló eszközök (megvilágításmérő) viszonylag olcsón hozzáférhetők. Parkolók, közterületek, gyalogutak esetén a mért megvilágítás fontos adat annak eldöntéséhez, hogy a szükséges mértékben vannak-e megvilágítva, vagy esetleg túlvilágítás lép fel.

A fényszennyezés szempontjából nagyon fontos mennyiség a **világítótest**-ből közvetlenül az égbolt irányába távozó sugárzás részaránya (**ULOR**). Sajnos a már beépített, valamely működő világítási rendszer részét képező berendezések esetében ez nagyon nehezen mérhető, ezért a **világítótestek** esetében az ULOR meghatározása legtöbbször laboratóriumban történik. Jelenleg folyik olyan eljárások kidolgozása, amelyek során pl. drón alkalmazásával mérhető a már működő **világítási berendezések** esetében az ULOR.

A mesterséges fények a közvetlen környezetükre kifejtett hatásuk mellett jelentős mértékben hozzájárulnak az éjszakai égbolt kifényesedéséhez. Utóbbi esetben is a fénysűrűség a legfontosabb mérhető mennyiség, azonban a hagyományos fénysűrűségmérő eszközök nem elég érzékenyek ahhoz, hogy alkalmazhatók legyenek az éjszakai égbolt fénysűrűségének pontos mérésére. Ez az oka annak, hogy kezdetben olyan mérés technika terjedt el, amely a csillagok fényességére vezette vissza az égbolt magnitúdó/ívmásodperc² (mag/as^2) mértékegységben megadott fénysűrűségét. Habár nagyon sok mag/as^2 -ben megadott mérési eredmény született egy egyszerű mérőeszköz, a Sky Quality Meter (SQM) használatával, a csillagászatban járatanok számára ez a mértékegység nehezen volt értelmezhető. Az éjszakai égbolt cd/m^2 -ben megadott fénysűrűség értékei a világítástechnikában megszokott értéktartományhoz képest ezred nagyságrendűek, ami nem kedvező az alkalmazás szempontjából. Ezért több kísérlet is született egy könnyebben értelmezhető mértékegység meghatározására, amely a „természetes éjszakai égbolt” fénysűrűségéhez viszonyítva fejezi ki az éjszakai égbolt fénysűrűségét. Jelentős probléma továbbá, hogy a szabványos megvilágítás- és fénysugármérők nem érzé-

A fényszennyezés mérése

Fénysűrűség: a kisugárzott fénysugár és a felület sugárzás irányára merőleges vetületének, valamint a térszögnek a hányadosa. Mértékegysége: cd/m^2 .

Megvilágítás: a sugárzott fénysugár és a megvilágított felület hányadosa. Mértékegysége: lm/m^2 , amit luxnak nevezünk. Megvilágítás jele E, mértékegysége lx.

Világítótest: a lámpatest és a fényforrás együtt.

ULOR (Upward Light Output Ratio): a lámpatestből a felső térféltre (a horizont síkja fölé) jutó fénysugár-hányad. A lámpatest ernyőzettségének számszerűsítésére alkalmas mutató. Értéke 0-tól 1-ig terjedhet. Az ernyőzettség szempontjából akkor beszélhetünk fényszennyezés-mentes megoldásról, ha az $\text{ULOR} = 0$.

Világítási berendezés: az a villamos (elektromos) rendszer, amely tartalmazza a fényforrást, a lámpatestet/világítótestet, a tartószerkezetet, a villamos hálózatot és a vezérlést/szabályozást.

kelik megfelelően a spektrum kék tartományába eső sugárzást, amelynek pontos meghatározása (illetve az erre alkalmas mérési módszerek kidolgozása) egészségügyi és ökológiai szempontból egyaránt indokolt (az egészségügyi, illetve az ökológiai hatásokkal az 1.4. és a 2.1. pont foglalkozik). Jelenleg alkalmazott mérési eljárások eredményei alapján még akár egy tisztán kék fényt kibocsátó megvilágítás is megfelelhet szabványban meghatározott követelményeknek, holott a kék fényű sugárzás ökológiai hatása az elfogadható mérték többszöröse lehet.

A fentiek miatt indokoltá vált egy jobban definiált és általánosabban használható mértékegység bevezetése. **A fény spektrális tulajdonságait is figyelembe vevő, több szinttartományra irányuló mérési módszerre és az ennek megfelelő mértékegységre a fényszennyezés mérésének fejlesztésében nemzetközi szinten is élen járó hazai kutatók dolgoztak ki javaslatot.**

Az új mérőszám SI egységre vezethető vissza, de egysége a legsötétebb felhős égbolt fénysűrűségéhez közeli: ez a *dsu* (az angol „dark sky unit” kifejezésből; magyarul „sötét égbolt egység”). Az egység fizikai definíciója az egységnyi felületre egységnyi térszögből érkező fény spektrális, azaz egységnyi hullámhossz intervallumban mérhető teljesítménye, $1\text{dsu} = 1\text{nW/m}^2/\text{sr/nm}$. Az egység bármely színszűrő, spektrális érzékenység esetén értelmezhető, más egységekre váltáskor az adott egységre vonatkozó színi érzékenységet kell használni, egyébként az átváltás csak közelítő.

Helyszín, állapot	Fénysűrűség		
	$\mu\text{cd/m}^2$	mag/as^2	<i>dsu</i>
Borult, természetes égbolt	70	22,9	1,0
Legsötétebb mért derült égbolt	130	22,3	1,7
Kiváló minőségű égbolt	240	21,7	2,8
Csillagoségbolt-park cím feltétele	340	21,3	4,0
Tejút láthatósági határa, vidéki égbolt	1200	20,0	13
Tipikus városi égbolt	3000-8000	18-19	30-80

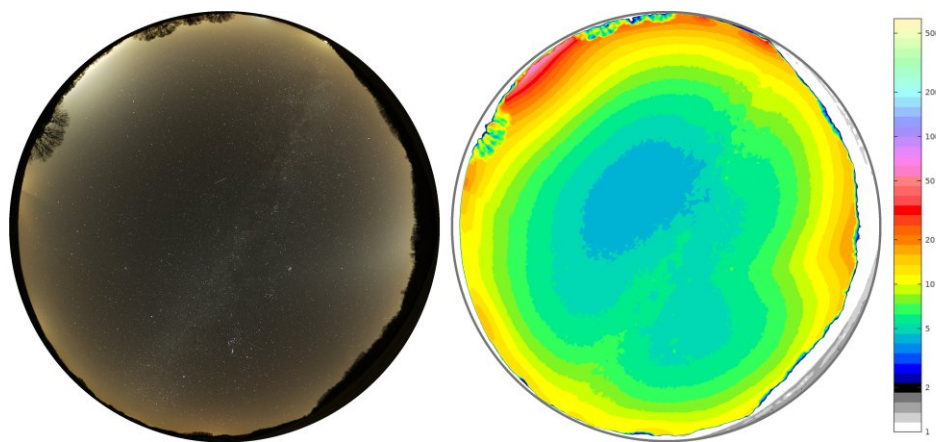
1. táblázat. Példák az éjszakai égbolt jellemző fénysűrűség értékeire.

A hazai nemzeti parkokban a *Nemzetközi kutatási környezet kialakítása a fényszennyezés vizsgálatának területén* c. EFOP projekt keretében megvalósuló fényszennyezés mérések eredményét már az új mértékegységben fejezték ki a szakemberek.

A digitális fényképezés technológiájának rohamos fejlődése megteremtette a műszaki feltételeit az éjszakai égbolt fényességének (és ez által a fényszennyezés) mérésére alkalmas viszonylag **egyszerű, jól alkalmazható és objektív mérési módszerek** kidolgozásához, amelyben hazai szakemberek szintén úttörő szerepet vállaltak (ezzel kapcsolatban az 5.2.1. pont tartalmaz részleteket). Kereskedelmi forgalomban kapható digitális kamerák között is vannak kellően érzékenyek ahhoz, hogy pontos mérési adatokat szolgáltatassanak. Egy település fénykupolájának különböző távolságokból és irányokból történő lefényképezésével, viszonylag kisszámú referencia-mérés alapján elvégzett kalibrációval, s végül a képek információtartalmának szoftveres feldolgozásával a fényszennyezés számszerűen és pontosan jellemezhető. Nem mellékes körülmény, hogy ezek a mérések jól reprodukálhatók. A képek felhasználásával a teljes égbolt fénysűrűségének (s ezáltal a fényszennyezés) szemléltetésére kiválóan alkalmas hamis színes ábrák készíthetők (1.1. ábra).

Az éjszakai égbolt kifényesedése, s ezáltal a **fényszennyezés általános hazai helyzetképe** szempontjából is jellemző körülmény, hogy Magyarországon szinte nincs olyan hely, ahonnan éjszaka ne lenne érzékelhető mesterséges világítás, mert a horizonton nagy valószínűséggel megjelenik valamelyik település fénykupolája. Budapest különösen jelentős fénykibocsátó: 100 km-es körzetében egyértelműen érezteti a hatását az éjszakai égbolt háttérfényességében. A **hazai világítási trend** archív műholdfelvételek segítségével jól nyomon követhető. A megvilágított terület összkiterjedése gyorsan növekszik: **2014 – 2015 és 2016 – 2017** adatainak összevetése

Hazai helyzetkép



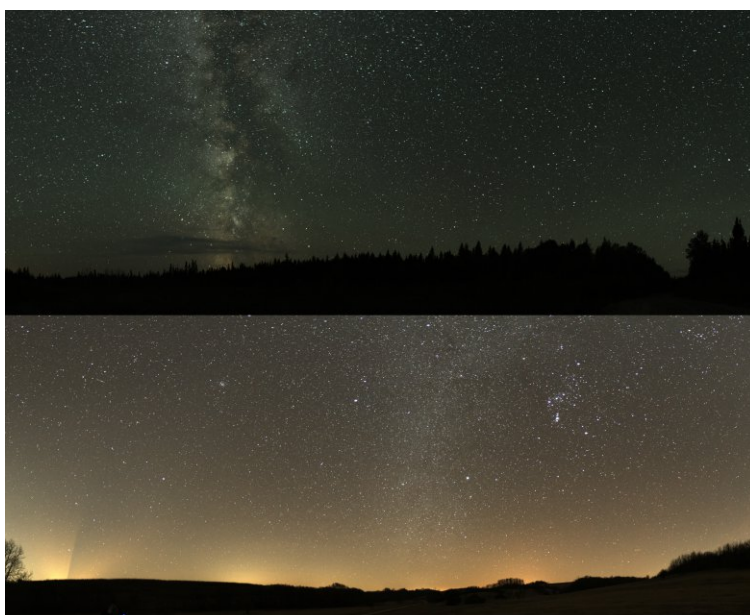
1.1. ábra. Az éjszakai égboltról készített fénykép és az abból származó információk felhasználásával végzett mérés eredményének hamis színes megjelenítése. A Tejúton kívül jól látszik az állatövi fény – ezek az égbolt természetes fényei. A képek bal oldalán települések fénykupolái tűnnek fel.

alapján megállapítható, hogy ebben az **időszakban összességében 3%-kal növekedett a mesterséges fényt kibocsátó terület nagysága**. A legintenzívebben kibocsátó területek esetében vizsgálva a növekményt, ennek többszöröse, 20%-os érték adódik! Új mesterséges éjszakai megvilágítás védett természeti területek közelében is sok esetben jelent meg. Erre vonatkozó pontos hazai adatok nem állnak rendelkezésre, de jellemző, hogy műholdfelvételek elemzése alapján az európai védett természeti területek mintegy 24%-a esetében állapították meg a mesterséges éjszakai világítás jelentős mértékét.



1.2. ábra. A Magyarország területéről készült éjszakai űrfelvételen jól azonosíthatók a mesterséges éjszakai világítással leginkább érintett területek – amelyek egyben a legjelentősebb fényszennyezés-források is.

1.3. kép. Az éjszakai égbolt egy teljesen fényszennyezés-mentes (Ontario, Kanada) és egy alacsony fényszennyezésű területen (Zselic, Magyarország). A két felvétel azonos módon, azonos feldolgozással készült.



1.2. Fényszennyezési módok és ezek okai

Az alfejezetben a fényszennyezés azon módjait és okait tekintjük át, amelyek a mesterséges éjszakai világítás során jelentkezhetnek. Felhívjuk a figyelmet arra és hangsúlyozzuk, hogy a felsoroltak ritkán érvényesülnek önmagukban, ezért az ismertetett felosztás egy olyan rendszerező csoportosításnak tekinthető, amely a hibák és hibás gyakorlatok meg- és felismerését segítheti elő, s ezen keresztül járulhat hozzá megelőzésükhöz vagy megszüntetésükhöz. Tapasztalatok alapján a **térbeli, a mennyiségi, az időbeli és a minőségi meg nem felelés** együttes megjelenése a fényszennyezést és következményeit mind mértéke, mind hatásai tekintetében súlyosbítja.

1.2.1. A térbeli meg nem felelés

Ha nem csak a megvilágítandó felületre jut fény (ahol az a látási feladatnak megfelelően hasznosul), hanem azon kívül eső térrészekbe is, térbeli meg nem felelés lép fel. A legnagyobb fényszennyező hatással az jár, ha (pl. a fény nem megfelelő irányítása miatt) a világítótestből a horizont felé (vízszintes irányba) jut fény, mert amellett, hogy káprázást okozhat, a szinte teljes mértékű szóródás következtében ez juthat legtávolabbra a légkörben, így akár a fényforrástól jelentős távolságban is kedvezőtlen hatást fejthet ki. Az ilyen okból nem hasznosuló fénynek több mint fele juthat vissza a földfelszínre! A fény kedvező irányítását biztosító és a tartószerkezetre megfelelő módon rögzített világítótest esetén is előfordulhat térbeli meg nem felelés, ha az alkalmazott **lámpatest** fényeloszlása (a lámpatestek fényeloszlásáról a 3.1.1.2. pont tartalmaz részleteket) nincs összhangban a megvilágítandó terület alakjával, kiterjedésével. A kifejezetten a horizont fölé irányuló fénynek – például járdasíkba épített fényvetők („**taposólámpák**”) függőleges sugarainak – általában csak a töredéke hasznosul; „optimális esetben” zöme a világűrbe távozik, többi része a légkörben szóródva jelentős részben (kb. 15%) a felszín irányába jut vissza.

A megvilágítás térbeli meg nem felelését okozhatja, ha:

- a világítási berendezések nem a megfelelő helyen működnek;
- a világítási berendezések nem a megfelelő elrendezésben működnek;
- a világítótest alkalmatlan vagy korlátozottan alkalmas a fény megfelelő irányítására (helytelen kialakítású a bura, nincs vagy helytelen kialakítású az ernyőzés);
- a világítótest helytelenül van rögzítve a tartószerkezeten (ez akkor is problémát okozhat, ha egyébként a világítótest alkalmas a fény megfelelő irányítására);
- a lámpatest fényeloszlása nincs összhangban a megvilágítás céljával.

Helytelen a hely!

Lámpatest: a fényforrás fényének elosztására, szórására, átalakítására alkalmas eszköz, amely magában foglalja a fényforrás mechanikai rögzítéséhez és a villamos csatlakozásához szükséges alkatrészeket is.

Taposólámpa: talajba vagy útburkolatba süllyesztett, általában díszvilágításra használt lámpatest. A lámpatest burájának adott esetben közúti járművek okozta terhelést is el kell viselnie.



1.4. kép. Ez a példa a térbeli meg nem felelés több ismervét is mutatja.

Túlvilágítás!

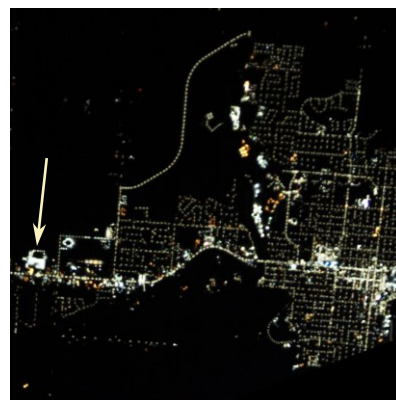
1.2.2. A mennyiségi meg nem felelés

„Önmagában” akkor jelentkezhet mennyiségi meg nem felelés, ha – egyébként megfelelően elhelyezett és elrendezett világítótestek, valamint a fény megfelelő irányítása esetén – a túl nagy fényáramú fényforrás miatt a reális igényekhez, illetve a látási feladathoz képest nagyobb a megvilágítás. A túlvilágítás felelős lehet a káprázásért, továbbá az optimálishoz, illetve a szükségeshez képest nagyobb fényáramú fényforrások alkalmazása (pl. települési közvilágításban) zavarhatja az éjszakai nyugalmat, és végül, de nem utolsósorban energiapazarlással, s ezzel szoros összefüggésben magasabb üzemeltetési költséggel jár. Túlvilágítás esetén a megvilágított felületről is több fény szóródik, amely szintén hozzájárul a fényszennyezéshez.

Mennyiségi meg nem felelés ugyanakkor előfordulhat akkor is, ha az egyébként optimális fényáramú fényforrásokkal működő világítási berendezések elhelyezése hibás vagy nem megfelelő az alkalmazott lámpatestek fényeloszlása (világítótestek fénykévéjének „összeadódása” okozhat lokális túlvilágítást).

A megvilágítás mennyiségi meg nem felelését okozhatja:

- a szükségeshez képest nagyobb fényáramú fényforrás alkalmazása (túlvilágítás);
- a nagyobb fényáramú fényforrás vagy a nagy kiterjedésű és nagy **albedó**jú megvilágított felület miatt jelentkező nagyobb mennyiségű szóródó fény;
- megfelelő fényforrás alkalmazása esetén a világítótestek hibás elhelyezése, elrendezése vagy nem megfelelő száma;
- megfelelő fényforrás alkalmazása esetén a lámpatest nem megfelelő fényeloszlása.



1.5. kép. A 32 km magasságból készült felvételen élesen kirajzódnak a túlvilágított területek. Ilyen a bevásárlóközpont parkolójának világítása is a kép bal oldalán. Mivel a felvétel készültkor nem működött az üzlet, időbeli meg nem felelésről is beszélhetünk.

Akkor is, ha nincs rá szükség?!

Albedó: egy adott felületre érkező elektromágneses sugarak visszaverődési képességének mérőszáma.



1.6. kép. A felvétel éjjel két órakor készült lakott területtől két km-re. Az időbeli meg nem felelés mellett térbeli és mennyiségi meg nem felelés is fellép. A képen rovarokra gyakorolt fénycsapda hatás is megfigyelhető

Rossz fényt vet rá...

Színhatás: a fehér fény összetett fény. Színhatása a kék-fehértől a sárgás-fehérig terjed. Ezt az érzetet a $\rightarrow$ színhőmérséklet határozza meg.

1.2.3. Az időbeli meg nem felelés

Elsősorban az okoz időbeli meg nem felelést, hogy a megvilágítás ideje, időtartama nincs összhangban a látási feladattal és az ebből fakadó reális igényekkel. Példa lehet erre egy közútszakasz állandó éjszakai megvilágítása tekintet nélkül a forgalom mértékére (a közút valós igénybevételére). Az állandó éjszakai megvilágítások sok esetben a megvilágítás időtartamának túlnyomó részében fölöslegesen működnek. További példaként említhető a megvilágítás (pl. a települési közvilágítás) túl korai bekapcsolása este vagy túl kései kikapcsolása reggel. Az időbeli meg nem felelés a világítás(i rendszer) ki- és bekapcsolt állapota szempontjából értelmezhető elsősorban, de értelmezhető a megvilágítás mértéke szempontjából is: a fenti közutas példán láttuk, hogy egy egész éjszaka bekapcsolt állapotban lévő világítás esetében változó lehet a megvilágítás iránti igény. Ilyenkor mind a fényszennyezés megelőzése, mint a gazdaságos üzemeltetés érdekében célszerű lenne a fényáramot időben a megvilágítási igényhez igazítani. Amennyiben ez nem történik meg, az éjszaka jelentős részében a szükségesnél nagyobb lesz a megvilágítás, ami túlvilágítást, ezáltal fényszennyezést okoz.

A megvilágítás időbeli meg nem felelését okozhatja, ha:

- a látási feladattól, illetve a reális igényektől függetlenül folyamatosan üzemel;
- a megvilágítás ideje alatt a látási feladattól, illetve a reális igényektől függetlenül azonos paraméterekkel (fényáram, színhatás /spektrum/) működik.

1.2.4. A minőségi meg nem felelés

Minőségi meg nem feleléskor a világítás során kibocsátott fény jellemzői, elsősorban kedvezőtlen spektrális összetétele és **színhatása** járhat olyan következményekkel, amelyek alapján fényszennyezésről lehet beszélni (a fény színhatása és spektrális összetétele közötti összefüggést az 1.8. ábra mutatja be). A világítás során kibocsátott fény spektrumának azon hullámhossz-tartománya okozhat problémákat – főleg az élővilág és köztük az ember számára – (e kedvezőtlen hatásokról lásd az 1.4. és a 2.1. pontot), amely a kék színnek felel meg (420 nm – 490 nm hullámhossz, de a fényszennyezés szempontjából már az 550 nm alatti hullámhossz-tartomány kerülendő). Elsősorban a LED fényforrásokra – amelyek alkalmazása főként

a közvilágításban terjed –, s azon belül a „hideg fehér” fényt kibocsátó, nagyobb korrelált **színhőmérsékletű** ($T_c > 5300\text{ K}$) LED-ek fényének összetételére jellemző a kék szín nagy aránya a **spektrum**ban. Evidencia, hogy egy objektum jó láthatósága akkor biztosított, ha a megvilágítás a nappali látás érzékenységi tartományában (550 nm hullámhossz körül) történik. A kék fény azonban „nem járul hozzá” lényegesen ehhez a spektrális sávhoz.

A megvilágítás minőségi meg nem felelését:

- elsősorban nem megfelelő fényforrás kiválasztása;
- a nagy arányban a kék színtartományban sugárzó fényforrások alkalmazása okozhatja.



1.7. kép. A nagy kiterjedésű felületről szóródó kék fény a közelben lakók egészsége és a rovarokra gyakorolt csapdázó hatás miatt az élővilág szempontjából is kedvezőtlen.

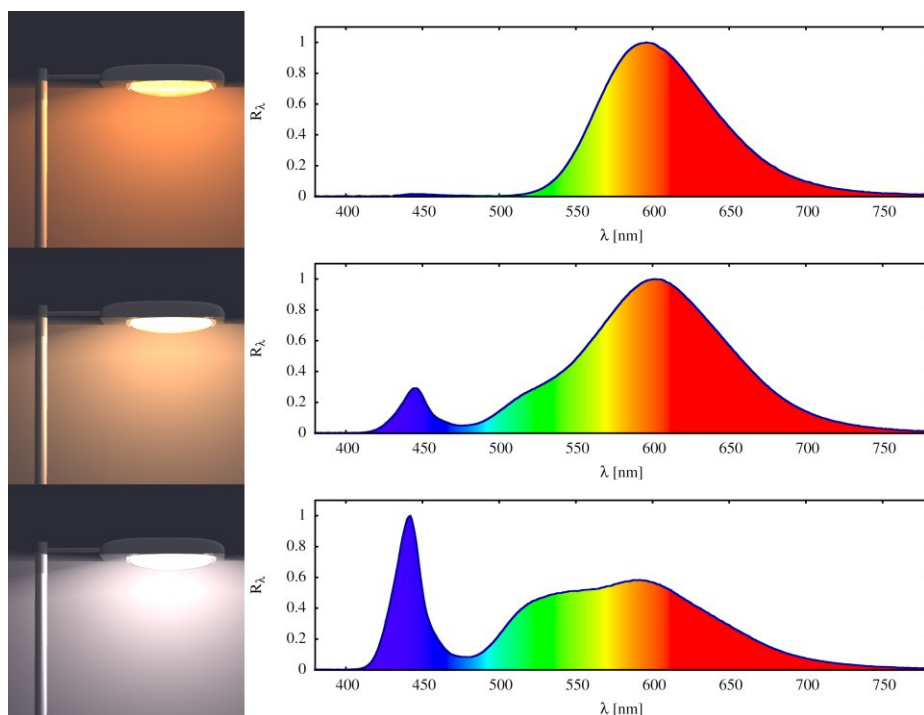
Az ismertetett meg nem felelésekre általánosan jellemző, hogy a feltüntetett okok végső soron a következőkre vezethetők vissza:

- a fényszennyezéssel és következményeivel kapcsolatos tudás, információ hiánya;
- (az előzővel szoros összefüggésben) a fényszennyezéssel és következményeivel kapcsolatos tudatosság és felelősségérzet hiánya;
- (az előzőkkel szoros összefüggésben) a fényszennyezéssel kapcsolatos szempontok figyelembevétele elmarad vagy elégtelen a világítási rendszerek, megvilágítások tervezése, kivitelezése és üzemeltetése során.

Alapvetően emiatt terjednek a fényszennyező világítási megoldások. A fentiek alapján nem túlzás azt állítani, hogy a fényszennyezés okozta problémák többsége egyszerűen elkerülhető lenne, mert ez nagyrészt a megfelelő hozzáálláson, szándékon múlik. Ennek hiányában azonban a fényszennyezést okozó meg nem felelések elleni fellépés hathatós jogi szabályozás és az e szabályoknak érvényt szerző hatékony hatósági gyakorlat nélkül nem képzelhető el.

Színhőmérséklet: a fényforrások spektrális eloszlását jellemző, a színérzetet meghatározó fogalom. A fekete test azon valódi hőmérséklete, amelyen színe megegyezik a vizsgált fényforrás színével. Hőmérsékleti sugárzás elvén működő fényforrások (pl. izzók) esetében a színhőmérséklet jól egyezik az izzószáll hőmérsékletével. Nem hőmérsékleti sugárzás elvén működő fényforrások esetében inkább a $\rightarrow$ korrelált színhőmérséklet ($\rightarrow$ CCT) értelmezhető. Mértékegysége a Kelvin, K.

Spektrum vagy színekép: a fény hullámhossz, azaz szín szerinti összetétele. A teljes spektrum megfigyelhető a szivárvány színeiben.



1.8. ábra. Összefüggés a fényforrás által kibocsátott fény színe és spektruma között. A diagramok vízszintes tengelyén a hullámhossz szerepel. LED fényforrások esetén (legalul) a spektrumban a kék színnek megfelelő hullámhossz-tartomány meghatározó mértékben van jelen, ezért a színérzet "hideg fehér". A középső fényforrás fénye a "semleges fehér" tartományba sorolható. A színérzet-tartományok és a színhőmérséklet értékek megfeleltetéséről lásd a 6. pontban a CCT (korrelált színhőmérséklet) címszót!

1.3. A fényszennyezés jelentősebb forrásai és jellemzésük

A fényszennyezés az azt előidéző mesterséges éjszakai világítás céljától, rendeltetésétől függetlenül jelentkezik, azonban az útmutató gyakorlati alkalmazása szempontjából célszerűnek tűnik, ha a fényszennyezés jellemző forrásainak tekinthető megvilágításokat ezek alapján csoportosítjuk és e csoportokról adunk rövid jellemzést. Általánosságban elmondható, hogy a fényszennyezés összességéért a **közvilágítás**, az ipari, kereskedelmi és szolgáltató telephelyek fényei, valamint a dísz- és reklámvilágítás hasonló arányban tehető felelőssé.

1.3.1. Közvilágítás

Közvilágítás alatt közterületeknek a közlekedés-, a köz- és vagyonbiztonság érdekében létesített összefüggő, rendszeres, meghatározott üzemvitelű, helyhez kötött, villamos üzemű világítását értjük. Az útmutatóban ebbe a csoportba soroljuk

- közterületek (belterületen terek, utcák, parkolók stb., külterületen utak, utcák);
- zöldterületek (pl. parkok), gyalogutak;
- közhasználatú közlekedési csomópontok (beleértve a közlekedési jelzéseket)

megvilágítását.

A közlekedés céljára igénybe vett közterületek, közutak esetében a **közvilágításra általában szabványokban meghatározott számszerű követelmények vonatkoznak**. A közvilágítás és a parkolók megvilágítására a közepes vagy nagy, míg a parkok, gyalogutak esetében a kis **fénypontmagasság** jellemző.

Pozitív fejlemény, hogy a korszerű világítástechnikai eszközök (lámpatestek stb.) lehetővé teszik a kibocsátott fény hatékonyabb irányítását, amellyel jelentősen csökkenthető vagy kiküszöbölhető a térbeli meg nem felelés.

A minőségi meg nem felelés szempontjából azonban kedvezőtlen tendenciák érvényesülnek. A korábban általánosan alkalmazott **nagynyomású nátriumlámpák** sárgás színű, ökológiai és egészségügyi szempontból egyaránt megfelelő fényéhez képest a LED-es fényforrások elterjedésével a spektrum eltolódott: a jellemzően a spektrum kék színtartományában sugárzó LED-ek fényét különböző módszerekkel „színezve” állítható elő a LED-ek „fehér fénye”.

1.3.2. Telephelyek kültéri megvilágítása

Ide soroljuk

- termelőegységek (ipar, bányászat, logisztika, mezőgazdaság stb.) munkavégzési, (munka)biztonsági célú;
- termelő- vagy szolgáltatóegységek promóciós, reklám célú;
- nem közhasználatú közlekedési infrastruktúra (pl. rendezőpályaudvar, repülőtér stb.)

megvilágítását.

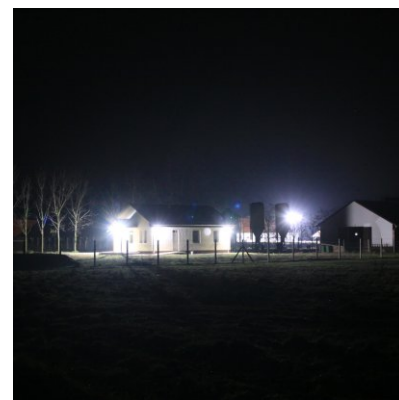
A telephelyek megvilágítására különösen érvényes, hogy a látási feladatnak megfelelő, a munkavégzés biztonságát biztosító stb. megvilágítás mértékére, időtartamára (általában szabványokban) **részletes és számszerűen meghatározott követelmények** vonatkoznak.

A minőségi meg nem felelés szempontjából a közvilágításnál ismertetett kedvezőtlen tendenciák jelentkeznek, ugyanakkor a térbeli meg nem felelés terén az ott tapasztalható kedvező fejlemények sajnálatos módon egyál-

Közvilágítás: közterületnek a közlekedés-, a köz- és vagyonbiztonság érdekében létesített összefüggő, rendszeres, meghatározott üzemvitelű, helyhez kötött, villamos üzemű világítása. A közlekedést, közművek elhelyezését, valamint pihenőhelyek (pl. parkok) és emlékhelyek elhelyezését szolgáló közterületek, továbbá a közforgalom számára megnyitott magánterületek fenti módon történő mesterséges világításáról a települési önkormányzat gondoskodik.

Fénypontmagasság: a lámpatestek optikai középpontjának a megvilágított felülettől (legtöbb esetben a talajszinttől) mért függőleges távolsága.

Nagynyomású nátriumlámpa: olyan nagynyomású kisülőlámpa, amelyben a fény túlnyomórészt 10 kPa nagyságrendű parciális nyomású nátriumgőz gerjesztése és sugárzása következtében jön létre. Jellemző sárga színt kibocsátó fényforrás, színhőmérséklete 2000 K körül van.



1.9. kép. Telephelyek kültéri megvilágítására általánosságban jellemző, hogy egyszerre lép fel térbeli és mennyiségi meg nem felelés. LED fényforrások hideg fehér fénye a rovarokra erősen vonzó hatású, ezért alkalmazásuk minőségi meg nem felelést is okoz.

talán nem jellemzők. Az alkalmazott – legtöbbször fényvető fényeloszlású (a lámpatestek fényeloszlásáról lásd a [3.1.1.2.](#) pontot), koncentrált – megvilágítás „irányítására” jellemző, hogy a horizont síkja fölé és a megvilágítandó területen kívülre egyaránt terítik a fényt. A mennyiségi meg nem felelés szempontjából lényeges tapasztalat, hogy a telephelyek kültéri megvilágítására sokszor indokolatlanul nagy fényáramú fényforrásokat használnak (esetenként fölösleges mennyiségben is), általában egyáltalán nem törekedve arra, hogy a túlvilágítás előidézése helyett az előírt minimális mértékű megvilágítás valósuljon meg. Bár a telephelyek megvilágítása esetén – ahol a helyszín és a tevékenység jellege, a megvilágítás célja lehetővé teszi – előfordulnak olyan megoldások, amelyekkel állandó megvilágítás helyett a valós igényhez igazítható a megvilágítás időtartama (és fényárama), még kevésbé jellemző az időbeli és a mennyiségi meg nem felelés csökkentésére irányuló szándék és gyakorlat.

A piaci versenyben egyre gyakoribb, hogy egyes termékek gyártói még a termék előállításának a helyszínét is, ráadásul éjjel-nappal fel kívánják használni reklám- és promóciós célokra, ezért éjszaka kívülről megvilágítják a gyártó üzemét. A termelő- vagy szolgáltatóegységek promóciós, reklámcélú megvilágítása esetén nem ritka, hogy az 1.2. pontban ismertetett összes meg nem felelés érvényesül és okoz mértékében és hatásaiban jelentős fényszennyezést.

1.3.3. Díszvilágítás

Ebbe a körbe

- homlokzatok;
- objektumok (elsősorban épületek, építmények)

esztétikai célok által vezérelt éjszakai megvilágítását soroljuk.

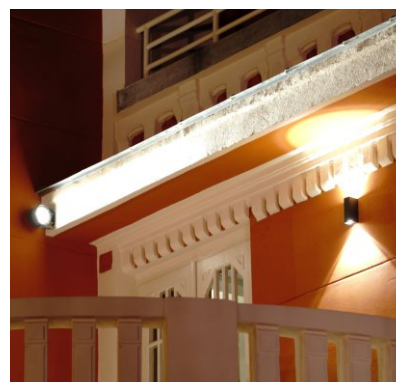
Települések kül- és belterületén egyaránt előfordul, de legnagyobb számban városi belterületi épületek, építmények kapnak díszvilágítást, amelyek között egyaránt megtalálhatók műemlékek, műalkotások, középületek, magas presztízsű ingatlanok (irodaházak, szállodák stb.). Kisebb településeken elsősorban belterületen lévő műemlékek, templomok díszvilágítása jellemző, de vannak példák különálló külterületi műemlékek (pl. várromok), emlékművek stb. díszvilágítására is.

Általános és jellemző probléma mind a homlokzatok, mind az objektumok díszvilágításánál **a térbeli meg nem felelés**, amely elsősorban a fény helytelen irányítottaságából következik (1.10. kép). A legtöbbször alulról történő megvilágítás során nagy fényáramú fényvetők lényegesen nagyobb térszögbe sugároznak, mint a megvilágítandó felület/objektum, így az égbolt teljesen felesleges „kivilágítása” mellett a kápráztató hatás miatt balesetveszély is előállhat. Abban a nem ritka esetben, ha a kívánt cél eléréséhez szükségesnél több vagy nagyobb fényáramú fényvetőt alkalmaznak, a fentiek mellett mennyiségi meg nem felelés is fellép (lásd az 1.10. képet).

Újabb keletű jelenség színes fények díszvilágítási célú használata (lásd az 1.7 képet); a minőségi meg nem felelést ilyenkor is elsősorban a rövidebb hullámhosszú (a kék színnek megfelelő hullámhossz-tartományba eső) fény okozza, ími különösen akkor jelent veszélyt, ha természetes élőhelyek közelében alkalmazzák.

1.3.4. Sport- és egyéb közösségi létesítmények, rendezvények megvilágítása

Ezekre a megvilágításokra bizonyos tekintetben a telephelyek kültéri megvilágításának, részben pedig a díszvilágítás jellemzői érvényesek. Lényeges különbség a megvilágítás idejében és időtartamában van: a sport- és közösségi létesítmények vagy rendezvények esetében **legtöbbször nem állandó, de még rendszeres világításról sincs szó; a világítás alkalmoszerű, általában rövid ideig tartó, különösen nagy fényáramú és koncentrált.** A



1.10. kép. Épülethomlokzat részleteit hangsúlyozó díszvilágítás sok esetben okoz fényszennyezést. A képen a tetőperemet megvilágító fényvető esetében egyértelmű a helytelen irányítás okozta térbeli meg nem felelés: a fénynyaláb vízszintes irányú. A függőleges nyaláb - amelyből közvetlenül nem távozik ugyan fény az égbolt felé - esztétikai szempontból nehezen értelmezhető, fölösleges; ebben az esetben inkább túlvilágítás lép fel.

nyitott létesítményekben zajló sportesemények megvilágítása rendszerint nagy fénypontmagassággal valósul meg (pl. stadionok esetében alkalmazott tartószerkezetek). A szinte a természetes nappali megvilágításnak megfelelő megvilágítás biztosítására nagy mennyiségben alkalmazott nagy fénypontú fénypontok lokálisan kiugróan súlyos „közvetlen”, valamint – a települési fénypontok időszakos kifényesedése és méretnövekedése miatt – hatásait tekintélyes távolságban is érezhető „közvetett” fényszennyezést eredményez.

A fentiek a közhasználatú kültéri sportlétesítmények, sportpályák esetében is érvényesek azzal, hogy ezek rendszeres használata miatt a megvilágítás is rendszeres és jellemzően az esti, késő esti időszakra koncentrálódik. A belterületi sportlétesítmények rendszeres, intenzív megvilágítása (sajnálatos módon igen gyakori) térbeli meg nem felelésének következményeként jelentkező fényszennyezés jelentős zavaró hatással járhat a környező lakóterületeken.

A sportrendezvények megvilágításától **külön kezelendő magának a befogadó sportlétesítménynek mint épületnek a rendezvényektől független megvilágítása** (díszvilágítása), amely ha nem is állandó, de rendszeresnek tekinthető és általánosságban az 1.3.3. pontban leírtakkal jellemezhető.

1.3.5. Reklámok, reklámfelületek megvilágítása

Ide tartoznak a

- megvilágított vagy önálló fénnel rendelkező;
- állandó vagy változó tartalmú reklámfelületek.

A reklámcélú világítás egyre nagyobb súllyal jelenik meg a fényszennyezés forrásai között.

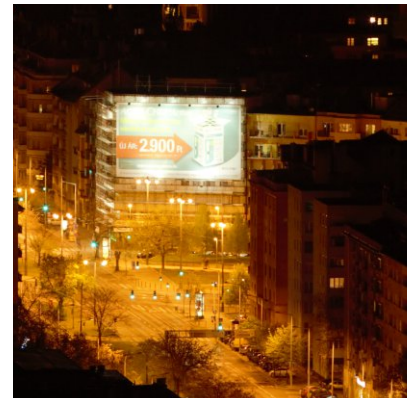
A reklámfelületek megvilágításuk módja szerint **önvilágítók vagy kívülről megvilágítottak**, üzem módja szerint pedig **statikusak vagy dinamikusak** lehetnek. A statikus reklámok esetében általában csak a fénysűrűség okozhat problémát.

Külterületen, általában forgalmasabb közutak mentén a kis vagy közepes fénypontmagasságú fényponttal megvilágított statikus reklámfelületek (pl. óriásplakátok) a leggyakoribbak.

A beépített települési területek peremén, a kül- és belterület határán lévő, elsősorban kereskedelmi és szolgáltatóegységekhez köthető egyéb megvilágított reklámfelületekre (pl. tartószerkezetekre helyezett logó stb.) leginkább a díszvilágításnál leírtak érvényesek (lásd az [1.3.3. pontot](#)).

A települések belterülete felé haladva a reklámvilágítások és hatásai önmagukban egyre kevésbé értelmezhetők, mert egyre több és változatosabb fényszennyező forrással együttesen érvényesülnek. Talán az egyik kivétel ez alól az önvilágító, dinamikus reklámfelületek közé tartozó nagyméretű képernyőpanelek megjelenése és terjedése elsősorban kereskedelmi és/vagy szolgáltatóegységek külső homlokzatán. Ebben az esetben elsősorban a színes, gyorsan változó, vibráló fények megjelenése okoz problémát: a képernyő a megjelenített tartalom szerint általában gyorsan változó, villogó fény bocsát ki, amely a közlekedők perifériális látóterében kifejezetten zavaró lehet, de az éjszakai nyugalom szempontjából is kedvezőtlen hatású. A környezetre, élővilágra gyakorolt hatásai még kevésbé ismertek. Ha a nappali körülmények közötti láthatóságot szem előtt tartva méretezett fénypontot nem szabályozzák le az esti-éjszakai időszakban, a mennyiségi meg nem felelés kiugró lehet a többi meg nem felelés között.

Noha a forgó "diszkó-reflektorokat" (sky rose) nem (reklám)felületek megvilágítására alkalmazzák, céljuk és rendeltetésük szerint itt kell megemlíteni, mint fényszennyező forrásokat. A legtöbbször szórakozóhelyek, rendezvényhelyszínek éjszakai reklámozása, figyelemfelkeltés céljából működtetett, az égbolt felé irányított, forgó, mozgó, nagy fénypontú fénypontok az összes meg nem felelést egyszerre produkálják.



1.11. kép. Különösen nagy méretű megvilágított ideiglenes reklámfelület városi környezetben. Az ilyen kiterjedésű és (a közvilágításhoz képest is) kiugró mértékben megvilágított felületek akár több km-es távolságból is vonzzák a rovarokat.

1.4. A fényszennyezés jellemző hatásai és a hatásviselők

A fényszennyezés sokak által érzékelhető, „szemmel látható” és messze ható következménye az éjszakai égbolt kifényesedése, amelyet elsősorban a települések (mindenekelőtt a nagyvárosok) előző pontban ismertetett valamennyi fényszennyező forrása által együttesen létrehozott fénykupolák okoznak. Meg kell jegyezni azonban, hogy fényszennyezéssel kevésbé érintett területeken az égbolt kifényesedéséhez lokálisan akár egyetlen fényszennyező forrás is (pl. egy helytelen díszvilágítás térbeli és mennyiségi meg nem felelése) jelentős mértékben hozzájárulhat.

Napjainkban a városi gyermekek már úgy nőnek fel, hogy nem tapasztalhatják meg a háborítatlan csillagos égbolt látványát. A fényszennyezés, illetve az éjszakai égbolt kifényesedése miatt az emberiség jelentős része elvesztheti a kulturális örökségének egy fontos ihletőjét és hordozóját: a természetes éjszakai égboltot és a természetes éjszakai tájat.

Az éjszakai égbolt kifényesedése korlátozza a „hagyományos”, földfelszíni csillagászati megfigyelések, észlelések, s ezáltal az oktatás és a tudományos kutatás lehetőségeit.

A leginkább telephelyek kültéri megvilágítása vagy díszvilágítások okozta káprázás, amikor a nem megfelelően irányított fény a megfigyelő szemébe jut, főként lokálisan érvényesülő közvetlen hatás, de potenciálisan sokakat érinthet. Amennyiben a környezet megvilágítottságához képest ez a hatás erősebb, akkor a megvilágítás térbeli és/vagy mennyiségi meg nem felelése kényelmetlenséget, látási zavart, kirívó esetben balesetveszélyt okozhat.

A fényszennyezés emberre gyakorolt hatásai között vannak olyanok, amelyek közvetlenül nem érzékelhetők vagy felismerhetők, azonban következményeiket tekintve akár súlyosak is lehetnek. E hatások nem csak a fény (a megvilágítás) mennyiségével és időtartamával, hanem minőségével is szorosan összefüggnek. Az érvényesülésükben szerepet játszó fiziológiai mechanizmus régóta ismert. A **melatonin** hormon fontos szerepet játszik az ember (és az emlősök) napi aktivitásának ciklikus szabályozásában. Normál esetben éjszaka termelődik, elősegíti a nyugodt alvást. A fény megjelenésével csökken, majd leáll a melatonin termelése; természetes körülmények között ez is hozzájárul a reggeli ébredéshez. Az éjszakai nyugalmi időszakban jelentkező fényhatás miatt hamarabb leáll a melatonin-termelés, s ezzel a pihentető alvás esélye is jelentősen csökken. A nem megfelelő mennyiségű vagy minőségű alvás egészségügyi kockázati tényező, de a fényszennyezés ennél komolyabb problémát is okozhat. A melatonin ugyanis nem csak az alvási ciklust szabályozza, hanem erős antioxidánsként jelentős a szerepe bizonyos daganatos megbetegedések (elsősorban mell, prosztatata és vastagbél daganatok) kialakulásának megakadályozásában. Újabb keletű kutatási eredmények szerint azokon a helyeken, ahol a kültéri világításban 4000 K körüli és a feletti korrelált színhőmérsékletű fényt sugárzó LED-ek alkalmazása miatt a „hideg fehér” fények dominálnak, nagyobb arányban fordul elő a mell- és a prosztatarák, mint a „hagyományos” nagynyomású nátriumlámpákkal megvilágított területeken. Egyes tanulmányok szerint a mellrák és a prosztatarák kockázata a fenti, a fényszennyezés szempontjából a megvilágítás minőségi meg nem felelésére visszavezethető okok miatt akár kétszeres is lehet.

Az utóbbi évtizedek kutatásai során állapították meg, hogy az emberi szemben a már korábban ismert fényérzékelő struktúrák (csapok és pálcikák) mellett más fényérzékelők is vannak: a ganglion sejtek. A látásban közvetlenül nincs szerepük, viszont a környezet fényviszonyairól olyan információt juttatnak az agyba, amelynek a melatonin termelésének irányításán keresztül a **cirkadián ritmus** szabályozásában jut jelentős szerep. A ganglionsejtek a spektrum kék tartományában, 460 nm-es hullámhossz körül a legérzékenyebbek, ezért a LED-ek „hideg fehér” fénye, illetve a megvilágítások minőségi meg nem felelése az ember „napi biológiai órájának”

Az éjszakai égbolt kifényesedése

Tudományos kutatás és az oktatás szűkülő feltételei

Lokálisan: balesetveszély

Egészségkárosítás

Melatonin: az alvási ciklust irányító hormon. Sötétben keletkezik, ezért a „sötétség hormona” formában említik. Kiválasztása az évszakok szerint változó fényviszonyokhoz is igazodik. Képződését a hipotalamusz vezérli a fény és a sötétség változásairól kapott információ alapján, s a tobozmirigy választja ki. Antioxidánsként is fontos szerepe van a szervezet működésében.

Cirkadián ritmus: „napi biológiai óra”. Olyan, nagyjából 24 órás ciklus, amely az élőlények biokémiai, fiziológiai folyamataiban vagy viselkedésében lép fel. A cirkadián ritmust az élőlény saját belső időmérő rendszere vezérli, amit külső, szinkronizáló stimulusok is segítenek; ez utóbbiak közül legfontosabb a napfény. A cirkadián ritmus lehetővé teszi, hogy az élőlények alkalmazkodni tudjanak a környezeti feltételek, körülmények szabályos váltakozásához.

működésében is zavarokat okozhat.

A fényszennyezésnek nem csak az emberi tevékenységekre és egészségre vannak jelentős hatásai, hanem az élővilág, s általa a bioszféra egészére. A korábban alkalmazott megközelítések és csoportosítás alapján ezt nevezték „ökológiai fényszennyezésnek”. **Ma már tudjuk, hogy a fényszennyezésnek szinte minden formája hatással van valamilyen módon az élő rendszerekre, ezért minden fényszennyezés egyben „ökológiai fényszennyezés”.** Tengerparti kivilágítás floridai teknős fajok tájékozódására gyakorolt káros hatásának leírása (1990-es évek eleje) óta tudományos kutatások sora tárta fel a fényszennyezés fajokra, fajcsoportokra (pl. rovarokra, madarakra, denevérekre), illetve akár az ökoszisztéma egészére gyakorolt káros hatásait. Ez utóbbiakkal a [2.1.](#) pont keretében, valamint az esettanulmányok [5.1.](#) pontjában foglalkozunk részletesen. Újabban már egyre szélesebb körben ismertek a fényszennyezés **ökoszisztéma-szolgáltatásokra** gyakorolt kedvezőtlen hatásai is; ezek mechanizmusait, működését további kutatásokkal lehet részletesen feltárni.

Az elsősorban mennyiségi és/vagy időbeli meg nem felelés miatt jelentkező **túvilágítás** minden esetben energiapazarlás is, mert mindenképpen az adott látási feladathoz, a megvilágítás céljához minimálisan szükségesnél több energia felhasználásával jár. A globális szinten ilyen módon, illetve a fényszennyezéshez köthető egyéb okokból fölöslegesen felhasznált energia(többlet) előállítása (bányászat, szállítás, erőművek stb.) olyan **indokolatlan, a klímaváltozáshoz is hozzájáruló környezetterhelést okoz, amely helyes világítás alkalmazásával viszonylag egyszerűen elkerülhető lenne.** A mesterséges éjszakai világításra fordított energiafelhasználáshoz kapcsolódó éves CO₂ kibocsátás a Föld egészét tekintve 1,9 milliárd tonnára becsülhető. Franciaországban 2013 júniusa óta törvény szabályozza az 1 és 7 óra közötti időszakban történő köz- és díszvilágítást, amelynek eredményeként évente 3000 milliárd Wh villamosenergia-fogyasztás spórolható meg. Ezzel megközelítőleg 335000 tonnával csökkenthető az éves CO₂ kibocsátás.

Az élővilág, ökoszisztéma veszélyeztetése

Ökoszisztéma-szolgáltatás: az élővilág, az ökológiai rendszerek működésével járó, az emberiség, illetve a civilizáció fenntartásához, fennmaradásához szükséges folyamatok, hatások, termékek stb., amelyeket az emberiség közvetlen vagy közvetett módon felhasznál, kiakná, élvez. Fenntartó (pl. elsődleges produkció), szabályozó (pl. biológiai védekezés), ellátó (pl. élelmiszerek) és kulturális (pl. rekreáció) típusú ökoszisztéma-szolgáltatások léteznek, amelyeken keresztül közgazdasági szempontból értelmezhetővé válik a természetes ökoszisztémák és a biológiai sokféleség (társadalmi) értéke.

Energiapazarlás, környezetterhelés, klímaváltozás

A fényszennyezés legjellemzőbb velejárói, hatásai, következményei összefoglalva a következők:

- az energia és a természeti erőforrások pazarlása,
- az (elsősorban szárazföldi) élővilág életfeltételei, illetve az ökoszisztéma kialakulása és működése szempontjából meghatározó természetes nappal/éjszaka (világos/sötét) periodicitás befolyásolása,
- éjszaka aktív fajok élőhelyeinek veszélyeztetése,
- a fajok biológiai ritmusának megzavarása (tekintet nélkül arra, hogy nappali vagy éjszakai életmódot folytatnak),
- (elsősorban rovarokra, illetve egyéb állatfajokra kifejtett hatások miatt) az ökoszisztéma-szolgáltatások (pl. beporzás) minőségének, hatékonyságának csökkentése,
- a természetes éjszakai tájkép veszélyeztetése,
- a természetes éjszakai égbolt láthatóságának, megfigyelhetőségének romlása, városi környezetben megszüntetése,
- káprázás okozta biztonsági kockázat,
- az emberi jóllét és egészség veszélyeztetése,
- (elsősorban a túvilágítás és a fény nem megfelelő irányítása következtében) az emberi komfortérzet csökkentése és a magánszféra zavarása.

2. Szempontok fényszennyezés-mentes kültéri éjszakai mesterséges világítás természet- és tájvédelmi szakmai követelményei meghatározásához

2.1. A fényszennyezés természet- és tájvédelmet érintő hatásai, következményei – általános áttekintés

2.1.1. Természetvédelmi hatások, következmények

A következőkben példákon keresztül bemutatjuk a fényszennyezés élővilágra gyakorolt azon főbb hatásait, amelyekről megalapozott ismeretek állnak rendelkezésre és a fényszennyezés természetvédelmi vonatkozásainak megítélését is elősegíthetik.

Az ökoszisztéma szempontjából a fény nem csupán energiaforrás, hanem – intenzitásának többszálajú, periodikus változásával – alapvetően meghatározza az élővilág életritmusát is, amely sok millió év alatt alkalmazkodott a változó hosszúságú nappalok-éjszakák, a holdfázisok és az évszakok okozta változásokhoz. Az evolúció során elkülönültek a nappali és az éjszakai életmódú fajok, és számtalan olyan dinamikus egyensúly jött létre, amely főként a természetes fényváltozásokon alapul.

A környezeti tényezők olyan faktorok, amelyeknek tényleges hatásuk van az élőlények anyagcseréjére, viselkedésére; „választ” váltanak ki az élőlényekből és közösségeikből. **A fény az élőlényekre ható egyik legfontosabb abiotikus környezeti tényező, és mint ilyen fontos szerepet játszik a populációk viselkedésében, kölcsönhatásaiban és ezáltal az egész ökoszisztéma működésében.** Hiánya éppúgy problémát jelent, mint túlzott intenzitása, nem megfelelő tér- és időbeli eloszlása vagy spektrális jellemzői.

A mesterséges éjszakai megvilágítás okozta fényszennyezés **élővilágra gyakorolt közvetlen és közvetett negatív hatásait azok mechanizmusa és következményei alapján korábban két csoportra osztották.**

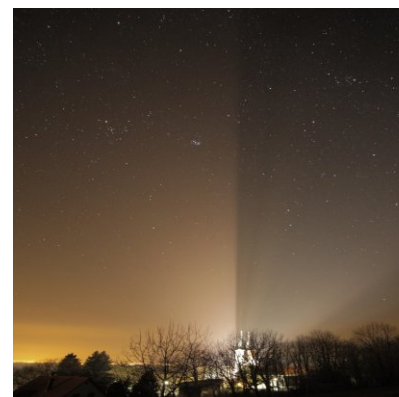
Az ún. „csillagászati vagy asztronómiai fényszennyezés” (e helyett ma már „az éjszakai égbolt kifényesedése” kifejezés használata indokolt) esetén a mesterséges fény kioltja a csillagok és egyéb égitestek fényét és ez olyan módon befolyásolja egyes állatok viselkedését, hogy azok túlélési esélye csökken. Sok-sok fényszennyezés-forrás kumulatív hatásaként az éjszakai égboltnak a Föld nagy részén érzékelhető kifényesedése az égi jelenségek láthatóságán túl az élővilágra is hatással van.

Az ún. „ökológiai fényszennyezés” esetében már akár egy vagy néhány fényforrás is hatással lehet egy helyi populáció egyedeinek viselkedésére vagy egy helyi életközösség fajdominancia viszonyaira és térbeli szerkezetére (2.1. kép).

A csoportosítás tehát – ellentétben azzal, amit a korábbi elnevezések sugallnak – valójában sokkal inkább a léptéken és a hatásmechanizmuson alapul, mint azon, hogy a fényszennyezés „csillagászati” vagy „ökológiai” hatásokkal és kedvezőtlen következményekkel jár-e, mert bármely fényszennyezés előidézhet kedvezőtlen ökológiai változásokat.

Az első között a Florida partjain tojást rakó teknőökre (*Caretta caretta*, *Chelonia mydas*, *Dermochelys coriacea*) gyakorolt, a parti szállodasorok és utak világítása okozta kedvezőtlen hatásokra figyeltek fel (a tojásból kikelő

A fény mint meghatározó környezeti tényező



2.1. kép. A fényszennyezés és hatásainak egy korábbi megközelítés szerinti csoportosítása alapján a horizont síkja fölé irányuló fény okozza az égbolt kifényesedését (korábban ezt „csillagászati fényszennyezésnek” nevezték), a lefelé irányuló fény pedig az „ökológiai fényszennyezésért” felel.

Egyedekre gyakorolt hatások már a kezdetektől...

teknősök számára a kulcsinger a Hold által halványan megvilágított tenger fénylése, amelyet „felülír” a parton lévő mesterséges világítás fénye, „eltérítve” a tojásból kikelt teknősöket a helyes irányból; 2.2. ábra).

Az elmúlt évek hazai kutatásai során gyűjtötték azokat az adatokat, amelyek alapján kimutatható volt, hogy denevérek által lakott épületek kivilágítása (illetve az ebből adódó fényszennyezés) nem csupán késlelteti az állatok kirepülésének idejét, de **jelentős hatással van a kölykök egyedfejlődésére** is. A denevérkölykök születési idejének, testtömegének és a csöves csontok növekedésének vizsgálata alapján kiderült, hogy a megvilágított épületekben később születnek a kölykök, és testtömegük, végtagjaik növekedése is elmarad a zavartalan épületekben élő társaikhoz képest. Az eredmények alapján a megvilágított épületekben felnövő állatok az önállósodás időszakára sem képesek kompenzálni hátrányukat.

Tájékozódási képességre gyakorolt hatás rovarok példáján – a fénycsapda effektus

A rovarok „speciális technikákat alkalmaznak” gyenge látásélességük ellensúlyozására. Ezek egyike a kiváló színlátás, ami az ultraibolya tartományban is működő különleges receptorral egészül ki. Éjszakai életmódot folytató rovarok esetében a Hold – mint az egyetlen erős fényű természetes éjszakai fényforrás – kitüntetett szerepet játszhat a tájékozódásban. A rovarok által megtett távolságokhoz képest égi kísérőnk óriási messzeségben van, így – égi mozgását leszámítva – állandó fénylő pontként jelenik meg. A természetes körülményekhez alkalmazkodott rovarok számára a környezetéhez képest lényegesen fényesebb fényforrás – részben átvéve a Hold szerepét – referencia irányként jelenik meg, azonban lényegesen kisebb távolsága miatt helyzete nem állandó, ami körkörös vagy spirálozó mozgásra készteti a rovargyedeket (2.3. ábra). Ez a fénycsapda működési mechanizmusa, amit éjszaka mindannyian megfigyelhetünk egy lámpa közelében.

A fénycsapdák működési- és hatásmechanizmusa jól interpretálható a mesterséges éjszakai világítás esetében.

A rovarokra gyakorolt vonzerőt befolyásoló tényezők:

- a fénypontmagasság (a fénypontmagasság duplájára növelése esetén a vonzerő 1,5 – 4-szeres),
- a fényerősség (ennek kétszeres értékénél a vonzerő 1,7 – 2-szeres),
- a fényforrás emissziós spektruma (a rövid hullámhosszú „hideg fehér” fényt kibocsátó, nagyobb korrelált színhőmérsékletű ($T_c > 3300\text{ K}$) fémhalogén vagy LED lámpák 6 – 10-szer nagyobb vonzó hatást fejtenek ki, pl. a molylepkékre, mint az azonos teljesítményű „hagyományos” nagynyomású nátriumlámpák),
- a rovar faja, ivara, genotípusa,
- környezeti tényezők (léghőmérséklet, páratartalom, aktuális holdfázis).

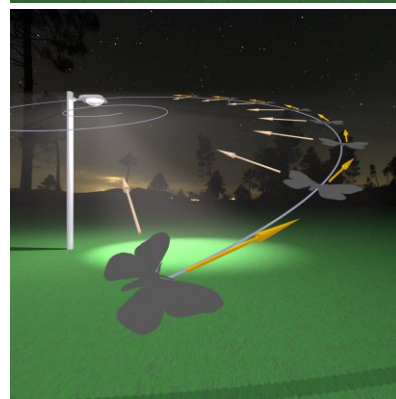
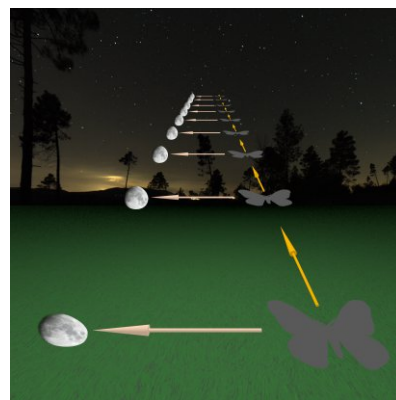
A közvilágításban alkalmazott világítótestek fénycsapdaként működnek. Sötét területeken egy fényforrás akár 2000–11 000 rovargyedet is „befoghat” egy éjszaka során. A mesterséges fények által az élőhelyükről elvonzott – és többnyire elpusztított – rovarok mennyisége hatalmas: egy USA-ban végzett vizsgálat során egyetlen fénycsapda egy éjszakán 36,8 kg (mintegy 85 millió egyed) iszapszúnyogot fogott be. Egy hazai nagyvárosban, megvilágított falfelületek mentén 50 alkalommal 1,5–2 órán át végzett gyűjtés során csak futóbogarakból 148 faj 17 400 példányát fogták be, amely az összes befogott rovar kb. 20%-át tette ki. A néhányszor tíz négyzetméternyi falfelület 25 – 30 km-re lévő élőhelyekről is vonzott rovarokat!

Már rövid időtávon belül is előfordulhat az, hogy jelentős fényszennyezést okozó világítótestek vagy megvilágított felületek olyan mértékben koncentrálnak rovarokat (mint táplálékforrást), hogy a sötétebb élőhelyeken nem marad elegendő táplálék a fény(szenyezés)re érzékenyebb, a megvilágítást kifejezetten kerülő, rovarokkal táplálkozó ragadozók számára. Ez a hatás,



2.2. ábra. A tojásból kikelt teknősöket eltéríti a halványan fénylő tengertől a part menti világítás, rontva a szaporodás sikerességét.

Fénycsapda effektus



2.3. ábra Számos repülő rovarfaj éjszakai tájékozódásában van kiemelt szerepe a Holdnak. Égi kísérőnk nagy távolsága miatt a Hold irányához képest azonos szögben repülve a rovarok képesek egyenesen haladni (fent). Ha a Holdhoz képest jóval közelebb lévő mesterséges fényforrás veszi át ezt a szerepet, akkor a rovar a fenti módszert alkalmazva nem egyenesen, hanem a fényforrás felé spirálozva képes csak haladni (lent).

illetve folyamat – a fényszennyezés fragmentációt okozó hatásával együtt – viszonylag gyorsan és nagy területen a fajkészlet (s ezen keresztül az ökoszisztéma egészének) jelentős átalakulását eredményezheti.

A fényszennyezés madarakra gyakorolt főbb hatásai

A fényszennyezés egyaránt kedvezőtlenül befolyásolhatja madarak túlélési, valamint szaporodásbéli esélyeit. A hatásokat és következményeiket időben és térben két részre oszthatjuk: költési és vonulási-telelési időszakra, valamint költőterületre és vonuló-telelőterületre.

A költő- vagy telelőterületeken, madarak által huzamosabb ideig használt helyekre jellemző jelenségek:

- vizsgálatok kimutatták, hogy bizonyos fajok kivilágított objektumoktól távolabb választanak költőhelyet lehetőleg ugyanolyan minőségű élőhelyen (amennyiben rendelkezésre áll ilyen) – **„új szempontok” a területi preferenciákban;**

- a mesterséges megvilágítás okozta „állandó nappal” felborítja a madarak „napirendjét”; jellemzően nappal aktív madarak éjszaka is táplálkoznak stb. – **bioritmus változása;**

- fiókák ivarmirigyei rendellenesen fejlődnek, gátolt a hormonok termelődése, a tojásrakás és a fiókák kikelése előbbre tolódik, csökken a lerakott tojások száma, növekszik a páron kívül más egyedekkel történő pázások száma, csökken a territóriumot védő agresszivitás – **szaporodással kapcsolatos élettevékenységek, folyamatok és viselkedés változásai.**

Vonuló madarak esetében vonulás közben jellemző jelenségek:

- éjszaka vonuló madaraknál a mesterséges fényforrások eltévedéshez, „kényszerleszálláshoz” vezethetnek – **a tájékozódó képesség romlása;**

- az éjszaka vonuló madarak jelentős része zsírtartalékot halmoz fel, amelyet repülés közben felhasznál és a következő alkalmas pihenőhelyen újabb tartalékokat gyűjt. A mesterséges fényforrások által előidézett „kényszerleszállás” felboríthatja ezt a rendszert és a madarakat olyan kedvezőtlen területre vonzza, ahol nem áll rendelkezésre elég táplálék tartalék felhalmozásához – **kockázatok a vonulás sikerében;**

- (pl. díszvilágítással) megvilágított magas objektumok vonzzák a madarakat, megzavarják tájékozódásukat, amely – legtöbbször az egyed pusztulását okozó – ütközéshez vezethet – **sérülést okozó közvetlen hatások.**

Elsősorban a **szinantróp** madarak termékenysége, valamint a nagy távolságokra éjszaka (is) vonuló madarak túlélése szempontjából jelent komoly ökológiai kockázatot települések, vonalas létesítmények szabályozatlan, növekvő mértékű és tartós éjszakai megvilágítása.

A fényszennyezés madarakra gyakorolt egyes hatásait részletesen ismerteti az [5.1.2.](#) pont.

Újabb kutatások egyes gerinctelen életközösségek fényszennyezés által kiváltott megváltozásából kiindulva az **ökoszisztéma szolgáltatásokban fellépő zavarokra következtettek**. A növények beporzásában pl. kiemelkedő szerepet játszanak az éjszaka aktív és fényre repülő lepkék (molyok, arasolók, bagolylepkék, szenderek). Kimutatták azt is, hogy a gerinctelen közösség összetételét befolyásolja a közvilágítás intenzitása (a fényforrások közelsége) és minősége. A vizsgált gerinctelen csoportokban a kontrollcsoporthoz képest jelentős kompozíciós különbségeket tapasztaltak, ami arra utal, hogy **a fényszennyezés az egyedekre és populációkra kifejtett negatív hatás mellett a biológiai szerveződés magasabb szintjein is módosíthatja az ökológiai rendszerek szerkezetét és funkcióját.**

Az alfejezet a fényszennyezés azon főbb, élőlényekre gyakorolt hatásainak összefoglaló bemutatására tett kísérletet, amelyeknek ismerete elősegítheti adott esetben a fényszennyezés természetvédelmi (élővilágvédelmi) hatásainak, következményeinek mérlegelését, megítélését. Ez utóbbihoz az [5.1.](#) pontban bemutatott esettanulmányok szintén segítséget adhatnak.

Madarakra gyakorolt hatások

Szinantróp (faj): ember közelében élő (állat)faj.

Zavarok az ökoszisztémában és az ökoszisztéma-szolgáltatásokban

Az eddigi kutatások, vizsgálatok eredményei, a gyakorlati tapasztalatok alapján a **fényszennyezés élővilágra gyakorolt főbb hatásai és következményei a következők szerint foglalhatók össze:**

- Általános probléma, hogy a **mesterséges fények zavart okozhatnak az egyedek tájékozódásában:** főként a repülő állatok (de mások is, pl. teknősök vagy békák) eltévedhetnek, csapdába eshetnek, épületeknek ütközhetnek vagy nem/nehezebben találják meg fészüküket, élőhelyüket.
- **Éjszakai életmódot folytató fajok esetében a mesterséges fény lerövidítheti azt az időszakot, amely megfelelő a táplálékszerzésre.** Vannak ugyanakkor olyan fajok, amelyek viszonylag gyorsan alkalmazkodnak akár megváltozott fényviszonyokhoz is, így a világítás „haszonélvezői” lesznek. Ezek az egyedek ugyanakkor a megvilágításból adódó bőséges táplálékhoz (pl. rovarok) vonzva eshetnek csapdába és válhatnak áldozattá (pl. megvilágított úton elütések által).
- A nappal és éjszaka természetes ritmusának, a **megvilágítás időtartamának megváltozásával felborulhat az élőlények napi és éves bioritmusa,** megváltozhat az endokrin rendszer működése.
- A **fényszennyezés megzavarhatja a táplálékláncot, feldarabolhatja az élőhelyeket** (pl. egy lámpasor egyes fajoknak áthatolhatatlan határt jelent).
- Mesterséges fényforrás akár 10–40 percre is **elvakíthatja a halvány fényre érzékeny éjszakai fajok egyedeit,** jelentősen rontva tájékozódási képességüket.
- A különböző ivarú, a fényre különböző módon reagáló egyedeket a mesterséges fény elkülönítheti egymástól, **kedvezőtlenül befolyásolva a szaporodást.**
- A fényszennyezés kedvezőtlenül befolyásolhatja, **lassíthatja, gátolhatja az utódok egyedfejlődését.**
- A fényszennyezés **megzavarhatja az egyedek közötti kommunikációt.**
- A mesterséges fény **megváltoztathatja a kompetíciós (versengési) viszonyokat és az ökoszisztéma anyag – energia – információáramlását, mintázatait.**

2.1.2. A tájra, a táj karakterére gyakorolt hatások, következmények

A mesterséges éjszakai világítás korábban a települések (elsősorban a városok) belső, beépített területeire volt jellemző főként biztonsági célból. Az iparosodás indította el azt a ma is tartó folyamatot – a modern gazdasági (termelési és fogyasztási) rendszerek és az ezzel szorosan összefüggő életmódváltás keltette igények által napjainkra jelentősen felerősítve –, amely a **települések (városok) környezetének éjszakai (táj)képét is jelentősen átalakította.** Városok sziluettje (vagy legalábbis fénykúpja), nagyobb városok vonzáskörzetében a kivilágított utak és közlekedési csomópontok hálózata, a megvilágított termelőegységek és telephelyek rendszere ma már éjszaka is markánsan jelenik meg a tájban. A napjaink városaira jellemző éjszakai településkép már nem csupán a biztonság iránti igényből fakadó, hanem ezen felül a **specializálódó termelés szerkezet, az ezzel összefüggésben jelentkező szállítási és közlekedési igény, adott esetben a folyamatos munkavégzés feltételeinek biztosításához szükséges mesterséges világítás következménye.**

Díszvilágítás számos épített tájelem, táji érték esetében **településektől kifejezetten távol bukkan fel; ezek a megvilágított objektumok éjszaka a nappali megjelenésükhöz képest sokkal hangsúlyosabban, szinte a környezetükből kiemelve jelennek meg a tájban,** amelynek éjszakai képét egyébként a főbb közlekedési útvonalak településen kívüli szakaszain mind nagyobb számban megjelenő önvilágító és megvilágított reklámok is egyre határozottabban alakítják – leginkább statikus tartalmú és megvilágítású óriásplakátok formájában.

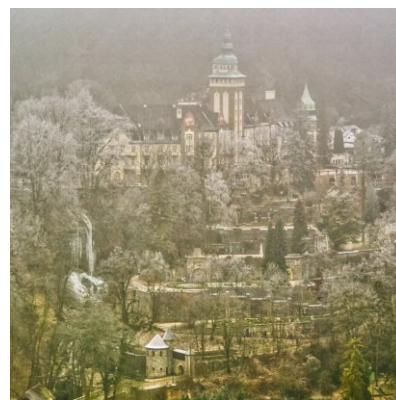
Az 1.3. pontban ismertetett főbb fényszennyezés-források a táj éjszakai megjelenésére gyakorolt hatásaik mellett **nappal is befolyásolhatják a táj karakterét** (elsősorban tartószerkezetek, vezetékek látványával) a településeken belül és kívül egyaránt.

A települések, a beépített területek terjeszkedése (amely igen fontos problémaköre a táj védelmének), illetve ezzel párhuzamosan a mesterséges éjszakai világítás terjedése – amellett, hogy a táj éjszakai képét természetes körülmények között alapvetően meghatározó csillagos égbolt láthatóságát rontja – jelentősen hozzájárul a településkörnyéki sötét területek kiterjedé-

sének csökkenéséhez. A települések terjeszkedésével nem csupán a természetközeli területek visszaszorulása jelentkezik kedvezőtlen következményként, hanem az is, hogy a megmaradt élőhelyeken eltűnőben van az éjszakai sötétség. A 2.1.1. pontban láttuk, hogy az élővilág számára a napfény mellett a sötétség is (valamint a világos és sötét időszakok váltakozása) meghatározó faktor.

A mesterséges éjszakai világítás (technológiai fejlődése, gazdaságosabbá válása, s ebből eredő terjedése) is hozzájárul ahhoz, hogy újabb területeken újabb tevékenységekre, újabb tájhasználatokra nyílik lehetőség, amelyek sok esetben a tájkarakter, a tájkép átalakulását eredményezik nappal és éjszaka, valamint kül- és belterületen egyaránt.

Mind az egyedi zavaró fények okozta, mind a települések fénykupolája formájában megjelenő fényszennyezés idegen a természetes táj éjszakai képétől, vagy ha úgy tetszik, a táj természetes éjszakai képétől. Mindkét esetben elmondható azonban, hogy a fényszennyezés-mentesség ezek egyik alapvető attribútuma.



Általános érvénnyel nem állapítható meg, hogy a megvilágított tájelemek esztétikai szempontból negatívan befolyásolják a táj éjszakai képét vagy a táj éjszakai karakterét, de az kijelenthető, hogy a mesterséges éjszakai világítás elhomályosíthat olyan táji értékeket, olyan táji jellegzetességeket, amelyek az éjszakai sötétség, a csillagos égbolt látványának élményéhez, megéléséhez kötődnek.

Érdemes példákon megvizsgálni, hogy a mesterséges éjszakai világítás esetében értelmezhető két alapvető célkitűzés, a „látni” és a „látszani” hogyan érvényesül markáns művi tájelemek megvilágításakor.

Az egyik példa esetében a jellegzetes épület és a hozzá tartozó, vele egyseget alkotó függőkert mára „ikonná” vált képéhez az erdős hegyvidék inkább a természetes háttérrel biztosítja. E környezetben mértéktartó (időben és térben korlátozott, megfelelő színhőmérsékletű fénnel történő) megvilágítás még jellegzetesebbé teheti a tájképi értéket. Ebben az esetben a „látszani” funkció hangsúlyos (2.4. kép).

A kilátók alapvető szerepe a hegycsúcsokról, dombtetőkről feltáruuló tájkép bemutatása, így e létesítmények esetében a „látni” rendeltetés az elsődleges. Előfordul, hogy egy kilátó esetében ez a hagyományos rendeltetés részben átértékelődik, kiegészül a „látszani” rendeltetéssel, amelyet éjszaka különböző színű díszvilágítás erősít fel: ilyenkor a nappal nyújtott látványhoz képest még egy egyedi formavilágú kilátó is jóval hangsúlyosabban jelenik meg a tájban. Ezt illusztrálja a második példa (2.5. kép).

2.4. kép. Jellegzetes művi tájelemek nappal és éjszakai megvilágításban.



2.5. kép. A nappali látványnál jóval hangsúlyosabb, díszvilágítás előidézte megjelenés a tájban kilátóépület példáján.

2.2. Szempontok a táj- és természetvédelmi vonatkozások egyedi ügyekben történő meghatározásához

Mesterséges éjszakai világítás esetében a fényszennyezés kiküszöbölésére, csökkentésére irányuló intézkedések abban az esetben lehetnek célzottak, hatékonyak és eredményesek, ha ismert, hogy a tervezett vagy működő mesterséges éjszakai világítás okozta fényszennyezés milyen hatással lehet a tájra, a természeti környezetre, az élővilágra. Ennek **mérlegelésére minden esetben egyedileg, a körülmények, a terület adottságainak ismeretében van szükség, illetve lehetőség.** A következőkben ehhez mutatunk be néhány szempontot, amellyel a **kezdeti orientációt kívánjuk támogatni.**

Minden, kifejezetten mesterséges éjszakai világításra irányuló vagy mesterséges éjszakai világítás létesítését is magában foglaló beruházás, projekt része kellene, hogy legyen a világítás, illetve az esetleges fényszennyezés lehetséges hatásainak reális, megalapozott, körültekintő, ennek megfelelően a táj- és természetvédelmi szempontokat is figyelembe vevő meghatározása és értékelése. Ezen elvi alapvetés sajnos a gyakorlatban nem minden esetben érvényesül, illetve ha a beruházás, projekt dokumentációja tartalmaz is ilyen tartalmú munkarészt, az nem feltétlenül jut el az illetékes, döntésre jogosult természetvédelmi szervhez, főként, ha az a hatályos eljárási szabályok alapján nem is vesz részt az üggyel kapcsolatos érdemi döntéshozatalban (lásd a [4.2.](#) pontot).

A mesterséges éjszakai világítás helyszínének és környezetének **táj- és természetvédelmi területi kategóriákkal való érintettségének tisztázása** nem csak azért fontos, mert ez alapvetően meghatározza, hogy a 4. pontban ismertetett **jogi és eljárási szabályok** közül melyek vonatkoznak rá és alkalmazhatók, hanem a rendelkezésre álló **információforrások** köre is nagyban függ ettől.

Az országos jelentőségű védett természeti területek nemzeti park-igazgatóságok által készített kezelési terv dokumentációiban rendszerezett információk találhatóak a területen található élőhelyekről, azok állapotáról, a területen megtalálható fajokról, életközösségekről. Hasonlóképpen, a Natura 2000 területek fenntartási tervei az adott Natura 2000 terület kijelölésének alapjául szolgáló közösségi jelentőségű élőhelyekről és fajokról tartalmaznak értékes információkat. Természetesen egyéb, a működési területével érintett nemzeti park-igazgatóságon rendelkezésre álló nyilvántartások, adatbázisok, továbbá szakirodalmi adatok stb. is felhasználhatók és felhasználandók annak feltárására, hogy **az érintett területen élnek-e, vagy azt használják-e valamilyen módon olyan éjszaka aktív fajok, amelyek esetében a fényszennyezés közvetlen és kedvezőtlen hatásokkal járhat.**

A fentiek ismeretében tovább lehet lépni a kifejezetten **az érintett fajok élőhelyeinek, a különböző élettevékenységeik** (pl. táplálkozás, pihenés, utódnevelés stb.) **során rendszeresen használt területek** azonosítása felé, s ezek, illetve a mesterséges éjszakai világítással konkrétan érintett terület adottságainak ismeretében meg lehet határozni az **e területek közötti helyváltoztatásra rendszeresen használt útvonalakat**, amelyek esetében szintén szükséges elkerülni vagy a lehető legkisebb mértékűre csökkenteni a fényszennyezést és annak hatásait.

A közvetlen hatások által érintett fajok körének meghatározása mellett célszerű arra is törekedni, hogy ezt továbbgondolva az ilyen fajokon keresztül (pl. e fajok, mint táplálékforrás által) vagy egyéb módon **közvetetten érintett fajok köre** is legyen legalább részben feltárt. Egy adott, mesterséges éj-

Az érintett területek természetvédelmi státusza

Közvetlenül érintett fajok és élőhelyek

Közvetett hatások és érintettség

szakai világítás, illetve a lehetséges vagy valós fényszennyezés által érintett területen természetesen nem csak egy, hanem több hatásviselő lehet (akár több faj vagy fajcsoport, az ember, az éjszakai sötét táj/kép/ stb.), amelyek eltérő módon lehetnek kitéve a fényszennyezés hatásainak és eltérő módon vagy mértékben reagálhatnak arra. Ennek a mérlegelése is ajánlott a fényszennyezés csökkentésére irányuló tevékenység során; pl. annak figyelembevétele, hogy az ennek érdekében alkalmazható lehetséges műszaki megoldások nem biztos, hogy mindegyik hatásviselő szempontjából egyformán kedvezők. Ilyenkor célszerű mérlegelni, hogy melyik megoldás vagy intézkedés hatása a „legkiegyenlítettebb”.

Fontos a fentiek mellett vagy annak részeként az érintett területen és annak környezetében meglévő **nem megvilágított területek, illetve az esetlegesen már aktuálisan fényszennyezéssel érintett területek meghatározása**, amely terepi ismeretek birtokában, helyszíni szemle alapján végezhető el. Ez utóbbiak ismerete és körültekintő figyelembevétele elsősorban települési szintű beruházások, különösen a beépített területek esetében indokolt.

A mesterséges éjszakai világítás hatásainak, a fényszennyezés jellegének (jellemző meg nem felelések) és kiterjedtségének megítéléséhez mindenképpen szükséges **a környező terület domborzati adottságainak (tagoltság, kitértség) és felszínborításának (pl. a növényzet és a fény/szennyezés/ terjedését befolyásoló egyéb adottságok) figyelembevétele**, amely a tájra gyakorolt hatások esetében is alapvető.

A fentiek ismerete elengedhetetlen egyrészt a világítás megtervezése során a táj- és természetvédelmi szempontok figyelembevételéhez (pl. az elhelyezés, az alkalmazott fényforrások paraméterei vagy éppen az üzemeltetés ütemezésének, dinamikájának meghatározásához), másrészt a 4. pontban ismertetett táj- és természetvédelmi célú szabályozás, rendelkezések megalkotásához és hatékony érvényesítéséhez akár már működő mesterséges éjszakai világítás esetén.

Fontos, hogy az eljáró természetvédelmi szerv rendelkezzen ezekkel az információkkal, ezért különösen nagy hangsúlyt kell fektetni a természetvédelmi hatóságok és a természetvédelmi kezelésért felelős nemzeti park-igazgatóságok közötti hatékony együttműködésre. A nemzeti park-igazgatóságok az országos jelentőségű védett természeti területek és Natura 2000 területek természetvédelmi kezeléséért felelős szervként ellátják – többek között – a védett természeti érték és terület felmérésével, nyilvántartásával, őrzésével kapcsolatos feladatokat, ezért széles körű, folyamatosan frissülő adatbázisokkal és közvetlen terepi tapasztalatokkal rendelkeznek a területekről, az ott zajló folyamatokról.

Általánosságban elmondható, hogy a főbb fényszennyezés-források 1.3.1. – 1.3.5. pontban meghatározott egyes csoportjaihoz nem rendelhető hozzá egyértelműen és általános érvénnyel a 2.1.1. pont keretében felsorolt élővilágvédelmi és a 2.1.2. pontban bemutatott tájvédelmi hatások valamely jól meghatározott köre. Ezek a hatások végső soron bármilyen fényszennyező forrás esetén jelentkezhetnek.

Az alábbiakban azonban fel kívánjuk hívni a figyelmet néhány olyan, adott fényszennyezés-forrásra kifejezetten jellemző hatásra, amelyeket a fényszennyezés kiküszöbölése vagy mérséklése során mindenképpen javasolt táj- és természetvédelmi szempontként figyelembe venni, vizsgálni.

A közvilágítás körében a „klasszikus” települési közvilágítás okozta fénykupola, az éjszakai égbolt kifényesedése távoli, akár több tíz km-re lévő területekről (adott esetben természetvédelmi oltalom alatt álló területekről) is elvonozhat (védett) rovarokat. A települések területén élő fajokra közvetlen hatást jelent a nappal és éjszaka természetes ritmusának, a megvilágítás időtartamának megváltozása, s ezáltal a napi és éves periodicitású életfolyamatok (a cirkadián ritmus és az endokrin rendszer) megzavarása.

Külterületi közvilágítás okozta hatásokra mutat be példát az 5.1.4. pont.

A **települési zöldterületek, parkok, gyalogutak megvilágítása** okozta fényszennyezés már nagyobb mértékben érint közvetlenül is természetközeli állapotú vagy éppen védett természeti területeket. Az ilyen esetekre egy-

Több hatásviselő, eltérő érintettség

Az érintett terület és környezetének adottságai

Természetvédelmi szervek hatékony együttműködése

Egyes fényszennyezés-forrásokra különösen jellemző hatások

Közvilágítás

részt részpopulációk kialakulását és elszigetelődését okozó fénycsapda- és barrier-hatás jellemző, másrészt ezek következtében fokozottan érvényesül a rovarokat az élőhelyükről kivonzó, nagyobb területről összegyűjtő és huzamos ideig a lámpatestek körül tartó ún. „porszívó-hatás”, amely súlyosabb esetben a rovarok tömeges pusztulásával jár, és közvetett hatásként a táplálékláncban is zavarokat okozhat.

A **közlekedési csomópontok és a közlekedési jelzések megvilágítása** esetében az előzőekben említetteken túl jellemző közvetett hatás a rovarokkal táplálkozó éjszakai ragadozók (kételtűek, denevérek) odavonzása, amelyek ezáltal könnyen elütés áldozataivá válhatnak.

A **telephelyek megvilágítása** körében elsősorban a településszéli, természetvédelmi oltalom alatt álló, természetközeli állapotú területekhez közel eső, valamint a természetvédelmi oltalom alatt álló területen lévő telephelyekhez köthető fényszennyezés okoz problémát. Itt a fentieken túl – közülük is a „porszívó-hatást” kiemelve – elsősorban a tájékozódás megzavarása léphet fel, amely madarak esetében ütközést (és ezzel járó sérüléseket) vagy eltérítést eredményezhet (a fényszennyezés madarakra gyakorolt hatásait részletesen mutatja be az [5.1.2.](#) pont). E területeken a telephelyekhez kötődő mesterséges éjszakai világítás, főleg a promóciós célú kivilágítás a táj éjszakai képének jelentős megváltozását okozhatja.

A **településen belüli telephelyek** fényszennyezése a település összes fénykibocsátásához adódva leginkább a fénykupolához, az éjszakai égbolt kifényesedéséhez járul hozzá, de olyan esetekben, ahol építmények nagy felülete kap megvilágítást, a fénycsapda hatás nagy távolságról is vonzhat rovarokat, nagy részük pusztulását okozva.

Díszvilágítás okozta fényszennyezésnél a fent ismertetett hatások, problémák szinte mindegyike jelentkezhet. Ebben az esetben fokozottan érvényesülnek az éjszakai táj karakterére, képére gyakorolt hatások (lásd a [2.1.2.](#) pontot), továbbá körültekintően javasolt figyelembe venni és mérlegelni denevérélőhelyként szolgáló épületek díszvilágítása esetén az [5.1.3.](#) pontban ismertetett szempontokat.

Reklámok, reklámfelületek megvilágítása okozta fényszennyezés esetében szintén javasolt kiemelt figyelmet fordítani az éjszakai táj karakterére, képére gyakorolt hatásokra. Nagy reklámfelületek nagy fényáramú fényforrásokkal történő megvilágítása esetén a már említett fénycsapda hatással is számolni kell. Ez utóbbi jelenség – az esetleges járulékos, közvetett hatásokkal együtt – a **sport- és közösségi létesítmények** általában extrém nagy fényáramú, bár időleges megvilágításának szintén jellemző következménye.

Telephelyek megvilágítása

Díszvilágítás

Reklámfelületek, sport- és közösségi létesítmények megvilágítása

2.3. Természet- és tájvédelmi szempontok, követelmények fényszennyezés-mentes kültéri mesterséges éjszakai világításhoz

Általános természetvédelmi és tájvédelmi alapelvként megfogalmazható, hogy lakott vagy beépített, rendszeres éjszakai emberi használattal/jelenléttel érintett területen kívül, amennyiben ez nem jár az emberi élet vagy a vagyon védelme szempontjából megfelelően alátámasztott kockázattal, vagy nem ütközik jogszabályban vagy egyéb módon meghatározott előírásba, kerülendő kültéri mesterséges éjszakai világításra alkalmas eszközök, infrastruktúra telepítése, működtetése.

Amennyiben a fenti okok miatt elkerülhetetlen, kötelező vagy méltányolható mesterséges éjszakai világítást szolgáló eszközök, infrastruktúra létesítése, használatuk során is fennáll a fényszennyezés kiküszöbölésének lehetősége a világítás időszakos szüneteltetésével (kikapcsolásával); ez idő alatt nyilván nem léphet fel fényszennyezés.

Alapelv: csak ott legyen és működjön kültéri mesterséges éjszakai világítás, ahol szükséges

A közterületek megvilágítása mintaként/követendő példaként szolgál a lakossági, beruházói megoldásokhoz. Javasolt ezért a településeken deklaráltan „megvilágítás-mentes területeket” kijelölni, megtartani és tudatosítani ezek szükségességét, rendeltetését, szerepét a helyben élőkben. Ilyen területek lehetnek pl. a vízfolyások mentén, a településszegélyeken található természetközeli állapotú élőhelyeken stb.

Amennyiben az előbb említett kockázatokkal és/vagy szempontokkal objektív módon alátámasztható a mesterséges éjszakai világítás szükségessége, annak minden jellemzőjét és paraméterét a **valós igények kielégítéséhez szükséges és a látási feladathoz rendelhető minimális szinten** kell meghatározni – optimális esetben ez már az előkészítés, **tervezés során** megtörténik.

Ha nem kerülhető el a világítás: a valós világítási igény minimális szintjének biztosítása, körültekintő tervezés

A mesterséges éjszakai világítás körültekintő, átgondolt megtervezése során (a világítástervezés kapcsán lásd a [3.2.](#) pontot) a természetvédelmi és tájvédelmi szempontok figyelembevétele a következő módon történhet:

- a világítási berendezés(ek) olyan **elhelyezése** (több berendezés telepítése esetében elrendezése is), amely tekintettel van (akár a táji léptékű) ökológiai kapcsolatok biztosítására, fenntartására (pl. a területen élő fajok által használt nem megvilágított táplálkozóhelyek és nyugalmi időszakban használt területek között);
- a világítás az emberi igények alapján meghatározott világítási célhoz/látási feladathoz minimálisan szükséges **időtartamra** korlátozódik;
- a fény megfelelő **irányításával** a környező vegetáció (élőhelyek, táj stb.) mentesítése a szóródó, visszaverődő stb. fénytől;
- az emberi igények alapján meghatározott világítási célhoz/látási feladathoz minimálisan szükséges **fényáramot** biztosító fényforrások használata;
- a kibocsátott fény **spektrális összetételének** a környező területek élővilágához mint adottsághoz alkalmazkodó meghatározása.

Fontos, hogy a figyelembe veendő szempontok fenti köre általános érvényűnek tekinthető, de prioritásuk, figyelembe vételük sorrendje és módja az adott terület adottságai, az érintett fajcsoportok, fajok tekintetében változhat: a fenti példa denevérvédelmi szempontból tekinthető optimálisnak.

A természetvédelmi és tájvédelmi szempontok figyelembevételével körültekintően megtervezett, végső soron az [1.2.](#) pontban ismertetett meg nem felelések kiküszöbölését biztosító világítási rendszer esetén, amikor érvényesül a megelőzés elve, természetvédelmi és tájvédelmi célból legfeljebb korrekciókra lehet szükség. Ekkor elsősorban a **megfelelő kivitelezésre** szükséges odafigyelni (pl. a lámpatestnek a tartószerkezethez olyan módon történő rögzítésére, amely biztosítja a fény helyes irányítását).

Korábban létesített, működő világítás esetén, hacsak nem önálló világítási berendezésről van szó, az elhelyezés utólag nem vagy korlátozottan korrigálható, azonban a működés idejére, időtartamára vagy a kibocsátott fény spektrális összetételére irányuló korrekciók akár **az üzemeltetési fázisban** is elvégezhetők utólagosan – még komplex világítási rendszerek esetében is.

A mesterséges éjszakai világítás térbeli, időbeli, mennyiségi és spektrális kereteinek, paramétereinek meghatározása jelenti a kulcsot a fényszennyezés és hatásainak mérséklésében – táj- és természetvédelmi szempontból is.

Ez fokozottan érvényes a lakott vagy beépített, rendszeres éjszakai használatlalt/jelenléttel érintett területekre, ahol általában még az időszakos kiküszöbölés (lekapcsolás) sem életszerű, azonban **az üzemelés, működtetés kereteinek meghatározása hatékony eszköz a hatások mérséklésére** (erre vonatkozó konkrét példákat mutat be az [5.3.1.](#) pont).

Általánosságban a következő szempontok érvényesítése segítheti elő a természetvédelmi és tájvédelmi szempontok megfelelő érvényesítését a mesterséges éjszakai világítás esetében:

- **csak ott és csak akkor létesüljön vagy működjön világítási berendezés, ahol ez feltétlenül szükséges;**
- az adott esetben indokolt/kötelező legkisebb megvilágítási szint biztosítása;
- az indokolt/kötelező megvilágítási szint biztosításához minimálisan szükséges fényáramú fényforrások alkalmazása;
- az indokolt/kötelező megvilágítási szinthez szükséges minimális számú világítási berendezés, illetve fényforrás telepítése/működtetése;
- az indokolt/kötelező megvilágítási szinthez, illetve a fény megfelelő irányításához szükséges minimális fénypontmagasság alkalmazása (ami pl. fás területek esetében lehetővé teszi a lomb felső részének sötétben maradását);
- a horizont síkja fölé jutó fényáram-hányad (ULOR) minimális szinten tartása;
- a fényforrás az 500 m-es körzetén kívül ne legyen közvetlenül észlelhető;
- természetvédelmi szempontból kiemelt jelentőségű (védett) vagy érzékeny területek felé nem irányulhat fényvető;
- lehetőség szerint a fényáram/megvilágítás időszakos mérséklése, valamint ütemezett működtetés (főleg a jellemzően túlvilágított telephelyek esetében);
- a rövid hullámhosszú, kék színtartománynak megfelelő sugárzás minimalizálása.

A fényszennyezés megelőzése szempontjából (is) kiemelt jelentőségűek **a táj és a természet védelmének céljából jogszabályban kijelölt területi kategóriák**, mindenekelőtt a védett természeti területek és a Natura 2000 területek, de ide sorolható a területrendezési kategóriák közül az országos ökológiai hálózat vagy a tájképvédelmi terület övezete is. A fényszennyezés egyik jellemző tulajdonsága, hogy hatása messzire terjedhet, így az e területi kategóriákon kívül elhelyezkedő fényszennyezés-források hatása nem zárható ki e területekről. Ugyanakkor ha a nagyobb kiterjedésű, fényszennyezéssel általában eleve kevésbé érintett, jogi védelem alatt álló területek esetében hatékonyan sikerül kiküszöbölni vagy csökkenteni a fényszennyezést és hatásait, akkor ez megfelelő kiindulást jelenthet a természetes éjszakai környezet fenntartásához általánosságban. Előny, hogy az e területek táji és természeti értékeinek megóvására irányuló, **már meglévő**

A működés kereteinek meghatározása a hatások mérséklése érdekében

Általános szempontok, követelmények

Kiemelt területi kategóriák

rendelkezőkhez, előírásokhoz, eljárásokhoz hozzákapsolhatók (illetve levezethetők belőlük), valamint **alkalmazásuk során érvényesíthetők fény-szennyezés megelőzését, csökkentését szolgáló szempontok, követelmények, intézkedések** (a szabályozásról és az eljárásokról a 4. pont tartalmaz részletes információkat).

A felsorolt területeken a mesterséges éjszakai világítás során az előbb ismertetett általános szempontok mellett, illetve azokon felül a következő követelmények érvényesítésére kell törekedni:

- védett természeti területen lévő belterületen és közforgalmú utakon a közlekedés biztonsága érdekében alkalmazható mesterséges éjszakai világítás, ezen kívül járdák és parkolók megvilágítására kerülhet sor;
- a fényt kizárólag a megvilágítandó területre, objektumra kell irányítani (különösen útvilágítás esetén);
- a megvilágítandó területen kívül, annak környezetében ne legyen látható a fényforrás (ez esetenként külön ernyőzéssel biztosítható, főleg lejtős térszínen);
- biztosítani kell a lámpatestek esetében a 0 vagy ahhoz nagyon közeli ULOR értéket: a horizont síkja feletti térrészbe ne jusson fény. Ez a leg-hatékonyabban sík burával érhető el;
- telephely megvilágítására teljesen ernyőzött, a horizont síkja alá 3–4 fokkal takart, a talaj felé irányított lámpatest alkalmazható;
- ferde irányú megvilágítás csak az élet és vagyon biztonsága érdekében, különösen indokolt esetben alkalmazható;
- kerülendő a díszvilágítás. Minden település, objektum esetében alaposan érdemes átgondolni, mérlegelni, hogy van-e és hol van létjogosultsága díszvilágításnak. Maszkolással, ún. „graphical optical blackout” vetítés-sel vagy egyéb módon biztosítani kell, hogy a megvilágítandó épület, objektum környezetébe ne jusson fény. Külön figyelmet kell fordítani a nagy albedójú felületekről visszaverődő fényre;
- a talaj szintjébe süllyesztett, valamint egyéb, felfelé irányuló lámpatestek (taposólámpák) alkalmazásának tiltása;
- nagy fényáramú, káprázást okozó fényforrások mellőzése. Az emberi szem képes alkalmazkodni a kis megvilágítottsághoz, így sok esetben kis(ebb) világítási szint biztosítása elegendő. Akár egy darab nagy fény-áramú, káprázató fényforrás is megakadályozza, megszünteti azonban a kevesebb fényhez való alkalmazkodást. A megfelelő, (kis) megvilágítási szintet biztosító fényforrások egységes alkalmazásával biztosítható csak a megfelelő alkalmazkodás;
- külterületi, lakott területen kívüli utak, közlekedési területek megvilágítá-sa – amennyiben ez feltétlenül szükséges – legfeljebb 0,3 cd/m² átlagos fénysűrűséggel történhet, ami 4 lx mértékű megvilágításnak felel meg;
- lakott területen lévő utak, utcák megvilágítása ne haladja meg a 2 lx értéket, objektumok, felületek megvilágítása esetén a fénysűrűség maximális értéke 2 cd/m² lehet;
- a települések közvilágítása üzemidejének csökkentése: a táj- és termé-szetvédelmi jelentőséggel rendelkező területeken főként falvak találha-tók, ahol a közterületek használata a késő esti órákban nem jellemző, ennek megfelelően a közvilágítás kihasználtsága alacsony. Ebben az időszakban javasolt a világítás kikapcsolása vagy – amennyiben biztosí-tottak ehhez a műszaki feltételek – a sugárzási teljesítmény (és ez által a fényáram) csökkentése (ez utóbbit leginkább a LED-es technológiák támogatják);
- 23 óra után az addig indokoltan működő díszvilágítások kikapcsolása, il-letve a fényáram legalább 50 %-kal való csökkentése szükséges;
- a jelentős épületlakó denevérek kolóniák esetében a szállásfoglalási és sza-porodási időszakban (április 1 – szeptember 30. le kell kapcsolni a me-nedékhelyül szolgáló épület direkt megvilágítását (indokoltan létesített díszvilágítását);
- a spektrumban a rövid (elsősorban a 480 nm alatti) hullámhosszú sugár-zás, a kék színű fény aránya minél kisebb legyen;

A fény irányítása

Fényerősség, fénysűrűség, megvilágítás

A világítás időtartama

- legfeljebb 2700 – 3000 K korrelált színhőmérsékletű, „meleg fehér” fényű fényforrások alkalmazhatók. Közvilágítási célra a 2000 K körüli korrelált színhőmérsékletű „sárga” (vagy „borostyán”) színű LED-ek használata kívánatos.

Az általában, illetve Magyarországon kizárólag védett természeti területeken belül található, nemzetközi szinten elismert csillagoségbolt-parkokban – e címből adódóan – esetenként a fentieknél szigorúbb követelményeknek kell megfelelni:

- fényforrások teljes teljesítményük legfeljebb 25%-át sugározhatják az 550 nm alatti hullámhossz-tartományban;
- legfeljebb 2500 K színhőmérsékletű fényforrások használhatók kültéri világításra.

A fény minősége

A fényszennyezés-mentes vagy kismértékű fényszennyezéssel járó kültéri mesterséges éjszakai világítás biztosítása érdekében megfogalmazott természetvédelmi és/vagy tájvédelmi ajánlások, követelmények, feltételek

- **céljukat tekintve** szolgálhatják a fényszennyezés kiküszöbölését (elkerülését), mérséklését vagy ellentételezését;
- **a mesterséges éjszakai világítást szolgáló létesítmény „életciklusa” szerint** kapcsolódhatnak az előkészítés és tervezés, a kivitelezés, valamint az üzemeltetés időszakához;
- **térbeli léptékük, a „célterület” alapján** lehetnek területi vagy lokális érvényűek/hatásúak (előbbire példa egy település /köz/világítási rendszere, utóbbira egy magántulajdonú ingatlan /tanya, major/ mesterséges éjszakai megvilágítása);
- (az előbbi szemponttal szoros összefüggésben, az ott szereplő két példát itt is alkalmazva) **a világítást szolgáló létesítmény jellege szerint** (komplex) világítási rendszer egészére/részére vagy egyedi, önálló világítási berendezésre vonatkozók lehetnek.

Táj- és természetvédelmi szempontok, követelmények jellege, érvényesítésének módja

A konkrét ügyekben, esetekben egyedileg célszerű a fentieket mérlegelve átgondolni, hogy az adott helyzetben, az adott körülmények között milyen jellegű és irányultságú természetvédelmi és/vagy tájvédelmi célú követelmények meghatározása lehetséges és indokolt, s ezen a körön belül melyekkel érhető el a leghatékonyabban a kívánt cél(állapot).

A fentiekben ismertetett táj- és természetvédelmi szakmai szempontok és követelmények érvényesítését lehetővé tévő szabályozási és eljárási környezetet – elsősorban a természetvédelmi hatóságok feladat- és tevékenységi körére koncentrálna – a [4.](#) pontban tekintjük át.

3. Fényszennyezés kiküszöbölését vagy csökkentését elősegítő műszaki megoldások

3.1. A világítástechnika alapjai

3.1.1. Világítási eszközök

Napjainkban a (kültéri) világítási eszközök nagy változatosságban állnak rendelkezésre. Az alfejezet az állandó, rögzített telepítésű kültéri világítási berendezések azon főbb alkotórészeiről, jellemzőiről, tulajdonságairól ad vázlatos áttekintést, amelyek jelentőséggel bírnak a fényszennyezés kiküszöbölése vagy csökkentése szempontjából.

3.1.1.1. Fényforrások

A napjainkban üzemelő kültéri világítási berendezésekbe szerelt **fényforrások** leggyakrabban nagynyomású nátriumlámpák, **fémhalogén lámpák** és LED-ek (Light Emitting Diode). Nagynyomású nátriumlámpák még jellemzően a régebbi, elsősorban közvilágítási célra használt világítási berendezések fényforrásai, a fémhalogén lámpák főleg a sportpályák, díszvilágítások esetén használatosak. LED fényforrások használata egyre elterjedtebb az újabb, korszerű világítási berendezésekben.

A nagynyomású nátriumlámpa és a fémhalogén lámpa ún. nagynyomású kisülő lámpa, amelyben a fénykeltés gázkisülés eredménye. Mindkét fényforrás típust a nagyobb egység fényáram, a hosszabb élettartam és a jobb energiahatékonyság jellemzi.

A LED fénykeltésének módja eltér a „hagyományos” fényforrásokétól, mert esetükben a fénykeltés félvezetőkkel történik. A szilárdtest fényforrások fémötvözet alapú félvezetőkből készülnek: a vörös és sárgás színekben világító diódák alapanyaga az **AlInGaP** (Alumínium-Indium-Gallium-Phosphide), míg a kékeszöld és kék színekben világítóké az **InGaN** (Indium-Gallium-Nitrid). A félvezetők összetevőinek aránya szabja meg a diódák által kibocsátott fény tényleges színképét. Fehér színű világítás kétféleképpen érhető el: kéken, zöldesen és vörösén világító dióda fényének keverésével (RGB LED-ek) vagy kéken (esetleg a közeli ultraibolya tartományban) világító dióda sugárzásával hosszabb hullámhosszon (sárga – vörös szín) világító fényport kell gerjeszteni, s ennek fényét kell hozzákeverni a dióda saját kék színű fényéhez. A LED tulajdonságait (fényáramát, színét, élettartamát) a dióda hőmérséklete határozza meg. A különböző módon előállított fehér fényű LED-ek tulajdonságai eltérőek lesznek a hőmérséklet függvényében. Az RGB LED-kre jellemző a színeltolódás az élettartamuk során.

3.1.1.2. Lámpatestek

A hagyományos (jellemzően nagynyomású nátriumlámpát vagy fémhalogén lámpát fényforrásként magukban foglaló) lámpatesteknek jól elkülöníthető **optikai tere** és **szerelvénytér** van. Kültéri lámpatestek IP védettsége legalább 34. A lámpatestek szokásos **IP védettsége** az optikai térre IP 67, a szerelvénytérre vonatkozóan pedig IP 54.

A LED fényforrások általánosságban igen érzékenyek a működési hőmérsékletre, ezért az ilyen fényforrást tartalmazó lámpatesteket hűtő felülettel kell ellátni. A külső hűtőbordák könnyen eltömődhetnek szennyeződések-

Fényforrás: olyan eszköz, amely energiaátalakulás eredményeként fényt bocsát ki. A világítástechnikában alkalmazott mesterséges fényforrásokat a fényerjesztés módja alapján szokásos csoportosítani.

Fémhalogén lámpa: nagynyomású kisülő lámpa, amely a fény gerjesztésében közreműködő fémet halogenidek formájában tartalmazza. Az alkalmazott fémetől függ a lámpa tulajdonsága, így színhőmérséklete 4000 K–6000 K. A ritka földfém adalékos lámpák színvisszaadása kiváló.

AlInGaP: alumínium-indium-gallium-foszfid alapú LED, amely vörös színben sugároz.

InGaN: indium-gallium-nitrid alapú LED, amely kékes-zöldes színben világít.

Optikai tér: a lámpatest belső terének a fényforrás foglatát és az optikai elemeket (pl. tükrök, prizma) tartalmazó elkülönített része.

Szerelvénytér: a lámpatest belső terének a fényforrás működtetéséhez szükséges elemeket (pl. előtét, gyújtó, zavarcsúzó kondenzátor) tartalmazó része.

IP védettség: a külső mechanikai behatások elleni védelem fokozatát villamos készülékek esetén IP (International Protection) számokkal jelölik meg.

kel (falevél, por stb.) így a hűtési teljesítményük idővel jelentősen csökkenhet. Elsősorban ezért, de esztétikai szempontok miatt sem javasolt LED fényforrások lámpatestei esetében külső hűtőbordák alkalmazása.

A kültéri lámpatestek a megfelelő mechanikai védetség biztosítása érdekében a legtöbbször burásak. LED fényforrások esetén azonban műszakilag megoldható, hogy minden LED saját lencsével rendelkezzen, amely a mechanikai védetséget is biztosítja, így nem feltétlenül szükséges a külső burá alkalmazása a lámpatesten. E megoldás esetében azonban a megvilágítás kápráztató hatása nagyobb lehet, mint a diffuzorral (burával) szerelt lámpatesteknél.

A lámpatest burájának (lásd a 3.3. ábrát) jelentős a szerepe a fény megfelelő elosztásában, szórásában (irányításában), ezért a fényszennyezés kiküszöbölése vagy csökkentése szempontjából nagyon fontos szempont a lámpatest burájának kialakítása (mérete, alakja stb.).

LED fényforrások esetében műszakilag elvileg megoldható a fény „önálló” irányítása egyedi lencsékkel, az ilyen megoldások azonban az üzemeltetés során nagyobb odafigyelést igényelnek a karbantartók részéről annak érdekében, hogy az esetleges hiba javítások során a megfelelő világítótest beépítéséről (pótlásáról, cseréjéről) gondoskodjanak.

Kültéri világításban a lámpatestek két, alapvetően különböző karakterisztikájú fényeloszlással használatosak: a **közvilágítási fényeloszlással** és a **fényvető fényeloszlással**. Egy lámpatest csak az egyik féle fényeloszlás biztosítására alkalmas, de egy világítási rendszeren belül különböző fényeloszlású lámpatestek együttesen is használhatók.

Közvilágításban általában keskeny sávot kell megvilágítani, hiszen egy út szélessége sokkal kisebb, mint a hossza. Ehhez alkalmazkodik a közvilágítási fényeloszlás, amelynek a legnagyobb fényerőssége kb. 65 foknál (legfeljebb 70 foknál) van, lehetővé téve ezáltal a lámpaoszlopok között viszonylag nagyobb távolságokat is.

A fényvető sugárzási szöge határozza meg, hogy mennyire keskenyen vagy szélesen sugározzon, de a közvilágítási fényeloszláshoz képest általában keskenyebb, koncentráltabb a bevilágított terület. A fényvető fényeloszlás szimmetrikus és aszimmetrikus is lehet.

A 3.1. ábrán az út tengelyével párhuzamos irányú jellemző közvilágítási fényeloszlási görbére látható példa. A 3.2. ábra az út tengelyére merőlegesen mutatja be az aszimmetrikus fényvető eloszlást. Jól látható, hogy fényvető fényeloszlás esetén a lámpatest koncentráltabban, fókuszáltan osztja el a fényt.

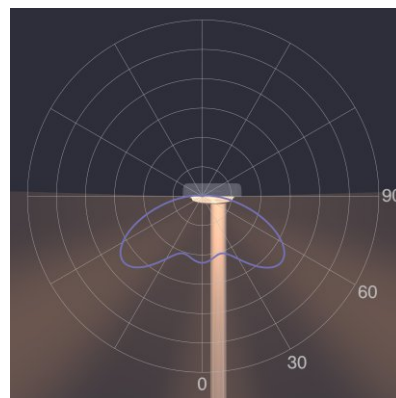
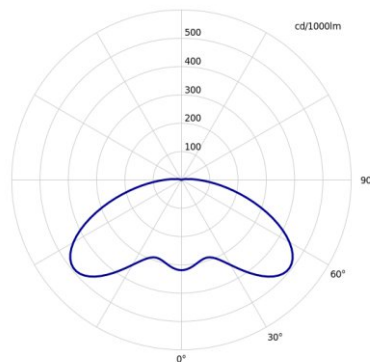
Különböző fényeloszlású lámpatestek egy rendszeren belüli alkalmazására jó példa lehet egy körforgalmi vagy nagyobb közlekedési csomópont megvilágítása, amely úgy is megvalósítható, hogy a csomópont-hoz vezető úton közvilágítási fényeloszlású lámpatestek működnek, a körforgalomban azonban fényvetők vannak esetleg nagyobb fénypont-magassággal. Csomópontokban jellemzően nem keskeny hosszú téglalap alakú területet, hanem általában kör alakú területet kell megvilágítani.

3.1.1.3. Tartószerkezetek

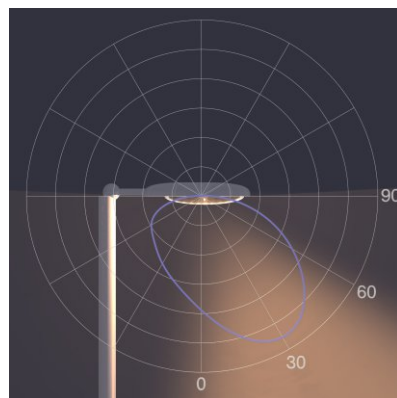
A kültéri lámpatestek esetében leggyakrabban alkalmazott tartószerkezetek: önálló oszlop, falikar, technológiai vezeték. Anyaguk/kialakításuk jellemzően fa, betongyámos fa, acél, alumínium, beton vagy műanyag.

Fénypontmagasságuk 1 m-től akár 40 m-ig is terjedhet. A közvilágításban alkalmazott általános oszlopmagasság 4,5 m-től 12 m-ig terjed, amely körforgalmak, csomópontok esetén 18 m-ig emelkedhet.

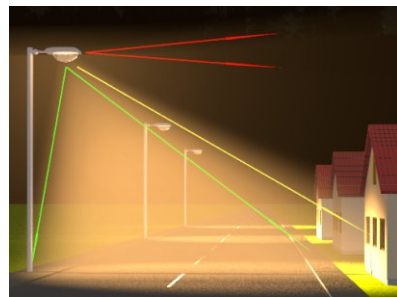
Sportpályák, logisztikai létesítmények, bevásárlóközpontok parkolói, nagy vasúti pályaudvarok esetén 25 m körüli fénypontmagasság jellemző. 40 m vagy ezt meghaladó magassággal már csak a régebben telepített világítási berendezések esetében lehet találkozni.



3.1. ábra. Közvilágításban alkalmazott lámpatestek jellegzetes fényeloszlási görbéje [cd: kandela (fényerősség), lm: lumen (fényáram)].



3.2. ábra. Aszimmetrikus fényeloszlású lámpatest és fényeloszlási görbéje.



3.3. ábra. Közvilágítási fényeloszlású lámpatestek alkalmazásával megvilágított terület. A nagyöblű burával ellátott lámpatest miatt a horizont síkja fölé (piros vonalak) és a megvilágítandó területen kívülre (sárga vonal) is jut fény. Sík bura alkalmazásával ezek a fényszennyező hatások elkerülhetők, csökkenthetők.

3.1.1.4. Technológiák

Kültéri világítási berendezések általában napnyugtától napkeltéig üzemelnek. Korszerű, energiahatékony megoldást jelenthet a **szabályozott** vagy a **vezérelt világítás**. Ilyen esetben mindig a látási feladatnak megfelelően kell meghatározni a szükséges és indokolt mértékben a világítás idejét és a fény mennyiségét, s e paraméterek alapján kell beállítani a világítási rendszer vagy a világítási berendezés vezérlését vagy a szabályozását. A látási feladat az adott tevékenység vizuális elemeit jelenti, ilyen pl. közlekedés során az akadályok, a közlekedési jelzések, vagy a szembejövők szándékának egyértelmű azonosítása, felismerése.

Szabályozott világítás: a világítási berendezés meghatározott időbeli és mennyiségi igényeknek megfelelő üzemeltetése, amelyről a rendszer visszajelzést is küld. A szabályozott világítási rendszer különböző érzékelők jele alapján beavatkozik a világítási berendezés működésébe és felügyeleti funkcióra is alkalmas.

3.1.1.5. Színképi sajátosságok

A nagynyomású nátriumlámpák meleg (2200 K – 2300 K), sárgásabb, a természetes fényhez hasonlóbb színhatású fényt, a fémhalogénlámpák semleges vagy hideg korrelált színhőmérsékletű ($T_c > 3300$ K), kékes vagy „hideg fehér” színű fényt bocsátanak ki. A hideg színhőmérsékletű LED-ek általában olcsóbban beszerezhetők és kedvezőbb energetikai tulajdonságaik miatt üzemeltetésük is gazdaságosabb. Az élővilág szempontjából azonban – a fényükben nagyobb arányban jelen lévő kék színösszetevő miatt – jellemzően a hideg korrelált színhőmérsékletű LED-ek alkalmazása járhat kedvezőtlen hatásokkal.

Vezérelt világítás: a világítási berendezés olyan működtetése, amelynél a vezérlőjel a rendszer egy meghatározott állapotához kötötten jön létre vagy szűnik meg rendszerint egy kapcsolási menetrend szerint. Nincs visszacsatolás: a vezérlés nem ellenőrzi, hogy elérte-e a kívánt célt.

3.1.2. Kültéri megvilágításokkal kapcsolatos szakági követelmények

A kültéri világításra, világítási berendezésekre vonatkozóan jogszabályok és szabványok határoznak meg mennyiségi és minőségi követelményeket, illetve ezzel összefüggésben műszaki paramétereket (a vonatkozó jogszabályok és szabványok listáját a 7. pont tartalmazza). A jogszabályi rendelkezések kötelező érvényűek, a szabványok alkalmazása önkéntes. Utóbbi esetben a beruházó, tervező mérlegel, majd dönt arról, hogy mely szabványt alkalmazza a berendezés létesítése során. Amennyiben a későbbiek során a megvilágítással vagy az azt biztosító világítási berendezéssel kapcsolatban valamilyen probléma lép fel, akkor a tervezőnek/beruházónak kell bizonyítania, hogy az általa tervezett/alkalmazott megoldás egyenértékű a szabványban szereplő megoldással.

3.1.3. A jó világítás általános világítástechnikai jellemzői

A jó világítás elsősorban a látási feladathoz illeszkedik. A tervező feladata a látási feladat körültekintő meghatározása és szabvány szerinti besorolása. Útvilágítás esetén a „látni” követelménye mellett fontos a „látszani” feltétel teljesülése is. Alapvető követelmény tehát, hogy a világítás mennyiségi jellemzője, a fénysűrűség elégítse ki a látási igényt. Fontos a fény megfelelő térbeli eloszlása is. A jó világítás továbbá megfelelően kontrasztos és nem kápráztat. Ügyelni kell a megfelelő **színvisszaadásra**, azaz a fényforrás által kibocsátott fény ne torzítsa a színeket, valamint legyen megfelelő a színhőmérséklettel jellemezhető színhatás.

Színvisszaadás: a fényforrásnak az a jellemzője, amely megadja, hogy mennyire torzítsa a tárgyak színét egy referencia fényforráshoz (vagy természetes fényhez) képest. A skála 0-tól 100-ig terjed. Minél nagyobb ez a szám, annál megfelelőbb a színvisszaadás.

Általánosságban elmondható, hogy a kültéri munkahelyeken, közlekedési területeken a látási igényt kis megvilágítási szintekkel is ki lehet elégíteni, amelyhez meleg színű, alacsony színhőmérsékletű fény alkalmazása szükséges. A vizuális komforthoz elengedhetetlen a megfelelő fényirány és árnyékosság is. Ehhez a fénynek felülről kell érkeznie a megvilágítandó területre.

3.2. Meg nem felelések kiküszöbölését vagy csökkentését elősegítő műszaki megoldások

A következőkben általánosságban áttekintjük, hogy milyen, a fényszennyezés csökkentését elősegítő műszaki lehetőségek, megoldások állnak rendelkezésre és alkalmazhatók a világítás egyes meg nem feleléseinek kiküszöbölésére (a meg nem felelések alapeseteit az [1.2.](#) pont ismerteti).

Ezeket a lehetőségeket, megoldásokat már a világítás tervezése során javasolt mérlegelni, figyelembe venni – és lehetőség szerint a telepítés, megvalósítás során alkalmazni.

A világítástervezés célja, hogy a megfelelő (minőségű) fény a megfelelő mennyiségben jusson a megfelelő helyre, a megfelelő időben, ezért egy körülmények között megtervezett és kivitelezett világítás(i) rendszer) üzemeltetése során nagy valószínűséggel a fényszennyezés mértéke is alacsony szinten tartható.

A világítás tervezése a következő főbb lépésekből áll:

- a látási feladat meghatározása,
- a világítás céljának, rendeltetésének megállapítása, meghatározása,
- a világítási jellemzők meghatározása,
- a világítás rendszerének kialakítása,
- a fentiek alapján a szükséges és megfelelő világítástechnikai eszközök kiválasztása,
- a világítás méretezése.

A mennyiségi meg nem felelés (túvilágítás) a legegyszerűbben úgy előzhető meg, hogy nem kerül sor az adott látási feladathoz feltétlenül szükségesnél több világítótest telepítésére, illetve a megfelelő (lehető legkisebb) számú világítótestben olyan fényforrások működnek, amelyek nem szolgáltatnak a szükségesnél nagyobb fényáramot. Utóbbi a fényforrás típusának és teljesítményének megfelelő megválasztásával biztosítható. Fontos ebből a szempontból a lámpatest megfelelő fényeloszlása is, amelynek biztosítása szintén tervezői feladat. Végső soron a mennyiségi meg nem felelés megelőzését (is) szolgálják a mozgásvezérelt világítási berendezések, amelyek folyamatos működés (fényáram) helyett csak indokolt esetben kapcsolnak be vagy biztosítanak szükség szerint egy meghatározott (alap)szinthez képest nagyobb fényáramot. A mennyiségi megfelelés szempontjából is megoldást jelenthetnek továbbá az időkapcsolóval, illetve megfelelő vezérléssel rendelkező világítási rendszerek, amelyek az éjszaka meghatározott időszakában automatikusan kisebb teljesítményre (fényáramra) kapcsolnak át (ilyen közvilágítási rendszert mutat be az [5.3.1.](#) pont). A világítás méretezése kapcsán megjegyzendő, hogy a kültéri világítási berendezések **tűrésértéke** meghaladja a műszaki termékekre általában jellemző értékeket. Az előírt ún. **karbantartási érték** kétszerese még elfogadható, ennél nagyobb mértékű megvilágítás azonban pazarlásnak minősül (főleg gazdaság-talan) és kedvezőtlen hatása lehet az élővilágra.

Megfelelő minőségű fénnel történő megvilágítás elsősorban a megfelelő színhatást (színhőmérsékletet) biztosító fényforrás használatával lehetséges. Az alkalmazott fényforrások által kibocsátott fény spektrális eloszlását jellemző színhőmérséklet lehetőleg legyen minél melegebb, ami a gyakorlatban azt jelenti, hogy a köz-, dísz- és egyéb kültéri világításokban 3000 K-nél kisebb színhőmérsékletű fényforrást szükséges alkalmazni. Rendelkezésre áll olyan műszaki megoldás, amely lehetővé teszi, hogy meghatározott időszakokban eltérő legyen a kibocsátott fény színhatása, ily módon csökkenthető le, pl. az élővilágra, elsősorban a rovarokra kedvezőtlen hatást gyakorló „hideg fehér” fény kibocsátása a világítás meghatározott időtartama alatt (gyakorlati alkalmazásra az [5.3.1.](#) pont mutat be példát).

Mennyiségi meg nem felelés

Tűrés: a világítás méretezése, méretezése csak némi bizonytalansággal végezhető. A méretezést névleges (katalógus) értékek alapján végzik, ezért az eltérés relatíve nagyobb lehet a műszaki életben megszokott néhány századtól vagy ezredtől. A megvilágítást mérő eszköz pontossága és a mérési pont meghatározása is befolyásolja a mérési eredményt.

Karbantartási érték: a megvilágítás/fénysűrűség azon értéke, amelyet a világítási berendezés élettartama alatt mindig biztosítani kell. Az MSZ EN szabványok karbantartási értéket adnak meg.

Minőségi meg nem felelés

A megfelelő minőségű fény, illetve elsősorban a megfelelő színhőmérséklet biztosítása érdekében kiemelten fontos, hogy a karbantartás során ügyeljenek a korábbival megegyező színhőmérsékletű fényforrás alkalmazására.

Nem kifejezetten a fény, hanem inkább a világítás egészének minőségét érintő probléma, ha a világítóberendezés kápráztat, amely legegyszerűbben a lámpatest optikai terének sík burával való lezárásával kerülhető el. Ez a megoldás a fény irányítását szolgálja, amely már átvezet a térbeli megfelelés témakörébe.

A térbeli megfelelésnek a világítási rendszer egészére vonatkozó követelménye, hogy az elsősorban a világítási cél szempontjából (a hely és az elrendezés megfelelő kiválasztásával) optimális elhelyezésű világítási berendezések csak azt a helyet világítsák meg, ahol ez szükséges, de ott a megvilágítás elégséges legyen. A környezet adottságainak körültekintő figyelembevételével történő megfelelő térbeli elhelyezés azért is fontos, mert ezáltal optimalizálható (a látási igény kielégítése mellett minimális szinten tartható) az alkalmazott, felhasznált világítási berendezések, s végső soron a fényforrások száma, amely – nem mellesleg – mind a telepítés/kivitelezés, mind az üzemeltetés során költséghatékony megoldást eredményez.

A tartószerkezetek közül az önálló telepítésű oszlop alkalmazása biztosítja a legnagyobb szabadságot a világítótest optimális elhelyezéséhez.

A megvilágítás optimális térbeli eloszlásának biztosításában a következő szint a fényforrásból kisugárzott fény irányítása. Megfelelő fényeloszlású lámpatest alkalmazásával vagy a fényeloszlás (be)állítással optimalizálható a bevilágított terület helye, nagysága. Ebből a szempontból fontos a lámpatestek megfelelő elhelyezése a tartószerkezeten. Amennyiben a tartószerkezet önálló oszlop, a lámpatestet célszerű közvetlenül az oszlopra (lehetőleg az oszlopcsúcsra) szerelni, mert így biztosítható a legkönnyebben, hogy a lámpatest a járófelülettel (úttest, járda) párhuzamos legyen, és ne világítson a horizont fölé. Ha ez nem megoldható, akkor minél rövidebb (legfeljebb 50 cm hosszú) karral célszerű a szerelés. Rövid lámpatest kar alkalmazásával ugyanis egyszerűbb a lámpatest pozicionálása, illetve a lámpatest kar hosszúságának növekedésével annak a valószínűsége is egyre nagyobb, hogy külső (pl. erős szél okozta) mechanikai hatás miatt a lámpatest, pl. elfordul a tengelye körül, amely a fény nem megfelelő irányítását okozhatja.

A fényszennyezés kiküszöbölése vagy csökkentése érdekében sík vagy kisöblű burával szerelt lámpatestek alkalmazása célszerű (lásd a 3.1-3.3. ábrát), mert ebben az esetben a legkisebb a horizont fölé sugárzott fény mennyisége. A lámpatesteket lehetőleg vízszintes állásban kell rögzíteni a tartószerkezeten olyan módon, hogy a horizont fölé ne sugározzanak fényt. Nemcsak új lámpatestek telepítésekor, hanem az üzemeltetés (a karbantartások) során is ügyelni kell arra, hogy a lámpatest alsó síkja legyen párhuzamos a talajjal.

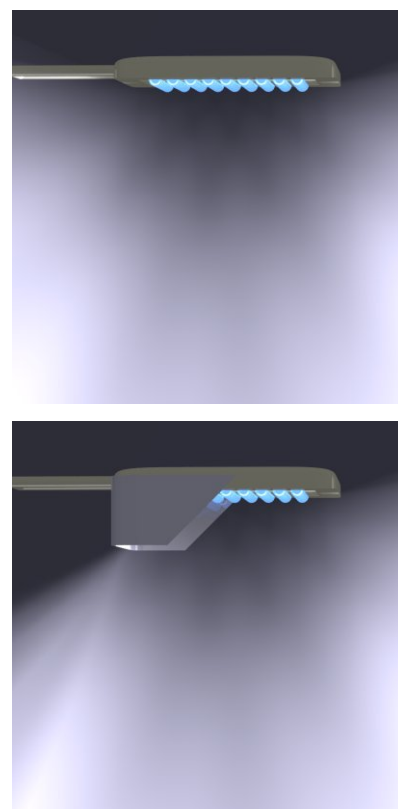
Ha a kivitelezés során a megfelelő módon történő felszerelésnek valamilyen akadálya van, vagy az üzemeltetés során derül ki, hogy a lámpatest kápráztat, megoldást jelenthet fényterelő lemezek felszerelése, amelyre a 3.4. ábra mutat be példát.

Előbb láttuk már (3.1.1.1. pont), hogy egyes LED fényforrások esetében műszakilag megoldható a fény „önálló”, külső eszköz vagy alkatrész nélküli irányítása.

A térbeli megfelelés és a fényszennyezés szempontjából fokozott figyelmet érdemelnek a kültéri díszvilágítások, azon belül is a talajba (járószintbe) süllyesztett világítótestek (ún. taposólámpák), amelyeknél a nagy fényáramú fényvetők általában felfelé irányulnak.

Díszvilágítások esetében általánosságban olyan műszaki megoldás alkalmazására kell törekedni, amely biztosítja, hogy a legnagyobb fényerősség iránya lehetőleg a vízszintes (a talajfelszínnel párhuzamos) sík alatt legyen 5 fokkal. E fölött csak igen keskeny fénynyalábú lámpatesttel, célzottan, illetve olyan módon lehet megvilágítani az objektumot, hogy mellette fölfelé ne jusson fény.

Térbeli meg nem felelés



3.4. ábra A fényterelő lemezek a fény megfelelő irányításának egyszerű, hatékony és utólag is felszerelhető eszközei.

Az 1.2.3. pontban láttuk, hogy **időbeli meg nem felelés** lép fel, ha nem a megfelelő *időpontban* (*időszakban*), vagy nem a szükséges *időtartammal* történik a világítás. E meg nem felelés kiküszöbölését a világítóberendezések felelős és odafigyeléssel történő használata mellett szintén elősegítik műszaki megoldások is. Korábban már esett szó a mozgásérzékelővel ellátott, mozgásvezérelt világítási berendezésekről – ezek biztosítják a leghatékonyabban, hogy valóban csak akkor sugározzon fényt a fényforrás, amikor erre szükség van. A szenzorok érzékenységeinek megfelelő beállítással tehető ezek használata, alkalmazása kellően hatékonná/kényelmessé/biztonságossá, de ezeknek a rendszereknek mindenképpen vannak korlátai; a túl érzékenyre állított érzékelők gyakran okoznak fölösleges világítást, míg ellenkező esetben az akár indokolt igény ellenére sem érkezik a várt fény. Az önműködő időkapcsolóval ellátott rendszerek a közvilágításban általánosan elterjedtek, de a technológia alkalmazása legtöbbször csak a világítás sötét napszak elején és végén történő fel- és lekapcsolására szorítkozik. Rendelkezésre állnak pedig már azok a technológiák, megoldások, amelyek lehetővé teszik akár a fényforrás fényáramának vagy akár a kibocsátott fény színhatásának (színhőmérsékletének) meghatározott időszakok közötti differenciálását a rendszer üzemelése közben (gyakorlati alkalmazásukat mutatja be az 5.3.1. pont). A legkorszerűbb, s minden valószínűség szerint a legbonyolultabb és (a telepítés egyszeri költségét tekintve legalábbis) legdrágább megoldást képviselik a visszacsatolással is rendelkező szabályozott világítási rendszerek, amelyek – akár többféle érzékelő jele alapján – képesek az önműködő szabályozásra, s ennek alapján időben (de akár térben) differenciált működésre.

A gyakorlatban a világítással összefüggő meg nem felelések ritkán jelentkeznek önállóan, sokkal inkább jellemző ezek valamilyen kombinációja.

Megfontolásra érdemes továbbá, hogy egy meghatározott világítási feladat, igény esetén egy meg nem felelés típus kiküszöbölése érdekében alkalmazott megoldással, módszerrel összefüggésben olyan, a világítási rendszer egyéb elemeit érintő módosítás (kompenzálás) válhat szükségessé, amely táj- és természetvédelmi szempontból valamilyen más aspektus miatt előnytelen hatással járhat. Például kisebb fényáramú fényforrás alkalmazása mellett adott látási feladathoz több világítási berendezés szükséges, amely több tartószerkezet telepítésével jár, és ez adott esetben táj(kép)védelmi szempontból előnytelen lehet.

Egy adott műszaki megoldás ugyanakkor nem csupán egy, hanem **több meg nem felelés kiküszöbölését is elősegítheti**; pl. a lámpatest helyes fényeloszlása a mennyiségi és térbeli megfelelést egyaránt szolgálja, vagy az időkapcsolóval vezérelt/szabályozott rendszerek mind az időbeli, mind a mennyiségi meg nem felelések elkerülését lehetővé teszik.

Mindig a konkrét eset egyedi mérlegelésével, nem csupán a világításra, hanem a táji, természeti környezet egészére, illetve a világítási rendszer és környezetének összefüggéseire, kölcsönhatására figyelemmel, körültekintően célszerű megfogalmazni fényszennyezés csökkentését elősegítő ajánlásokat.

Fontos tudni, hogy új világítási berendezés használatbavétele előtt valamennyi fénytechnikai paraméter megfelelőségét ellenőrizni kell.

A megvilágítást/fénysűrűséget a kivitelezőnek, üzemeltetőnek műszeresen kell ellenőriznie. A megvilágítás méréséhez hitelesített vagy kalibrált megvilágításmérő szükséges, a fénysűrűség mérésének eszköze az ugyancsak hitelesített vagy kalibrált kézi fénysűrűségmérő vagy speciális fénysűrűség mérő kamera. A mérésre jogosultak köre jelenleg jogilag nem szabályozott, az azonban követelmény, hogy a mérési eredmények kiértékelését szakirányú végzettséggel bíró személy végezze (a szakirányú végzettség világítás-technikai szakmérnöki oklevéllel, világítási szakreferensi képzettséget igazoló irattal, vasúti világítástechnikai felülvizsgálati tanfolyam elvégzését igazoló okmánnyal, mérnök kamarai jogosultsággal, felsőfokú munkavédelmi szakképzettséget igazoló oklevéllel igazolható).

Az egyéb paraméterek (színhőmérséklet, színvisszaadás) a világítási terv dokumentációban szereplő és a felszerelt fényforrás adatainak összehasonlításával, illetve szemrevételezéssel ellenőrizhetők. Amennyiben kétség merül fel a szemrevételezés során, akkor a káprázás értékét is mérni kell.

3.3. A jelentősebb fényszennyezés-forrásokhoz rendelhető műszaki ajánlások

3.3.1. Közvilágítás

A közvilágításra vonatkozó (műszaki) előírásokat, követelményeket meghatározó 1985-ös Ipari Miniszteri rendelet hatályon kívül helyezésével párhuzamosan vagy azt követően nem került sor e témakört szabályozó új jogszabály kihirdetésére. Az érvényben lévő vonatkozó hazai szabványok (MSZ EN 13201:2 – 5 és MSZ CEN/TR 13201-1) egy szűkebb területre, az „útvilágítás”-ra vonatkoznak.

Bár a térbeli meg nem felelés szempontjából kedvező tendencia tapasztalható, a „klasszikus” közvilágítás okozta fényszennyezés elsődleges oka még mindig a nem megfelelő (ernyőzésű, burájú) lámpatest alkalmazása, valamint a lámpatestek helytelen rögzítése a tartószerkezethez. Az öblös bura horizontális irányban és a horizont síkja fölé is szórja a fényt (lásd a 3.3. ábrát), ezért **lapos bura** (lásd a 3.1., 3.2., 3.4. ábrát) **használata szükséges**. Nagyon fontos, hogy a lámpatest a földfelszínnel párhuzamos síkban legyen a tartószerkezethez rögzítve; a kivitelezés és az ezt követő karbantartások során fokozottan ügyelni kell erre. Útirány-jelző táblák és egyéb közúti jelzések megvilágításának kialakítása és üzemeltetése esetén is (különös tekintettel a gyorsforgalmi utak esetében alkalmazott jelzésekre) figyelni kell arra, hogy a – lehetőleg aszimmetrikus fényeloszlású – lámpatestek fénye lefelé irányuljon.

Javasolt minél kisebb (legfeljebb 6 m) fénypontmagasság alkalmazása.

A minőségi meg nem felelés – amit elsősorban a kibocsátott fényben a kék színnek megfelelő hullámhossz-tartomány túlsúlya okoz – **3000 K-nél kisebb színhőmérsékletű fényforrások alkalmazásával** kerülhető el. A kiemelt területi kategóriák (védett természeti területek, Natura 2000 területek) esetében a színhőmérséklet legfeljebb 2700 K legyen (a csillagoségbolt-parkokra szigorúbb követelmény vonatkozik: az itt alkalmazható fényforrások esetében a legnagyobb érték jelenleg 2500 K). A színhőmérséklet azonban nem minden fényforrás esetében jelent megfelelő metrikát, ekkor **a rövid hullámhosszú (kék) tartományban kibocsátott teljesítmény százalékos arányát célszerű meghatározni**: pl. a csillagoségbolt-parkokban alkalmazható fényforrások teljes teljesítményük legfeljebb 25%-át sugározhatják az 550 nm alatti hullámhossz-tartományban.

Az alkalmazott fényforrás kiválasztása során nem elegendő, ha a műszaki leírásban „meleg színhatás vagy színhőmérséklet” megjelölés szerepel, hanem **a pontos gyártói adat figyelembe vétele alapján kell dönteni**.

A világítási tervekben lehetőleg ne szerepeljenek az MSZ EN 13201-2 számú hazai szabványban meghatározott fényűrűség/megvilágítás 2–2,5-szeresénél nagyobb értékek, illetve a már működő világítási berendezések esetében mért értékek ne ériék el ezt a szintet.

Az időbeli meg nem felelés elkerülése érdekében a közvilágítás forgalom-számlálási adatok alapján kialakított vezérléssel **„okosítható”: kisebb forgalmú időszakokban a fényforrások fényárama automatikusan csökken**.

Gyalogutak, parkok megvilágításakor legtöbbször szintén a nem megfelelő lámpatest okozhat fényszennyezést legtöbbször (pl. gömb alakú lámpatest még meleg fényű, 2700 K színhőmérsékletű nátriumlámpa és kis fénypontmagasság esetén sem alkalmazható). Ennek megfelelően ilyen célra is **lapos burával ellátott lámpatest használata ajánlott**. A megvilágított sétatutak világos színű anyaggal (pl. dolomitmurvával) történő felszórása kerülendő, mert minél világosabb színű a megvilágított felület, annál nagyobb az onnan visszaverődő, szóródó fény mennyisége. Világos színű anyaggal burkolt és megvilágított sétatutak a nagyobb reflexió miatt nagyobb eséllyel

okozhatnak fényszennyezést. (Megjegyzendő ugyanakkor, hogy *nem megvilágított* gyalogutak esetében azonban kifejezetten ajánlott világos színű burkolat alkalmazása, mert az a sötét időszakban is meglévő kismértékű természetes megvilágítás mellett elősegíti a tájékozódást.) Parkokban közbiztonsági megfontolások miatt a fénypontmagasság csökkentése kevésbé járható út a fényszennyezés elkerülésére, és túl kicsi fénypontmagasság sem szerencsés, mert így az út elegendő megvilágítást kap ugyan, de a közlekedők arca nem, ami növelheti a bűnözés kockázatát. LED-es fényforrással szerelt lámpatestek esetén javasolt az optikai tér homályosított vagy opalizált lezárása a káprázás elkerülésére.

A **közhasználatú, közúti irányító jelzésekkel ellátott közlekedési csomópontok** esetében a **lámpatest kiválasztása** esetében a „klasszikus” közvilágításnál írtak az irányadók. A gyakorlatban tapasztalható **túlvilágítás úgy kerülhető el**, ha a csomópont megvilágítása legfeljebb egy osztállyal nagyobb, mint az odavezető utak közül a legnagyobb megvilágítású úté. Amennyiben a csomópont-hoz csatlakozó utak világítása „okosított” (vezérelt vagy szabályozott; lásd a 3.4. pontot), akkor szükséges, hogy a csomópont világítása is vezérelt vagy szabályozott legyen.

A **kereskedelmi és szolgáltatóegységek parkolóinak világítása** hasonló, mint a közlekedési csomópontoké, rendszerint nagy fénypontmagasság jellemzi. Az **üzemeltetésre vonatkozó ajánlás**, hogy abban az időszakban, amikor a parkoló által kiszolgált létesítmény zárva van, s ezért **a parkoló kihasználtsága alacsony, a világítása teljes mértékben vagy részben lekapcsolandó, illetve csökkentendő a fénypontmagasság**.

Hidak esetében jelentkező, közvilágítás okozta fényszennyezés hatásainak csökkentésére kifejlesztett (műszaki) megoldást mutat be az [5.1.4.](#) pontban található esettanulmány.

3.3.2. Telephelyek (munkahelyek) kültéri megvilágítása

Kültéri (szabadtéri) munkahelyek világítását a munkahelyek munkavédelmi követelményeinek minimális szintjéről szóló 3/2002. (II. 8.) SzCsM-EüM együttes rendelet szabályozza, amely a megvilágítási szinteket határozza meg. Az e szinteknek megfelelő világítás jellemzőit, műszaki paramétereit a vonatkozó MSZ EN 12464-2 számú szabvány részletezi, amely a környezet – különös tekintettel a védett természeti területek környezetére – **kápráztatására vonatkozóan szigorú határértékeket** tartalmaz. A szabványban foglaltak betartása nem kötelező ugyan, de a tervezőnek, beruházónak, kivitelezőnek, üzemeltetőnek tisztában kell lennie azzal, hogy ha pl. kápráztatás következtében kár keletkezik, a szabványban foglaltak be nem tartása miatt kártérítés követelhető.

Az (ipari) **telephelyeken belüli közlekedés** esetében a KRESZ előírásainak megfelelően az ott jellemző sebességekhez és járműtípusokhoz rendelt megvilágítást kell biztosítani. Ha az iparterületen iparvágány vagy iparvágány hálózat is van, a vasútvilágítás követelményeit kell kielégíteni, amelyet a 103/2003. (XII. 27.) GKM rendelet határoz meg.

Termelő- vagy szolgáltatóegységek figyelemfelkeltő, reklám célú megvilágítására önvilágító vagy kívülről megvilágított berendezéseket, felületeket használnak fel. Mindkét műszaki megoldás **kerülendő védett természeti területek, illetve általában természetes élőhelyek közelében**.

A telephelyek kültéri megvilágítása során a fenti, jogszabályban vagy szabványban meghatározott követelmények adta keretek között lehetőség szerint **a 3.2. pontban ismertetett, az egyes meg nem felelések elkerülését elősegítő műszaki megoldásokat, vagy azok kombinációját célszerű alkalmazni, adaptálni.**

3.3.3. Díszvilágítás

Abban az esetben, ha díszvilágítás telepítése, alkalmazása valamely, a közérdek szempontjából méltányolható indokból történik, és nem jár termé-

szetkárosítással, a létesítendő vagy működő díszvilágítás esetében alkalmazni javasolt műszaki megoldások a következők.

Nagyon fontos a **körültekintő és ésszerű tervezés**: alaposan érdemes átgondolni, hogy mit, mikor, honnan és hogyan kívánnak megvilágítani, továbbá „kiknek szól” a díszvilágítás és az látható-e onnan, illetve akkor látható-e, ahol és amikor a megcélzott közönség jellemzően tartózkodik.

A térbeli meg nem felelés elkerülése érdekében **talajba süllyesztett és felfelé világító lámpatest (taposólámpa) nem használható**. Különösen a világos színű, nagyobb albedójú homlokzatok, felületek, objektumok díszvilágításánál ajánlott **kis sugárzási szögű fényvetők használata**. A mennyiségi meg nem felelés kiküszöbölését szolgálja a **fénysűrűség 50 cd/m²-nél kisebb értéken tartása**, illetve az ezt biztosító számú és fényáramú fényforrás felhasználása. Kisebb méretű objektumok, keskeny felületek (pl. műalkotások, emlékművek, szökőkutak stb.) díszvilágításakor olyan fényeloszlású, jellemzően kis sugárzási szögű lámpatestet célszerű alkalmazni, amellyel minimalizálható a megvilágítandó objektum mellé és fölé jutó fény.

Díszvilágítás fényszennyezés-mentességet vagy kismértékű fényszennyezést biztosító megoldásokkal való kiépítése vagy meglévő díszvilágítás e feltételeknek való megfelelés érdekében történő átalakítása sok esetben a közvilágítási rendszert is érinti, s ilyen esetekben speciális előkészítés szükséges. Az [5.1.3.](#) pontban található esettanulmány erre vonatkozó példákat is bemutat.

3.3.4. Sport- és egyéb közösségi létesítmények, rendezvények megvilágítása

A sport- és közösségi létesítmények telepített világításával szemben támasztott (műszaki) követelményeket az MSZ EN 12193 számú szabvány határozza meg.

A sportlétesítményekben alkalmazott világításnak egyidejűleg kell kielégítenie a sportolók és a nézők látási igényét. A szükséges megvilágítási szint attól függ, hogy milyen esemény (edzés, helyi, országos vagy nemzetközi szintű sportverseny) zajlik a létesítményben. Ennek megfelelően olyan, **vezérelhető világítási rendszert célszerű kiépíteni**, amellyel a fényáramot a létesítmény igénybevétele aktuális céljának, jellegének megfelelően lehet módosítani.

Sportlétesítmények világításának üzemeltetése kapcsán fontos szempont, hogy a sportesemény időtartama alatt is módosítani lehessen a fényáramot: pl. kapunyitáskor és a rendezvényt követően a létesítmény kiürítésekor nem szükséges akkora fényáram, mint pl. a mérkőzés ideje alatt.

A reklámvilágítás általában kerülendő, bár ez nagy nézőszám befogadására alkalmas, s ezáltal nagy elérést biztosító létesítményekben nem igazán életszerű követelmény. Különösen az önvilágító reklámok, képernyőpanelek esetében szükséges odafigyelni a megfelelő elhelyezésre, a fényáram/fényerősség szabályozhatóságát, valamint a célzott idejű üzemeltetést biztosító műszaki megoldás alkalmazására.

3.3.5. Reklámok, reklámfelületek megvilágítása

A statikus reklámok esetében jelentkező, mennyiségi meg nem felelés (túl nagy fénysűrűség) okozta fényszennyezés elkerülését garantáló fénysűrűség értékre nem lehet általános érvényű feltételt meghatározni, mert ezt a környezetre jellemző fénysűrűség ismeretében lehet meghatározni.

Nagy felületű reklámtáblák megvilágításával rendszerint olyan mértékű fénysűrűség jár, amely zavarhatja a környezet élővilágát. Az ilyen jellegű megvilágítások az esetek zömében nincsenek összhangban a 253/1997. (XII. 20.) Kormányrendelet előírásaival (az OTÉK-ban szereplő előírásról a [4.1.](#) pontban található részletek), ezért határozottan kerülendők. Ha mégis

szor kerül a létesítésükre, akkor védett természeti területek, Natura 2000 területek, illetve egyéb természetes élőhelyek közelében a fényforrások számának és fényáramának meghatározásakor arra kell törekedni, hogy a reklámfelület megvilágítása esetében a fénysűrűség ne legyen nagyobb 50 cd/m²-nél.

Nagyméretű önvilágító képernyőpanelek alkalmazása általánosságban kerülendő; ha mégis szor kerül erre, mindenképpen szükséges, hogy a fényáram szabályozható legyen. Az esti, éjszakai időszakban kisebb fényárammal kell működtetni a berendezést lehetőleg statikus tartalmak megjelenítésével.

3.4. Fényszennyezés-mentes műszaki megoldások fenntartható, gazdaságos üzemeltetésének szempontjai

A világítási rendszerek üzemeltetése során jelentkező két jól elkülöníthető költségvetel az **energiaköltség**, valamint a **karbantartási költség**.

Az **energiaköltség** a lámpatestek beépített villamos teljesítményének (kW), az üzemidőnek és az elektromos energia egységárának (Ft/kWh) szorzata. **Energiaköltség**

E költségvetel csökkenthető a lámpatest villamos teljesítményének csökkentésével (ún. dimmeléssel), ami egyúttal a fényáram csökkenésével jár. Csökkenthető a költség továbbá az üzemidő lerövidítésével, pl. díszvilágítások esetében, ha a rendszerint napnyugtától éjfélig üzemelő berendezés napnyugtától csak 22 h-ig üzemel. Szezonális kihasználtságú világítási rendszerek esetében a **csökkentett fényáram a villamos teljesítmény csökkenésével, ezáltal kisebb energiateljesítménnyel, végső soron költségcsökkentéssel jár**; pl. ha egy üdülőterület közvilágítása ősztől tavaszig csökkentett fényárammal működik.

Az üzemeltetés költségének másik tényezője a **karbantartási költség**, amely **alkatrész-, anyag- és bérköltség**ből tevődik össze. A kültéri berendezések közül a köz- és díszvilágítás esetében jelentős költséget jelenthet a karbantartó személyzet utaztatása a világítási berendezés és az állomáshely között. Sport- és telephely világítások esetén, hacsak nem valamilyen speciális világítási rendszert alkalmaznak, a karbantartó személyzet nagy valószínűséggel helyben van. **Karbantartási költség**

Fontos, hogy **az alkatrészek esetében nem feltétlenül jelent költségmegtakarítást hosszú távon**, ha a karbantartás során az eredetinel silányabb, olcsó terméket alkalmaznak, mert ezek esetében a meghibásodások, s ezáltal az újbóli karbantartás esélye lényegesen nagyobb, mint drágább, de jó minőségű termékek felhasználásakor.

Amennyiben a fényszennyezés csökkentése az üzemeltetés időtartamának csökkentésével valósul meg, akkor ennek elvileg nincs többletköltsége, csupán le kell kapcsolni a berendezést a kívánt időpontban. Díszvilágítások esetén ez a legegyszerűbb és leghatékonyabb megoldás.

Az olyan világítási rendszereknél, amelyek esetében a kikapcsolás nem járható út, pl. közvilágítás vagy a közlekedési infrastruktúra egyes elemeinek megvilágítása esetén, a **fény mennyiség csökkentése** jelenthet megoldást. Az útvilágításról szóló szabvány lehetőséget ad arra, hogy kis forgalmú időszakban a közvilágítás egy osztállyal kisebb fokozatba kapcsoljon. Ez kétféle módon érhető el: vezérléssel vagy szabályozással. A **vezérlés** során előre beállított időpontban előre beállított szintre kapcsol át a világítási rendszer. Az erre vonatkozó, önműködően kiadott utasítás eredményéről nincs visszacsatolás. **Szabályozás** esetén visszajelzés is érkezik a központba az utasítás végrehajtásáról, ami naplózható, és arra is van lehetőség, hogy a rendszer információt küldjön pl. meghibásodásokról.

Vezérlés és szabályozás

Amennyiben ehhez hasonló **fejlett kommunikációt várunk el egy világítási rendszertől**, akkor ki kell építeni a kommunikációs hálózatot, amely egyszeri többletköltséggel jár. Az, hogy egyirányú vagy kétirányú a rendszer kommunikációja, már sokkal kisebb költségtöbbletet jelent kommunikációra alkalmas rendszer kialakításának többletköltségéhez képest.

Világítási rendszerek rekonstrukciója során érdemes megfontolni korszerű kommunikációs rendszer kiépítését, annak ellenére, hogy ez a befektetés egyszeri többlet ráfordítást jelent. **Mindenképpen célszerű összevetni, hogy a kommunikációs képesség kiépítése nélkül számított beruházási költség és a kommunikációs rendszer kiépítésének összegével megnövelt beruházási költségek megtérülése hogyan alakul.** A tapasztalatok azt mutatják, hogy a kommunikációs rendszer kiépítésének többletköltségét az emiatt

Megtérülés

hatékonyabban és ez által gazdaságosabban működő rendszer kb. 5 év alatt „termeli ki”, így 5 év után már „tiszta megtakarítás” jelentkezik. LED-es technológiával történő korszerűsítés esetén a beruházás megtérülését javíthatja, „előre hozhatja” kommunikációs rendszer kiépítése.

4. Természetvédelmi jogszabályi, eljárási háttér

4.1. A fényszennyezéssel kapcsolatos fellépés jogi alapját biztosító rendelkezések, jogszabályi előírások

Kifejezetten mesterséges világítással (mint fényszennyezés-forrással), s azon belül helyhez kötött kültéri mesterséges világítással kapcsolatos, illetve erre irányuló természetvédelmi célú szabályozás első ízben 2008-ban jelent meg a hazai jogrendben: a 2008. évi XCI. törvény alapján ekkor egészült ki a Tvt. 35. § (1) bekezdése azzal a ponttal, amely a **védett természeti területek vonatkozásában** kimondja, hogy **„a helyhez kötött kültéri mesterséges világítást külterületen, illetve beépítésre nem szánt területen – a közcélú közlekedési létesítmények biztonságos üzemeltetéséhez szükséges megvilágítástól eltekintve – úgy kell kialakítani, hogy a védett vagy a közösségi jelentőségű állatfajokat ne zavarja, veszélyeztesse, károsítsa”**.

A Tvt. a 35. § (2) bekezdésében arról is rendelkezik, hogy e kötelezettség „teljesítésére **a természetvédelmi hatóság, vagy megkeresésére az arra hatáskörrel rendelkező hatóság kötelezi az érdekelteket és meghatározza a kötelezettség teljesítésének módját**, így különösen a tevékenység abbahagyását, az eredeti állapot helyreállítását, valamint határidejét”.

A rendelkezés védett természeti területek meghatározott részein és kizárólag élővilágvédelmi szempontok érvényesítésére állapít meg kötelezettséget. A Tvt. a természetvédelmi hatóság feladatkörébe utalja e kötelezettség érvényesítését, de ezt nem köti konkrét eljáráshoz (pl. engedélyezéshez), hanem általánosságban írja elő. E rendelkezés tehát az egyébként meglévő hatáskörei összességében biztosítja a lehetőséget a természetvédelmi hatóság számára, hogy védett természeti területek meghatározott részein fellépjen a védett vagy közösségi jelentőségű állatfajt zavaró, veszélyeztető, károsító mesterséges világítás ellen.

Célzottan a fényszennyezés csökkentésére irányuló, kültéri világítótestekre vagy fényforrásokra vonatkozó természetvédelmi célú jogszabályi rendelkezés várhatóan 2020-ban fog hatályba lépni a Hortobágyi Nemzeti Park védőövezetének kijelöléséről szóló, 2019 folyamán kihirdetésre előkészített AM rendelet részeként. E rendelkezés kizárólag **a Hortobágyi Nemzeti Park mintegy 91 000 hektár kiterjedésű védőövezetében** érvényesíthető „a Hortobágyi Nemzeti Park területéről feltáruló éjszakai csillagos égbolt láthatóságát veszélyeztető és az élővilágra káros hatással lévő fényszennyezés megelőzése, csökkentése” érdekében. Az előírás lényege, hogy „meghatározott esetekben kültéri világítótest vagy fényforrás (beleértve a közvilágítást és a megvilágított vagy világító reklámfelületeket is) létesítése, telepítése vagy cseréje ... a természetvédelmi hatóság engedélyével végezhető”. Annak érdekében, hogy csak ott és csak olyan esetek legyenek engedélykötelesek, amelyeknél ez valóban indokolt, a rendelet 3. mellékletében az elhelyezkedés, illetve műszaki paraméterek alapján, differenciáltan történik meg az engedélyköteles esetek meghatározása a védőövezeten belül.

E szabályozás **az élővilág védelme mellett az „éjszakai csillagos égbolt láthatóságát” is célként határozza meg a fényszennyezés kiküszöbölése, csökkentése kapcsán**. Engedélyezési eljárás lévén kültéri világítótestek létesítése mellett a meglévők cseréje esetén is **érvényesülhet a megelőzés elve**, a rendelkezés területi hatálya azonban korlátozott.

Kifejezetten a fényszennyezésre vonatkozó jogszabályi rendelkezések

A fenti „direkt” jogszabályi rendelkezések mellett egyéb természetvédelmi célú előírások **közvetett módon** alkalmazhatók a fényszennyezés megelőzésére. A következőkben ezeket tekintjük át.

Egyéb, a fényszennyezés esetében alkalmazható jogszabályi rendelkezések

A védett természeti területekre vonatkozó általános előírások közül a Tvt. 31. §-ában szereplő, a védett természeti terület állapotának és jellegének a (védetté nyilvánító jogforrásban és/vagy az annak mellékletét képező természetvédelmi kezelési tervben meghatározott) természetvédelmi célokkal ellentétes megváltoztatására vonatkozó tilalom alapot nyújthat a fényszennyezés kiküszöbölésére is, hiszen pl. az éjszakai túlvilágítás a terület jellegének hathatós megváltoztatása.

Védett természeti területekre vonatkozó általános előírások

A védett természeti területekre vonatkozó előző rendelkezés, továbbá a Tvt. 35. § (1) a) pontja, amely szerint „tilos olyan épületet, építményt, nyomvonalas létesítményt, berendezést létesíteni vagy üzembe helyezni, amely [a védett természeti terület] jellegét és állapotát veszélyeztet, károsítja, vagy ott a tájképi egységet megbontja” szintén jogi alapot biztosít a fellépésre, főleg, hogy a „problémás” fényforrások, világítótestek sok esetben az „épület, építmény, nyomvonalas létesítmény” részét képezik. A „berendezés” fogalomba pedig beletartoznak a világítóberendezések is. A rendelkezés a védett természeti terület egészének jellegét, állapotát (ezen belül pl. az éjszakai égbolt láthatóságát), valamint tájképi egységét (beleértve az „éjszakai tájképet” is) védi, nem kizárólag az élő szervezeteket vagy azok közösségeit.

A Tvt. 35. § b) pontja előírja, hogy védett természeti területen „gondoskodni kell a vadon élő szervezetek, életközösségek, a biológiai sokféleség fennmaradásához szükséges természeti feltételek ... megőrzéséről”. E természeti feltételekbe – amint azt a 2.1. pontban láttuk – beletartoznak a természetes éjszakai fényviszonyok (a sötét) is.

A védett természeti értékek vonatkozásában a Tvt. 42. § (1) bekezdése a védett növényfajok, a 43. § (1) bekezdése a védett állatfajok esetében tiltja az egyedek zavarását, veszélyeztetését, károsítását, elpusztítását, élőhelyének, szaporodásának és élettevékenységének veszélyeztetését. Szintén a 2.1. pontban mutattunk rá arra, hogy a fényszennyezés sok esetben a felsorolt következményekkel járhat.

Közvetett módon a fényszennyezéssel kapcsolatos fellépés, az erre (is) irányuló tevékenységek jogi alapját biztosíthatják a Tvt.-ben szereplő, a táj védelmére vonatkozó általános előírások, amelyek az ország egész területére, a védett természeti területeken kívül is érvényesek. A Tvt. 6. §-ában és 7. §-ában rögzített, a tájak természetes és természetközeli állapotának, valamint a tájak esztétikai adottságait és jellegét meghatározó természeti értékek megőrzésére, az épületek, építmények, nyomvonalas létesítmények, berendezések tájba illesztésére, a tájképi adottságok fenntartására vonatkozó kötelezettségek elsősorban a sötét égbolt és az „éjszakai tájkép” megőrzésével, fenntartásával összefüggésben érvényesíthetők.

A táj védelmére vonatkozó általános előírások

Az európai közösségi jelentőségű természetvédelmi rendeltetésű területekről szóló 275/2004. (X. 8.) Korm. rendelet a Natura 2000 területek esetében általános célkitűzésként határozza meg a mellékleteiben meghatározott közösségi jelentőségű fajok és élőhelytípusok kedvező természetvédelmi helyzetének megőrzését, valamint a Natura 2000 területek lehatárolásának alapjául szolgáló természeti állapot biztosítását. Natura 2000 területeken ezek a rendelkezések közvetve jogszabályi alapot adhatnak tehát a fényszennyezés – elsősorban az élővilág védelme érdekében történő – kiküszöbölését, csökkentését szolgáló intézkedésekhez, hatósági döntésekhez.

Natura 2000 területekre vonatkozó általános előírások

A természetvédelmi szakterület ez idáig kevés alkalommal használta ki azt a hatályos jogszabályok alapján rendelkezésre álló lehetőséget, hogy **országos jelentőségű védett természeti terület jogi erővel rendelkező ter-**

Védett természeti területek természetvédelmi kezelési tervei

mészetvédelmi kezelési tervében kifejezetten a fényszennyezés és káros hatásai kiküszöbölésére irányuló rendelkezéseket szerepeltessen. A csillagoségbolt-parkokban – amelyek rendszerint országos jelentőségű védett természeti területen belül helyezkednek el vagy azokkal megegyező kiterjedésűek – ez különösen indokolt és hatékony eszköz lehet a fényszennyezettség kis mértékének fenntartására vagy kiküszöbölésére. A természetvédelmi kezelési tervekben elsősorban a fajok és élőhelyek védelme, a táj- és kultúrtörténeti értékek megőrzése érdekében, valamint a terület- és földhasználat terén van lehetőség a fényszennyezés elkerülésére irányuló rendelkezések szerepeltetésére.

A Magyarország területének kb. 20%-ára kiterjedő **Natura 2000 területek fenntartási tervei nem rendelkeznek ugyan jogi erővel**, de elősegíthetik a fényszennyezés élővilágra gyakorolt kedvezőtlen hatásainak csökkentését, kiküszöbölését. E hivatalos eljárás során elfogadott dokumentumok a Natura 2000 területek kijelölésének alapjául szolgáló élőhelyek és fajok megőrzésére, fenntartására irányuló ajánlásokat fogalmaznak meg. A fenntartási tervek tartalma, a megfogalmazott ajánlások is elősegíthetik a fent említett, fajokra és élőhelyeikre vonatkozó jogszabályi követelmények hatósági érvényesítését – akár a fényszennyezés megelőzése, csökkentése érdekében is.

Nem a természetvédelmi célú jogszabályok körébe tartozik az országos településrendezési és építési követelményekről szóló 253/1997. (XII. 20.) Korm. rendelet, azonban 54. §-ának (2) bekezdésében szerepel egy olyan, kifejezetten a fényszennyezés megelőzésére, kiküszöbölésére irányuló rendelkezés, amely adott esetben természetvédelmi hatósági eljárások során is megfelelő hivatkozási alapot biztosíthat akár természet- vagy tájvédelmi szakmai szempontok fényszennyezéssel kapcsolatos érvényesítéséhez: *„az építmény megvilágítását, a köz- és díszvilágítást, a fényreklámot és a hirdetőberendezést úgy kell elhelyezni és kialakítani, hogy a fényhatás” ... „a környezetet ne károsítsa, és” ... „fényszennyezést ne okozzon”*. Fontos, hogy ebben az esetben a fényszennyezést az ugyanezen jogszabály 1. mellékletének 38. pontjában szereplő definíció szerint kell értelmezni!

OTÉK

Nem tartoznak ugyan a kifejezetten természet- és/vagy tájvédelmi célú jogszabályok körébe, de a világörökségi területek és a Világörökségi Jegyzékbe jelölendő területek kiemelkedő egyetemes értékeinek, illetve az ezeket hordozó attribútumok megőrzését, fenntartását szolgáló, jogszabályban (kormányrendeletben) kihirdetett világörökségi kezelési tervek rendelkezései között vannak olyanok, amelyek természeti érték, a tájkarakter, vagy akár kifejezetten a sötét égbolt megőrzésére irányulnak (pl. a Hortobágyi Nemzeti Park – a Puszta világörökségi terület esetében), s így alapul, szakmai indokul szolgálhatnak akár a fényszennyezéssel kapcsolatos fellépésre is.

Világörökségi kezelési tervek

4.2. A fényszennyezéssel kapcsolatos hatósági fellépés eljárási keretei, lehetőségei

A fényszennyezés csökkentése, kiküszöbölése összetett, sok szereplő együttműködését igénylő tevékenységi kör, amelyben a kívánt eredmény elérése érdekében a természetvédelmi hatóságnak jelentős szerepet kell vállalnia.

Alapelv, hogy azok a védett természeti területekre vagy védett természeti értékekre vonatkozó általános előírások, amelyekhez nincsenek külön eljárási szabályok hozzárendelve, **bármely hatósági eljárás során alkalmazhatók, ahol természetvédelmi szakkérdés vagy természetvédelmi szempontok vizsgálatát és érvényesítését jogszabály előírja vagy lehetőséget biztosít erre.** Ezekben az esetekben a fényszennyezés táj- és természetvédelmi célból történő kiküszöbölése, csökkentése is vizsgálat, mérlegelés, valamint a döntés részét képez(het)i.

A következőkben rövid áttekintést adunk azokról az eljárásokról, amelyek a természetvédelmi hatóság számára lehetőséget adnak a fent ismertetett előírások érvényesítéséhez a fényszennyezés megelőzése, megszüntetése érdekében. Először a megelőzés elvének érvényesítéséhez rendelkezésre álló hatósági eszközöket vesszük sorra.

Az előbb már esett szó természetvédelmi engedélyezési eljárásról. A Tvt. 38. § (1) bekezdése határozza meg azokat a tevékenységeket, amelyekhez **védett természeti területen** a természetvédelmi hatóság engedélye szükséges. Az eljárás során – jogszabályi előírások érvényesítésével – a természetvédelmi hatóság feltételekhez kötheti, korlátozhatja vagy akár meg is tilthatja a tevékenységet.

A 275/2004. (X. 8.) Korm. rendelet 8. § (2) bekezdése szerint a **védett természeti területnek nem minősülő Natura 2000 területen** tilos engedély nélkül vagy az engedélytől eltérő módon olyan tevékenységet folytatni, illetve olyan beruházást végezni, amely a terület védelmi céljainak megvalósítását akadályozza. A Natura 2000 területek esetében e rendeletben meghatározott védelmi cél: a mellékletekben meghatározott fajok és élőhelytípusok kedvező természetvédelmi helyzetének megőrzése, fenntartása, helyreállítása, valamint a Natura 2000 területek lehatárolásának alapjául szolgáló természeti állapot feltételeinek biztosítása.

Természetvédelmi engedélyezési eljárás

Más ágazati hatóság által lefolytatott eljárás során, amennyiben jogszabály biztosítja ennek lehetőségét, a természetvédelmi hatóság szakhatóságként működik közre. Elsősorban az építési engedélyezési eljárásokhoz, valamint a vízügyi létesítési és üzemeltetési engedélyekhez kiadott szakhatósági állásfoglalásokban tud a természetvédelmi hatóság – mint szakhatóság – fényszennyezést megelőző, mérséklő előírásokat tenni. Fontos, hogy a szakhatósági állásfoglalásban foglaltak kötik az eljáró hatóságot a döntéshozatal során.

Közreműködés szakhatóságként

A jelenlegi hatósági szervezetrendszerben a kormányhivatalokon belül az egyéb szakigazgatási ágak az engedélyezési eljárásaik során – jogszabály előírása alapján – megkeresik a természetvédelmi hatóságot, hogy adja meg szakmai véleményét, jogszabályokon alapuló feltételeit és azok indokolását (tulajdonképpen a szakhatósági állásfoglalás Kormányhivatalon belüli megfelelőjeként). A szakkérdések vizsgálatakor minden releváns ügyben érvényesíteni szükséges a fényszennyezés csökkentésének szempontjait, de különösen a következő esetekben.

Közreműködés engedélyezési eljárásokban szakkérdés vizsgálatával

- Villamosenergia-szállító hálózattal kapcsolatos eljárások.

Kisfeszültségű hálózat esetében már ebben az eljárásban célszerű előírásokat tenni a (későbbiek során már engedély nélkül felszerelhető) közvilágítási rendszerrel kapcsolatban. Jelentős kivilágítást valósítanak meg a nagyfeszültséget (> 120 kV) közép-feszültségre (22 kV) alakító transzformátor állomásokon.

- *Bányahatósági eljárások.*

Különösen a szénhidrogén kutatásra, kitermelésre vonatkozó eljárásokban célszerű vizsgálni a létesítmények világítását, de a külszíni bányák esetében is felmerülhet a fényszennyezés kérdése.

- *Közlekedési eljárások.*

Útügyi jogszabályok, kötelezően használandó szabványok (lásd a 7. pontot) világítási kategóriákat (megvilágítási szinteket) határoznak meg, amelyektől a tervezők, beruházók nem térhetnek el. Ezért fontos, hogy a természetvédelmi hatóság már az úttal kapcsolatos legelső engedélyezéskor (ideális esetben az eljárásokat megelőző előzetes egyeztetés során) olyan tekintetben is vizsgálja a tervezett közlekedési rendszert, hogy annak bizonyos elemeit, szakaszait kötelezően meg kell-e világítani. (Előfordul, hogy a világítási rendszer tervezése külön folyamat/eljárás, és később, az út engedélyeinek véglegessé válása után szembesül a hatóság a szükséges, előírt – de nem engedélyköteles – világítási rendszerrel.)

- *Építésügyi eljárások.*

Jellemző az eljárások során az előző pont szerinti „külön” tervezett (és utólag megvalósított) külső megvilágítások problémája.

Az előző, 4.1. pont végén már szó esett a világörökségi területek, valamint a Világörökség Jegyzékbe jelölendő (világörökségi várományos) területekről. A világörökségről szóló 2011. évi LXXVII. törvény 9. § (1) bekezdése szerint „a hatósági eljárásokban hatóságként eljáró vagy közreműködő” természetvédelmi hatóság e területeken az általuk hordozott kiemelkedő egyetemes érték (és nyilván az ezeket hordozó attribútumok) megőrzése érdekében „az e törvényben és a világörökségi kezelési tervben foglaltakat eljárása során köteles érvényre juttatni”. A fényszennyezés szempontjából ennek különösen a Hortobágyi Nemzeti Park – a Pusztai világörökségi terület esetében van jelentősége, amelyet az UNESCO-ICOMOS-IAU 2018-ban felvett az „Astronomy and World Heritage” (Csillagászat és Világörökség) tematikus programjába.

Jelentősebb **beruházás esetén** a 314/2005. (XII. 25.) Korm. rendelet környezeti hatásvizsgálata (KHV) eljárás, előzetes vizsgálati (EV) eljárás, egységes környezethasználati engedélyezési eljárás lefolytatását írja elő.

- *Mezőgazdasági-, ipari üzemek, állattartó telepek létesítése, korszerűsítése, bővítése.*

A környezetvédelmi eljárások során, zöldmezős beruházás esetén a hatóságnak lehetősége (és kötelessége) a teljes létesítményt, minden infrastrukturális elemmel, tartozékkal együtt kezelni – a fényszennyezés szempontjából is. Lényeges, hogy már a legelső eljárás során történjen meg azon keretek meghatározása, amelyeket a beruházó figyelembe kell, hogy vegyen.

- *Ipari parkok létesítése.*

A közlekedési hálózathoz kapcsolódó világítások – már kezdetben – együttesen jelennek meg.

- *Közlekedési hálózat elemeinek létesítése, felújítása.*

E beruházások esetében is érvényesek a szakkérdés kapcsán e témával kapcsolatban leírtak azzal, hogy előzetes vizsgálat vagy környezeti hatásvizsgálat során már „jó előre” leírhatja a hatóság a fényszennyezést mérséklő elvárásait. Ezek – ideális esetben – már a tervezést megfelelő irányba befolyásolják.

Környezeti hatásvizsgálat

Általános negatív tapasztalat, hogy az előzetes vizsgálati eljárást vagy a KHV-t lezáró határozatban foglalt előírások nem jutnak el az engedélyes terveket készítő tervezőkhöz.

Az előzetes vizsgálatok speciális, kifejezetten természetvédelmi (élővilág-védelmi) célú típusa a **Natura 2000 hatásbecslési eljárás**, amelyet a 275/2004. (X. 8.) Korm. rendelet 10. § (1) bekezdésében meghatározott feltétel teljesülése esetén kell olyan **terv vagy beruházás esetén** lefolytatnia a terv kidolgozójának vagy a beruházást engedélyező hatóságnak, „amely nem szolgálja közvetlenül valamely Natura 2000 terület természetvédelmi kezelését vagy ahhoz nem feltétlenül szükséges, azonban valamely Natura 2000 területre akár önmagában, akár más tervvel vagy beruházással együtt hatással lehet”. A hatásbecslés során a terv vagy beruházás által a Natura 2000 terület jelölésének alapjául szolgáló fajok és élőhelytípusok természetvédelmi helyzetére gyakorolt hatásokat kell vizsgálni. A hatásbecslési dokumentációt a rendelet 14. mellékletében meghatározott tartalmi követelményeknek megfelelően kell kidolgozni, s ez alapján a természetvédelmi hatóság a rendelet 15. mellékletében meghatározott szempontok alapján állapítja meg a Natura 2000 területet érintő hatásokat.

Amennyiben a terv vagy beruházás részét képezi mesterséges éjszakai világítás létesítése, kiépítése, cseréje stb. célszerű és mindenképpen javasolt a hatásbecslési dokumentáció

- a terv vagy beruházás kedvezőtlen hatásait,
- az alternatív (egyéb ésszerű) megoldásokat,
- a kedvezőtlen hatások mérséklését,
- valamint a kiegyenlítő (kompenzációs) intézkedéseket

taglaló munkarészeiben a fényszennyezéssel kapcsolatos szempontokat, megfontolásokat is szerepeltetni, érvényesíteni.

Hasonlóképpen, összhangban azzal, hogy a rendelet 15. melléklete szerint „fel kell becsülni a fajok és élőhelytípusok fennmaradásához szükséges valamennyi tényezőt”, a melléklet a) – f) pontjában meghatározott tényezők felbecsülése során mesterséges éjszakai világítás létesítését, kiépítését, cseréjét stb. tartalmazó tervek vagy beruházások esetében különösen célszerű és javasolt figyelembe venni fényszennyezéssel kapcsolatos szempontokat, megfontolásokat.

Natura 2000 hatásbecslés

Szükséges megjegyezni, hogy a különböző fajcsoportok, fajok esetében a hazai és nemzetközi szakirodalom alapján igen eltérő mértékű a mesterséges éjszakai világítás okozta fényszennyezés hatásainak feltárt-sága, az erre vonatkozó vizsgálati módszerek kidolgozottsága, a gyakorlati tapasztalatok feldolgozottsága és közzététele. Elsősorban rovarok egyes csoportjai, egyes madárfajok, valamint az emlősök közül főként a denevérek esetében állnak rendelkezésre megalapozott, publikált ismeretek, amelyek elősegíthetik a hatásvizsgálati, hatásbecslési dokumentációk kidolgozását.

A 2/2005. (I. 11.) Korm. rendelet **tervek, programok** környezeti vizsgálatára vonatkozó szabályokat állapít meg: tervek, programok (beleértve a terv-változatokat is) e jogszabályban meghatározott bizonyos köre esetében a megvalósítás várható környezeti hatásait, következményeit kötelezően vizsgálni kell, más tervek és programok esetében ez a terv vagy program kidolgozójának döntésétől függ. A környezeti vizsgálat a terv, program kidolgozási, egyeztetési és elfogadási folyamatának része; elvégzéséről a terv, program készítőjének kell gondoskodnia. A vizsgálat keretében elvégzendő környezeti értékelés során a terv, program megvalósulásával közvetlenül vagy közvetve környezeti hatást kiváltó tényezők, okok feltárása kell, hogy megtörténjen, különös tekintettel azokra a tervelemekre, tervezett intézkedésekre, amelyek természeti erőforrás közvetlen igénybevételét vagy környezetterhelés közvetlen előidézését jelentik.

A környezeti vizsgálat lefolytatására kötelezett tervek és programok körébe

Tervek, programok környezeti vizsgálata, véleményezése

egyes ágazati tervek mellett a területi tervek (az országos, kiemelt térségi és megyei területrendezési terv), valamint települések egészére készülő településszerkezeti terv, helyi építési szabályzat és szabályozási terv is beletartozik. A felsorolt tervekben szerepelhetnek olyan tartalmi elemek, amelyek az adott térségben a fényszennyezés szempontjából jelentőséggel bírnak, ezért a megelőzés elvét szem előtt tartva célszerű ezekre felhívni a figyelmet a környezeti vizsgálat során.

Az előbb említett területi tervek **véleményezésében**, egyeztetésében a természetvédelmi hatóság (és a nemzetipark-igazgatóság is) részt vesz. Az általuk megfogalmazott észrevételek kötő erővel nem bírnak ugyan, de az előkészítés és az egyeztetés (véleményezés) során lehetőségük van a fényszennyezés mérséklésére, megelőzésére irányuló hosszú távú elvárások jelzésére.

Az eddig ismertett eljárásokra a megelőzés elvének érvényesítése érdekében a tervezett beruházások, tevékenységek megvalósítása előtt kerül sor.

A természetvédelmi hatóságnak lehetősége van a megvalósulást követően a működés, üzemelés időszakában is eljárni: jogosult a döntéseiben, szakmai állásfoglalásaiban meghatározott feltételek stb. teljesülését **hatósági ellenőrzés** keretében vizsgálni. Nem könnyíti meg azonban a természetvédelmi hatóság ez irányú feladatellátását a fényszennyezés speciális – gyakran célzott méréseket, speciális eszközök használatát kívánó – „tetten érhetősége”, s az a körülmény, hogy a világítások működésének ellenőrzésre szinte kizárólag éjszaka van lehetőség.

Működő, üzemelő világítások, világítási rendszerek fényszennyező hatásainak megszüntetésére, kedvezőtlen hatásainak mérséklésére védett természeti területek esetében a természetvédelmi hatóság rendelkezésére álló eszközök közül a **kötelezés, eltiltás, bírságolás** alkalmazható a Tvt. már idézett 35. § (2) bekezdésének, továbbá 37. §. (3) bekezdésének, 77. §-ának, 78. § (1) és (2) bekezdésének, valamint 80. §-ának rendelkezései alapján. A 275/2004. (X. 8.) Korm. rendelet 8. § (3) és (4) bekezdése az eltiltás, a korlátozás és a kötelezés eszközét a Natura 2000 területek esetében biztosítja a természetvédelmi hatóság számára. A 275/2004. (X. 8.) Korm. rendelet 8. § (5) bekezdése értelmében pedig olyan, „a terület védelmi céljainak megvalósítását akadályozó” tevékenység vagy beruházás esetén, amelynek engedélyezése nem a természetvédelmi hatóság hatáskörébe tartozik, a természetvédelmi hatóság az eltiltásra, korlátozásra vagy kötelezésre irányuló intézkedések érdekében megkeresi az engedélyező hatóságot.

A jelentősebb beruházások esetén a 314/2005. (XII. 25.) Korm. rendelet **környezetvédelmi felülvizsgálatot** ír elő: a jogszabályban kötelezett telephelyeket, üzemeket ötéves rendszerességgel felülvizsgálati eljárás alá kell vonni, amely egy eljárást lezáró határozattal ér véget. Ebben a környezetvédelmi (egyben természetvédelmi) hatóság az elkövetkezendő ötéves időszakra szóló előírásokat tehet – amennyiben szükséges – akár a fényszennyezés mérséklésére vonatkozóan is. Ennek során célszerű „előre” meghatározni a külső világítási rendszer rekonstrukciójának elvárt paramétereit, mert egy telephely külső világításának felújítása nem engedélyköteles tevékenység.

Hatósági intézkedések az üzemelés időszakában

A leírtak alapján úgy tűnhet, hogy a természetvédelmi hatóság a fényszennyezés megelőzése, illetve mérséklése kapcsán széles körű, az ügyek, esetek nagy részének megfelelő kezelését biztosító eljárási eszközrendszerrel rendelkezik, azonban ez sajnos nincs így. A hatályos jogszabályi környezetben **a fényszennyezés növekedését előidéző tevékenységek, folyamatok túlnyomó részére a természetvédelmi hatóságnak nincs ráhatása és sokszor csak későn szerez tudomást egy-egy jelentős kedvezőtlen hatást okozó „szennyezőforrás” működésbe lépéséről.**

A mesterséges éjszakai világítással kapcsolatos beruházások, tevékenységek (valamint a hozzájuk kapcsolódó fejlesztések) jellemzően nem engedélykötelesek, vagy az engedélyezési eljárás folyamatában – jogszabályi felhatalmazás hiányában – a természetvédelmi hatóság semmilyen formában nem vesz/vehet részt.

Jellemző példa erre a meglévő kifestőszűrésű vezetéksoron új közvilágítási rendszer kialakítása (vagy a meglévő világítási rendszer felújítása). E beruházások esetében – tapasztalatok alapján – szinte kivétel nélkül a legkedvezőtlenebb (a legnagyobb fényszennyezést produkáló) műszaki megoldásokat alkalmazzák. Szintén engedélyezési eljárás lefolytatása nélkül valósulnak meg telephelyeken, magántulajdonú ingatlanokon olyan világítások, amelyek lokálisan jelentős hatással lehetnek az élővilágra, több tíz kilométer távolságban pedig az éjszakai égbolt képére.

5. Esettanulmányok

5.1. (Köz)világítás és élővilág-védelem

5.1.1. LED fényforrás közvilágítási alkalmazásának hatása az élővilágra

5.1.1.1. LED fényforrás közvilágítási alkalmazásának hatása az állatvilágra

A mesterséges fényforrásoknak az éjjel repülő állatokat vonzó hatása már igen régen ismert és e tulajdonság gyakorlati alkalmazása is több, mint 100 éves múltra tekint vissza, pl. korának neves lepkésze, Abafi-Aigner Lajos már az 1800-as évek végén petróleumgőz lámpával gyújtott éjszakai lepkéket. Az elektromos fényforrások térnyerése a XIX. század végétől teljesen átforgatta külső és belső épített környezetünk világítástechnikáját. Új technológiák napjainkban történő megjelenése és elterjedése ehhez fogható változásokat vetít előre.

Az egyre nagyobb területeket egyre nagyobb mértékben érintő **mesterséges éjszakai világítás az éjszakai életmódot folytató állatokra is jelentős hatással van.** Az állatok napszakokhoz, illetve fényhez kötött aktivitásuk alapján lehetnek **diurnálisak**, **nokturnálisak** vagy krepuszkulárisak (félhomályban aktívak). A mesterséges éjszakai világítás kiváltotta **hatások erősen függenek a fényforrás által kibocsátott fény spektrumától, valamint intenzitásától és időbeli eloszlásától.** E hatások jellemzően a cirkadián ritmus, a **fotoperiodicitás**, a térbeli tájékozódás vagy az érzékelés zavarai (utóbira példa a fényfelfogó képesség csökkenése, az időleges vakság, a színelismerés romlása), valamint a fény-attrakció (pozitív **fototaxis** a fényforrás irányába).

Kutatási eredmények támasztják alá, hogy **a mesterséges megvilágítás direkt és indirekt hatásai komoly hatással vannak az ökoszisztémák működésére.** A megvilágított területeken rendszerint megnő a környezetükből érkező éjjel aktív rovarok száma, amit jellemzően az éjjel aktív ragadozók (pl. pókok, kaszáspókok) egyedsűrűségének növekedése követ. Utóbbiak nagyobb száma a megnövekedő predáció miatt azonban e területeken egyidejűleg pl. a holvák és futóbogarak számának csökkenéséhez vezet, jelentős mértékben átrendezve ezáltal a mesterséges megvilágításnak kitett terület táplálékhálózatát. Ez a hatás egyébként nem csak a talaj felszínén mozgó ragadozók esetében mutatható ki, hanem pl. a denevérek esetében is.

Az utóbbi években **az állatvilág mesterséges éjszakai világításhoz való természetes alkalmazkodására** utaló jeleket is megfigyeltek. A pókhálós kecskerágómoly (*Yponomeuta cagnagella*) fototaxisát vizsgálva azt találták, hogy nagymértékű fényszennyezésnek kitett élőhelyen élő populációk esetében a lárvákból kifejlődött rovarok 30%-kal alacsonyabb fényattraktivitást mutattak, mint a fényszennyezéssel csak kis mértékben érintett, sötét(ebb) területekről származó példányok. Ez arra (is) utalhat, hogy **a fényszennyezésnek fokozottan kitett „urbánus” populációkban alkalmazkodás révén bizonyos mértékben csökkenhetnek a mesterséges éjszakai világítás okozta fényszennyezés negatív hatásai.**

Az utóbbi években a kültéri megvilágítás jelentős átalakuláson megy át. A hagyományos nagynyomású kisülő lámpákat (nagynyomású nátriumlámpákat és fémhalogén lámpákat) felváltják a LED fényforrások, amelyek a széles spektrumú „klasszikus” fényforrásoknál energiatakarékosabbak és színhatá-

Diurnális: élőlényeknél nappali aktivitásra és éjjeli alvásra, nyugalmi időszakra utal. Leíró jellegű jellemzés, egy megfigyelt 24 órás tevékenységre vonatkozik, szemben a $\rightarrow$ cirkadián ritmussal, amely az élőlény saját belső időmérő rendszere által vezérelt, hozzávetőlegesen 24 órás ciklus.

Nokturnális: élőlényeknél éjszakai aktivitásra és nappali alvásra, nyugalmi időszakra utal. A $\rightarrow$ diurnálisához hasonlóan megfigyelésen alapuló, leíró jellegű jellemzés.

Fotoperiodicitás: fényszakaszosság; az élőlényeknek azt a tulajdonsága, hogy a nappal, illetve az éjszaka viszonylagos hosszúságára élettani reakciót mutatnak.

Fototaxis: élőlények a fény erőssége (intenzitása) és színe (spektruma) által irányított helyváltoztató ingermozgása.

suk is jobban szabályozható.

Az első vizsgálatok, amelyek LED lámpák állatvilágra gyakorolt környezeti hatásainak kimutatására irányultak, ellentmondásos eredményeket hoztak. A kereskedelembe kapható 4000 K korrelált színhőmérsékletű fehér LED lámpákkal végzett kutatások szerint e fényforrások általánosságban mintegy 48%-kal több repülő rovar vonzottak, mint a klasszikus nagynyomású nátriumlámpák. Ez a különbség minden vizsgált LED lámpa esetében jelentkezett, de erősen **taxon**függőnek bizonyult: a legyek (*Diptera*) és lepkék (*Lepidoptera*) esetében határozottan, a hártyásszárnyúak (*Hymenoptera*) és bogarak (*Coleoptera*) esetében pedig egyáltalán nem volt kimutatható.

Taxon: élőlények egyazon kategóriába sorolt és közös gyűjtőnévvel ellátott csoportja a biológiai rendszertanban.

Egy másik kutatás során szabályozható négy színű (vörös, zöld, kék, fehér) LED fényforrást, valamint csak fehér fényt kibocsátó kereskedelmi LED lámpák fényattraktivitását vizsgálták. Megállapították, hogy az összes vizsgált LED lámpa szignifikánsan kevesebb rovar vonzott, mint a közvilágításban gyakran használt kompakt fénycsövek. Az előző vizsgálattól eltérő (azzal ellentétes) eredményt azzal magyarázták, hogy annak során 4000 K korrelált színhőmérsékletű, „hideg fényű” lámpákat hasonlítottak össze melegebb fényű nagynyomású nátrium lámpákkal.

Egy 2016-os kutatás során a fenti ellentmondásokat 4, kereskedelembe kapható fényforrás („klasszikus” izzó, kompakt fénycső, hideg fehér fényű LED és meleg fehér fényű LED) tesztelésével kísérelték meg kiküszöbölni. Összességében a LED lámpák (mind a hideg fehér, mind a meleg fehér fényűek) kb. 50%-kal kevesebb rovar vonzottak, mint a kompakt fénycsövek, és csak a negyedét annak, mint a klasszikus izzók. A vizsgálatok megerősítették továbbá, hogy a különböző lámpák attraktivitása erősen taxon-függő. A csípős szúnyogok (*Culicidae*) esetében pl. a LED fényforrás kifejezetten kevesebb rovar vonzott, mint az egyéb fényforrások.

Az eddigi vizsgálatok eredményei összességében azt támasztják alá, hogy az előzetes aggodalmak ellenére a LED fényforrásra való áttérés – megfelelő korrelált színhőmérsékletű és spektrális eloszlású LED fényforrás alkalmazása esetén – nem növeli a mesterséges éjszakai világítás által okozott környezeti terhelést. Megfelelő technológia és műszaki megoldások alkalmazásával jelentősen mérsékelhetők a mesterséges megvilágítás állatvilágra gyakorolt káros hatásai, a fényszennyezés komplex hatásainak feltárása azonban a LED megvilágítás esetén is további széleskörű kutatásokat igényel.

5.1.1.2. LED fényforrás közvilágítási alkalmazásának hatása a növényvilágra

A növények napszakhoz kötött aktivitása természetes körülmények között sem független állatok fényhez kötött aktivitásától, hiszen pl. azoknak a növényeknek a diurnális, vagy nokturnális aktivitására, amelyek szaporodásához rovarok közreműködése (pl. beporzás) szükséges vagy elősegítik azt, e rovarok aktivitása hatással van.

Megvilágított élőhelyeken a halovány aszat (*Cirsium oleraceum*) példáján az éjszakai beporzók arányának csökkenését figyelték meg kutatók. E növény virága számos rovarfaj számára vonzó, ezért ez a faj a rovarok által leginkább látogatott növények közé tartozik Európában – éjjel és nappal egyaránt. A kutatók 100 példányt figyeltek meg, amelyeket 5 élőhelyen közvilágításra használt világítási berendezéssel világítottak meg, 5 helyen pedig ugyanezen faj egyedei természetes sötétben álltak. A megvilágított növényeket sokkal ritkábban látogatták a beporzók éjszaka, mint a sötétben lévő növényeket. Az éjszakai fényhatásnak kitett növények esetében a beporzók számának csökkenése hatással volt a szaporodásra: a vizsgált időszak végére átlagosan 13%-kal csökkent a növények egyedenkénti termésszáma. A kutatás 2018-ban megjelent eredménye azt a megállapítást is tartalmazta, hogy a nappali beporzás nem kompenzálja az éjszakai beporzás hiányát (amelynek okát további kutatásokkal szükséges feltárni).

Hasonló eredményre jutottak a kutatók a lengyelországi Bielowieza erdejében élő 3 növényfaj beporzásának vizsgálata kapcsán, ahol szintén megvilágítási kísérlet keretében figyelték meg a beporzó rovarok viselkedésének

és a növények termésképzésének kapcsolatát. Az éjszakai megvilágítás itt is kedvezőtlen hatással volt a termésképzésre, ez azonban a beporzás mellett egyéb, összetett okokra is visszavezethető.

LED-es megvilágítás kifejezetten városokban élő növényekre gyakorolt hatását vizsgálta egy kutatás Berlinben és Brandenburg tartomány városaiban, amely érdekes eredményeket hozott mind a fák levélnövekedésére, mind levélkártévoire vonatkozóan. A kutatás során viszonylag sötétben, valamint fényforrások közelében élő vadgesztenye (*Aesculus hippocastanum*) fákat vizsgáltak. Terepi vizsgálatok alapján és laboratóriumi körülmények között egyaránt kimutatták, hogy az erősen megvilágított (városi) környezet és egy viszonylag enyhébb ősz együttesen elősegíti a vadgesztenye nagyobb levélfelület-növekedését, amely egy további vadgesztenyelevél-aknázómoly (*Cameraria ohridella*) generáció sikeres áttelelésének kedvez. A veszélyeztetett fajok európai vörös listájára felkerült vadgesztenye megvilágított (városi) környezetben tehát még inkább ki van téve e kártevő által jelentett kockázatnak.

Liverpoolban megfigyelték, hogy az utcai lámpák közelében lévő juharfák ősszel hosszabb ideig tartják meg színeződés nélkül a leveleiket, mint a lámpáktól távolabbi, sötétebb helyeken élő fajtársaik.

Megállapítható tehát, hogy a megvilágított faegyedek esetében a nagyobb és hosszabb ideig élő levéltömeg tovább szolgálhat táplálékul a kártevőknek, és így a megvilágított helyeken (általában városokban) egy vegetációs periódusban a kártevők több generációjának van esélye kifejlődni.

5.1.2. A fényszennyezés hatása madarak élettevékenységére

5.1.2.1. Napi aktivitás, alvás és kommunikáció

Egy németországi kutatásban megvizsgálták, hogy van-e különbség az éjszaka kivilágított üzleti negyedben, városi parkban és a természetközeli, sötét erdőben fészkelő fekete rigók (*Turdus merula*) nappali és éjszakai aktivitásában. Az egyedi napi tevékenységet annak az időszaknak a hosszával mérték, amikor egy madár megfigyelhető volt élőhelyén. A természetközeli erdőben fészkelő madarak napi aktivitásának reggeli kezdete és esti befejezése nagyon hasonló fényintenzitás értékek (reggel: $0,0031 \text{ Wm}^{-2}$, este: $0,00403 \text{ Wm}^{-2}$) mellett történt, ami valószínűsíti, hogy napi tevékenységük szabályozásának egyik fontos kulcsingere a hőmérséklet mellett a megvilágítás mértéke. A kutatók kimutatták, hogy városi parkban és az erdőben fészkelők napi tevékenységének időtartama lényegesen nem különbözött egymástól, ugyanakkor a München üzleti negyedében fészkelő fekete rigók napi aktivitásának időszaka átlagosan 49 perccel volt hosszabb, mint az erdőben fészkelőké és 34 perccel a városi parkban élőkénél. A legnagyobb különbséget márciusban (62 perc), a költési időszak kezdetén tapasztalták, áprilisban és májusban a különbség csökkent (17 perc és 6 perc).

A fényszennyezés az odúköltő széncinegékénél is csökkentette az alvásra fordított időt, különösen a hajnali órákban. Mesterségesen megvilágított (LED; $1,6 \text{ lx}$) odúbelső esetén az odúban éjszakázó madarak korábban ébredtek, 5%-kal kevesebbet aludtak és előbb elhagyták odújukat, mint sötétben alvó társaik. Ugyanakkor több időt töltöttek el az odú bejáratánál, mert az odú belsejének fénye és a kinti (természetes) fény nem volt szinkronban. Ezt megfigyelték utcai lámpák közelében fészkelő széncinegékénél is. A tojók mesterséges megvilágítás esetén az éjszaka nagyobb hányadát töltötték ébren. A fény nem befolyásolta a madarak esti elalvását, bár megvilágítás esetén több idő telt az odúba történő belépés és az elalvás között.

Az énekesmadarak egyik legfontosabb kommunikációs formája az akusztikus információcsere. A hangot adó egyed célja megváltoztatni a hangot felfogó egyed viselkedését úgy, hogy az a hangot kibocsátó egyed számára hasznos legyen a túlélés és/vagy a szaporodás szempontjából. „Énekelni” általában a hím énekesmadarak szoktak, egyrészt azért, hogy magukhoz vonzzák a tojókat, másrészt azért, hogy távol tartsák a rivális hímekeket teritóriumuktól és párjuktól. Egy németországi vizsgálatban öt, lomberdőkben

fészkelő gyakori énekesmadár faj: csilcspfüzike (*Phylloscopus collybita*), kék cinege (*Cyanistes caeruleus*), széncinege (*Parus major*), fekete rigó, és vörösbegy (*Erithacus rubecula*) hímjeinek énekét vizsgálták fészkelőhelyük megvilágításának függvényében. A fényforrások egész éjszaka világító utcai, nagynyomású nátriumlámpák voltak, amelyek fényintenzitását digitális fényerősségmérővel mérték a talaj szintjén az erdő szegélyétől az erdő belseje felé haladva. A mesterséges fény mennyisége exponenciálisan csökkent a lámpáktól az erdő belseje felé és a fényforrástól 50 méterre már nem volt észlelhető. A csilcspfüzike kivételével négy madárfaj éjszaka világító utcai lámpák közelében fészkelő hímjei lényegesen korábban kezdtek el énekelni, mint a távolabb fészkelők. Ebben a vizsgálatban a vizsgált erdők zajmentesek voltak, ezért egyértelműen kizárható volt a zajszenyezés hatása, bár amerikai vizsgálatok szerint a nappali erős zaj nagyobb hatással lehet az éneklésre, mint a fényszennyezés. Az éneklés kezdésének nagymértékű korábbra tolódása azoknál a fajoknál volt jellemző, amelyek természetes módon a napfelkelte előtt, a kora hajnali órákban énekelnek, mint pl. a vörösbegy és a fekete rigó. Az erdei pintynél (*Fringilla coelebs*) ugyanakkor egyáltalán nem mutatható ki a fényszennyezés énekkezdesre gyakorolt hatása. Egy angliai vizsgálatban a városi környezetben fészkelő vörösbegy területvédő éneklése és agresszivitása az éjszakai fény hatására csökkent a sötét helyeken fészkelőkéhez képest.

A fényszennyezés szezonális hatása a madarak ének aktivitására szintén fajfüggő. A mesterséges éjszakai megvilágítású helyszíneken az énekes rigó (*T. philomelos*) és az erdei pinty kivételével mindegyik vizsgált madárfaj előbb kezdett énekelni hajnalban és szürkületkor a januártól áprilisig tartó időszakban. Az énekes rigó a hajnali éneklést később kezdte el a megvilágított élőhelyeken, mint a sötét helyeken, aminek az lehet az oka, hogy a fekete rigóval ellentétben az emberi zavarásnak kevésbé kitett erdei fészkelőhelyeket kedveli és csak később kezdett elfoglalni megvilágított, városi élőhelyeket.

A korábbi és hosszabban tartó éneklés előnyös lehet a hímek számára, hiszen ezzel a tojókat nagyobb eséllyel tudják magukhoz vonzani, előbb állhatnak párba és hatékonyabban elriaszthatják a rivális hímeket. A korai éneklés ugyanakkor hátrányokkal is járhat: a hím madarak jobban felhívják magukra a ragadozók figyelmét és a hosszabb éneklés nagyobb energiafelhasználással jár.

5.1.2.2. Költőterület- és párválasztás, költés

Az erdő szegélyében, éjszaka világító utcai lámpák közelében fészkelő kék cinegék tojói koruktól függetlenül átlagosan 1,5 nappal korábban rakták le első tojásaikat, mint az erdő belsejében, sötét helyen fészkelők. Ez nem csak a szegélyhatás következménye, mert az első tojás lerakásának ideje exponenciálisan csökkent az erdő belső területeitől a fényforrás felé közeledve. A tojás lerakásának idejét ugyan a tojók életkora is befolyásolja, de a megvilágított területeken sem foglal nagyobb arányban adult madár territóriumot, mint a sötét élőhelyeken, így a fényszennyezés tojásrakásra gyakorolt hatása egyértelműen kimutatható. A korábbi tojásrakás negatív következménye lehet, hogy a fiókák kikelése nem lesz szinkronban a táplálékforrások bőségével, vagyis korábban lesz szüksége a madárnak nagy mennyiségű táplálékra, mint amikor a táplálékot jelentő rovarpopulációk nagy egyedszámú időszaka (pl. lepkehernyók kelési periódusa) esik.

Megvizsgálták a fény spektrális hatását a széncinege és a kormos légykapó (*Ficedula hypoleuca*) költésénél, és a fényszennyezés hatását a fészkelés fenológiájában elsősorban a fehér és a zöld fények esetében igazolták. A vörös fény tojásrakás idejére gyakorolt hatását nem tudták kimutatni annak ellenére, hogy vörös fény elősegíti az ivarmirigyek növekedését. További vizsgálatokra van szükség, hogy a fény, a hőmérséklet és egyéb környezeti tényezők interaktív költésfenológiai szerepét tisztázzák. Egy hollandiai vizsgálatban megfigyelt 115 madárfaj közül csak 5 gyakori madárfaj (fekete rigó, őszapó /*Aegithalos caudatus*/, sárgafejű királyka /*Regulus regulus*/, fitisz-füzike /*Ph. trochilus*/, széncinege) esetében tapasztalták, hogy az éj-

szaka megvilágított területeken élő populációk egyedszáma szignifikánsan növekedett évről évre, míg a sötét élőhelyeken élő költőállományok éves egyedszáma lényegesen nem változott.

A fényszennyezés hatással van a madarak párválasztására. Az erdő szegélyében, az utcai lámpákhoz közel fészkelő hím madaraknak kétszer olyan nagy esélyük volt párjukon kívül egy másik tojóval is párosodni, mint az erdő belsejében vagy nagyobb sűrűségben fészkelő hím társaiknak. Ez a jelenség sem csak a szegélyhatás számlájára írható, mert a sötét szegélyekben fészkelő hímek nem voltak sikeresebbek a páron kívüli párzásban a belső területeken fészkelő hím társaiknál. A hímek páron kívüli párzásban mutatott sikeressége exponenciálisan csökkent a lámpáktól mért távolság függvényében. A megvilágított területen már párba állt tojók a korábban éneklő hímek hatására a kora reggeli órákban elhagyták fészkeiket, hogy a korábban éneklő hímekkel párosodjanak. A mesterséges megvilágítás az idősebb és a fiatal hímek páron kívüli párzásának sikerességét is növeli, de a fiatalok esetében ez a hatás lényegesen nagyobb. A sötét helyen fészkelő fiatal hímek általában nem választanak egy újabb párt, de ha a territóriumot megvilágították, akkor ugyanúgy párosodtak még egy tojóval, mint a sötét helyen fészkelő öreg hímek. Ez arra is utalhat, hogy a megvilágított helyeket foglalják el a domináns hímek, de ezt az eddigi kutatások nem támasztották alá, ugyanis a megvilágított fészkelőhelyek hímjei nem voltak idősebbek, nagyobb méretűek, jobb kondíciójúak, mint a sötét helyen fészkelő társaik. A fényszennyezett területeken fészkelő hímek nagyobb sikerességét a páron kívüli párzásban valószínűleg a korábban elkezdett énekük eredményezte, hisz ez nagyobb vonzerőt jelenthetett a tojók számára. A fényszennyezés a hímek korábban kezdett éneklésén keresztül megváltoztatja a tojó párválasztási stratégiájának eredményét, de ez ugyanakkor nem jelent nagyobb alkalmazkodó képességet a tojó számára.

5.1.2.3. Tájékozódás és vonulás

A fényszennyezés vonuló madarakra gyakorolt hatása térben és időben változó mértékű, illetve eltérő következményekkel járó jelenség. Ősszel több madár vonul, mint tavasszal, ilyenkor a fiatal, tapasztalatlan madarak nagyobb veszélynek vannak kitéve, különösen a városi környezetben. Ugyanakkor a tavasszal előforduló madárpusztulások, orientációs zavarok közvetlenül lehetnek nagyobb negatív hatással a fészkelési viszonyokra. Több madárfaj őszi és tavaszi vonulási útvonala eltérő (hurokvonulás), ezért a fényszennyezési kitettség is más lehet a különböző vonulási időszakokban. A vonulási útvonal hossza fontos tényező a fényszennyezés szempontjából, ugyanis a rövid távú vonulók, melyek a Földközi-tenger partvidékén telelnek (pl. vörösbegy), veszélyeztetettebbek lehetnek a hosszú távú vonulókhöz és az Afrikában, a Szaharától délre telelőkhöz (pl. füsti fecske) képest, mert sokkal több ideig tartózkodnak éjszaka kivilágított területeken.

A telelést sikeresen túlélő madarak tavasszal visszavonulnak költőterületükre. A madarak nagy része, elsősorban a kisebb testű, hosszú távú vonulók éjszaka vonulnak nagy csapatokban, hogy így is csökkentsék a predációs kockázatot. Ehhez azonban jól kell tájékozódniuk a sötétben, hogy követni tudják a genetikailag kódolt, megfelelő vonulási irányt és biztonságban elérjék céljukat. Ebben nagy segítségükre vannak a csillagok, mert a madarak tanulás révén képesek megállapítani a csillagos égbolt látszólagos forgási középpontját, az északi irányt. Ha a madarak nem észlelik a csillagokat, mert azok természetes fényét a mesterséges fényforrások erősebb fénye elnyomja, akkor nehezebben tartják a telelőterületre/költőterületre vezető vonulási irányt. A Holdról visszaverődő fény is segíti a madarak tájékozódását. Az éjszaka vonuló vörösbegyek eltévedhetnek, ha nem látják a Holdat, azonban radarvizsgálatok bebizonyították, hogy az éjszaka vonuló madarak felhős, borús időben is vonulnak, amikor a csillagokat és a Holdat nem láthatják. Ilyenkor egyéb szerveik segítségével – ma még nem teljesen tisztázott módon –, érzékelik a Föld mágneses erőterét és a mágneses erővonalak vízszintestől való lehajlásának szögét. A tájékozódás e módjára

nak előnye, hogy a mágneses erővonalak nem változnak a napszakoktól és az évszakoktól függően. Ezért a vonulás során a madarak gyorsan, egy-két nap alatt tudnak akklimatizálódni az újabb és újabb földrajzi helyek mágnesességének irányához és intenzitásához. Ezt a gyors adaptációt megzavarhatják a vonulás közbeni pihenőhelyek mesterséges fényforrásai, különösen, ha alacsony intenzitású vörös, hosszú hullámhosszú vagy fehér fényt bocsátanak ki. Ilyenkor a madarak az égitesteket is kevésbé látják és a Föld mágnesességén alapuló tájékozódásuk is romlik.

Az éjjeli égbolt mesterséges fénnel történő szennyezése, az égbolt háttérfényességének megnövekedése gyakran vezet vonuló madarak tömeges eltévedéséhez, a hosszú távú repüléshez szükséges energiaraktáruk kimerüléséhez, végül nagyszámú pusztulásukhoz. Különösen gyakori ez világvárosok, mint pl. New York területén épített magas, megvilágított toronyházak esetén. Énekesmadarak, kakukkfélék és amerikai vörös vércse is volt a megvilágított toronyházak által átmenetileg „csapdába ejtett” madarak között. A mesterséges fényt összetéveszthetik a hajnali világossággal, ami leszállásra kényszeríti őket olyan városi területeken, ökológiai csapdáknak, ahol nem találnak megfelelő és elegendő táplálékot ahhoz, hogy a repüléshez energiát biztosító zsírt halmozzanak fel vonulásuk folytatáshoz. Szélsőséges esetben éhen is pusztulhatnak. Az erős fény a madarak látását is megzavarhatja és ennek következtében tömegesen ütközhetnek az épületek ablakainak. Észak-amerikai adatok szerint évente kb. 4–5 millió madár pusztul el épületnek ütközés következtében.

A korábbi tapasztalatokat megerősítő eredményekkel szolgált a fény spektrális hatásainak az Északi-tenger partvidékén vonuló madarakra (sirályok, récék, ragadozó madarak, parti madarak, énekesmadarak stb.) gyakorolt hatásainak célzott vizsgálata. Megállapították, hogy a vörös és a fehér fény zavarja a madarak tájékozódását és csapdába ejtheti azokat, különösen felhős éjszakákon. A kék és zöld, rövidebb hullámhosszú vagy nem a látható tartományba tartozó hullámhosszúságú sugarak viszont nem jelentenek komoly problémát a madárvonulás és orientáció szempontjából.

A fényszennyezés csökkentheti a madarak vonulási aktivitását, növelheti a nem vonuló madarak arányát egy adott populációban. A városok éjszakai megvilágítása a mérsékelt éghajlati öv téli hónapjaiban elősegítheti a hosszabb ideig történő táplálkozást, ezért a ruderalis környezetben fészkelő vörösbegyek, fekete rigók a városokba húzódnak a vonulás helyett. A megvilágítás azonban nem csak városokban hat a madarak vonulására: megvilágított erdőben áttelel a fekete rigó – ellentétben a sötét kontroll területekkel. A vörösbegy is előbb, már januárban visszatér a megvilágított erdőbe, mint a sötét erdei fészkelőhelyre. A rezidens és korábban visszaérkező madarak előnyben vannak a jobb territóriumok elfoglalásában a később érkezőkkel szemben.

5.1.3. A fényszennyezés denevérvédelmi célú kiküszöbölésének alapvető szempontjai, az ezzel összefüggő tevékenységek és eredmények az Aggteleki Nemzeti Park Igazgatóság működési területén

A Magyarországon kivétel nélkül kiemelt természetvédelmi oltalom alatt álló, éjszakai életmódú denevérekre, amelyek természetes körülmények között még a holdfázisok okozta fényintenzitás-változásra is érzékenyen reagálnak, rendkívül erős hatással van a mesterséges éjszakai megvilágítás. Az ebből adódó fényszennyezésnek a denevérek viselkedésére, egyedfejlődésére, valamint a denevérközösségekre gyakorolt hatásai ma már viszonylag jól ismertek, csakúgy, mint a tágabb ökológiai vonatkozások, amelyek pl. rovarközösségek átalakulásán vagy élőhely foltok egymástól való elszigetelésén keresztül érhetők tetten.

A fentiek alapján látható, hogy csupán egy fajcsoport, a denevérek oldaláról megközelítve is mennyire összetett a problémakör. A tapasztalatok szerint kifejezetten nehéz a hatékony védelmi intézkedések kiválasztása, ráadásul a sok érintett érdekcsoport miatt ezek végrehajtása rendszerint igen hosszas előkészítés után kezdhető meg. E komplex kérdéskört a közel-

múltban hazai és nemzetközi szinten is alaposan feldolgozták, részletesen áttekintve a mesterséges éjszakai megvilágítás, illetve a fényszennyezés denevérekre gyakorolt hatásait, továbbá az általános védelmi stratégiákat. Ezek ismertetése meghaladja az esettanulmány kereteit, ezért a következőkben bemutatott intézkedések és példák értelmezéséhez javasolt [a Magyar Madártani és Természetvédelmi Egyesület honlapján szabadon elérhető összefoglaló anyag](#) tanulmányozása.

A legfontosabb, tudományos eredményekkel alátámasztott tény, amit minden körülmények között figyelembe kell venni, hogy **a denevérek számára a legkedvezőbb állapot a teljes sötétség**, ezért **„denevérszemleges”,** hovatovább **„denevérbarát” mesterséges megvilágítás nem létezik.** A mesterséges világítás a denevérek minden éjszakai aktivitására – még a legkisebb intenzitás mellett is – hatással van. Általánosságban ezért a mesterséges éjszakai megvilágítás minimalizálására kell törekedni: csak ott, akkor és olyan mértékű világítás legyen, amely feltétlenül szükséges.

Jelentősebb épületlakó denevérrakományok esetében konkrét „igények” is megfogalmazhatók: a szállásfoglalási és szaporodási időszakban (ideális esetben **április 1. és szeptember 30. között**, de legalább **április 15. és szeptember 1. között**) teljes mértékben ki kell küszöbölni a denevér-menedékhelyek direkt megvilágítását. A denevérek megtelepedéséhez és ott-tartózkodásához megfelelő adottságokkal rendelkező épületek (főként toronnyal, nagyméretű, sötét padlással rendelkező templomok, kastélyok, kúriák, régi magtárak tartozhatnak ebbe a körbe) száma intenzíven csökken, ezért az ismert denevérszállások megvilágításának megelőzése, visszaszorítása az egyik legfontosabb denevérvédelmi feladat. Ugyanez érvényes a fontosabb táplálkozóhelyekre (pl. tavak, vízfolyások, parkok), valamint a denevérek közlekedési útvonalaira, az általuk használt ökológiai folyosókra.

A tapasztalatok szerint a megvilágítás időtartamának lerövidítése a *denevér szálláshelyek* esetében csak kis mértékben csökkenti a negatív hatásokat, így ez nem tekinthető hatékony intézkedésnek. Természetesen egy napnyugtát követő, rövid ideig tartó megvilágítás kevésbé kedvezőtlen, mint az egész éjszakán át tartó megvilágítás. Ha azonban sikerül elérni, hogy denevérek *táplálkozóhelyei és közlekedési útvonalai* legalább az éjszaka egy részében sötétben maradjanak, ez jelentősen hozzájárul állományaik megőrzéséhez, fennmaradásához.

Fontos, hogy **a megvilágítás intenzitásának csökkentése nem járul hozzá érdemben a denevérállományok megőrzéséhez**, számukra ugyanis még az ember által érzékelhetetlen mértékű fényintenzitás is zavaró.

Denevérvédelmi szempontból a jellemzően 540 nm alatti hullámhossz tartományban sugárzó „hideg fehér” színű fényforrások a legkedvezőtlenebbek: amellet, hogy tömegével ejtik csapdába a rovarokat, hatásuk még riasztóbb az UV-tartományban is érzékelő denevérekre. Súlyosbítja a helyzetet, hogy a „kék” hullámhossz-tartományba eső spektrum sokkal jobban szóródik a légkörben, így e fényforrások alkalmazásakor a nem megfelelően ernyőzött és/vagy rögzített világítási berendezések, világítótestek sokkal nagyobb fényszennyezést okoznak.

A legérzékenyebb denevérfajok (pl. a patkósdenevérek) a fényt általánosságban nagyon zavaró hatásának tekintik, ezért megőrzésük szempontjából kulcskérdés a fényszennyezés általános csökkentése a világítás megfelelő irányításával (a térbeli meg nem felelés kiküszöbölésével), pl. ernyőzéssel.

Hazánkban a denevérek novembertől márciusig jórészt nyugalmi állapotban vannak (telelnék), így az aktív időszakban indokolt védelmi intézkedésekre (pl. ellőhelyek direkt megvilágításának szüneteltetésére) ebben az időszakban nincsen szükség.

Magyarországon a fényszennyezés káros hatásai elleni fellépés keretében kifejezetten a denevérek védelme érdekében ez idáig kevés intézkedés történt annak ellenére, hogy számos jelentős épületlakó denevérrakomány közvetlenül is veszélyeztetett. Az érdemi védelmi intézkedések elősegítése érdekében a következőkben az Aggteleki Nemzeti Park Igazgatóság (ANPI)

általános denevérvédelmi tevékenysége, valamint a „Kipusztulással veszélyeztetett Natura 2000 jelölő denevérfajok in-situ megőrzését szolgáló gyakorlati védelmi beavatkozások az ANPI működési területén” című, KEHOP-4.1.0-15-2016-00061 azonosító számú projekt megvalósítása során szerzett tapasztalatok alapján mutatunk be néhány – reményeink szerint máshol is hasznosítható – példát.

Az ANPI részben a denevérek védelme érdekében kötött együttműködési megállapodásokkal, részben hatósági eljárásokban való közreműködéssel ért el eredményeket e téren.

Fontos előzmény – és követendő gyakorlat –, hogy az ANPI közel két évtizede tájékoztatja a jelentősebb denevérrőlrendelkező épületek tulajdonosait, kezelőit arról, hogy az adott épületben mit lehet és szükséges tenni a védett fajok megőrzése érdekében, vagy éppen mi az, ami kerülendő. A mesterséges megvilágítás kérdése 2006-ban került bele először a tájékoztatásokba, illetve az érintett egyházközségekkal kötött megállapodásokba a következő módon: „Az épület kezelője minden olyan beavatkozásról, amely hatással van a védett és a fokozottan védett fajokból álló állományra, előzetesen tájékoztatást ad az ANPI részére. Az épületek tervezett renoválási, átépítési munkálatait, illetve az épület éjszakai kivilágítását a tevékenységek megkezdése előtt az Igazgatósággal egyeztetni. Az állomány megőrzése érdekében szakmailag indokolt korlátozást elfogadja.”. Ebben az időszakban kezdődött a díszvilágítások denevérekre gyakorolt hatásainak intenzív vizsgálata és e hatások kiküszöbölése lehetőségeinek feltárása, így 2008-tól már kutatási eredmények alapján meghatározott korlátozási időszakok is szerepelnek a megállapodásokban: „Az épület kezelője a templom éjszakai díszvilágítását április 15. és szeptember 15. között szünetelteti.”. Fontos megjegyezni, hogy ez az eljárás csak azokban az esetekben működött, amikor a díszvilágítás áramellátása a gyülekezet hatáskörébe tartozott. Közvilágítási rendszerről táplált díszvilágítással rendelkező épület esetében az önkormányzat együttműködésére (kérelmére) volt szükség ahhoz, hogy a szolgáltató kiiktassa a világítást.

A denevérek által lakott, használt épületek felújításakor mindig fokozott körültekintéssel kell eljárni, s ennek keretében védett faj(ok) jelenlétére való hivatkozással szinte minden esetben indokolt természetvédelmi engedélyeztetési eljárás lefolytatása, amely során ki kell térni a direkt megvilágítás (okozta fényszennyezés) kérdésére is. Az ANPI működési területén a közelmúltban felújított, jelentős denevérszállásnak minősülő épületek esetében a kiadott engedélyekben – többek között – a következő feltétel szerepelt: „Az épület éjjeli díszvilágítása tilos; az épület külső világítást csak abban az esetben kaphat, ha a világítás április 15. és szeptember 30. között szünetel.”. Az elmúlt évek tapasztalatai alapján a denevérek – különösen a patkósdenevérek – egyre tovább maradnak nyári szálláshelyeiken, ami valószínűleg az éghajlat változásának a következménye. Ennek megfelelően indokoltá vált a világításmentes időszak 2 héttel történő meghosszabbítása.

Az említett denevérvédelmi célú KEHOP projekt egyik speciális eleme volt a fényszennyezés káros hatásainak csökkentése a denevérszállásokon, valamint csillagoségbolt-park kialakításának elősegítése az Aggteleki Nemzeti Park területén. Ennek keretében a denevérrőlközösségeket érő fényszennyezés feltérképezésére, a vonatkozó szabályozás szakmai megalapozására, a zavaró díszvilágítások átalakítására, esetleges időszakai kiiktatására irányuló tevékenységekre kerül(t) sor. Templomok díszvilágítása kapcsán együttműködési megállapodások jöttek létre az érintett református gyülekezetekkel, illetve a római és görög katolikus egyházközségek képviselőjét ellátó Egri Érsekséggel és Miskolci Egyházmegyével. Az együttműködési megállapodások írásban rögzített egyik célja volt „az épületlakó denevérfajok megőrzésén, illetve a fényszennyezés csökkentésén keresztül segíteni a bioszféra jó állapotának (pl. biodiverzitásának) és működőképességének megőrzését”. A végrehajtás elősegítésére denevérvédelmi tervek készültek, amelyeknek világítástechnikai értékelés és beavatkozási javaslatok is részét képezték. Egyes esetekben a természetmegőrzési szempontból kedvező(bb)

műszaki megoldások megvalósításához szükséges eszközöket (pl. időkapcsolók) is biztosította az ANPI.

A beavatkozási javaslatok kidolgozása során szerzett fontos tapasztalat, hogy a fényszennyezés okozta konfliktushelyzetek többségének kezelése a közvilágítási rendszer érintettsége miatt igen bonyolult előkészítést kíván. Ezzel a kérdéskörrel részletesebben foglalkozunk annak valószínűsíthetően általános előfordulása és gyakorlati vonatkozásai miatt. Fontos megjegyezni, hogy az ismertetett két alapeset – (A), (B) – és az ezekhez tartozó megoldási lehetőségek leírása az ANPI működési területén illetékes közműszolgáltató(k) tájékoztatása alapján készült, így elképzelhető, hogy az abban foglaltak az ország más részein csak módosításokkal vehetők figyelembe!

(A) A közműszolgáltató társaság elosztói üzletszabályzata szerint a közvilágítási szolgáltatás a díszvilágításokat (pl. denevér-lakta műemlék templomok megvilágítását) általában nem tartalmazza. Ennek megfelelően a templomokat megvilágító, kizárólagosan díszvilágítási célú világítási berendezések a közvilágítási hálózatról leválaszthatók, és azok táplálása az épület áramellátását biztosító fogyasztói tulajdonú mért hálózatról biztosítható. Ily módon a díszvilágítás működésének időtartama a természetmegőrzési és egyéb szempontok (pl. egyházi ünnepek) figyelembevételével, a megfelelő műszaki megoldás (pl. programozható időkapcsoló) alkalmazásával módosíthatóvá, vezérelhetővé válik. A felhasznált energia pontos elszámolása az épület mért hálózatán történik. Az élet és vagyon védelme érdekében az elosztói tulajdonban lévő közcélú tartószerkezeten lévő világítótesteket azonban saját, fogyasztói tulajdonú tartószerkezetekre kell áthelyezni. A műszaki megvalósítást követően módosítani kell a hálózathasználati szerződést, mert a település közvilágítási elszámolási teljesítménye csökken a leválasztott díszvilágítási lámpatest(ek) teljesítményével.

(B) A díszvilágítás világítótesteinek energiaellátása továbbra is a közvilágítási hálózatról történik, az egyedi programozás lehetőségét a közvilágítási hálózatba építik be. A közvilágítás működési idejétől (égésidő) eltérő égés-idejű lámpatestek pontos energia elszámolása érdekében ekkor az adott település közvilágítását ellátó valamennyi transzformátor-körzetben szükséges mérés kiépítése.

Mindkét megoldás esetén a közvilágítási tevékenységet ellátó, közvilágítási villamos energia díjat megfizető személy (jellemzően a települési önkormányzat) hozzájáruló nyilatkozata szükséges.

A fentiek minden kétséget kizáróan rámutatnak arra, hogy az élővilág, és ezen belül a denevérállományok jó állapotban történő megőrzése igen összetett feladathalmaz, s a mesterséges éjszakai megvilágítás és a fényszennyezés csökkentésére irányuló erőfeszítések ennek csupán egy kisebb, de igen fontos részhalmazát képezik: „What if we woke up one morning and realize that we missed half of the story in our conservation efforts, namely the night part?” (Catherine Rich & Travis Longcore, 2004).

5.1.4. Hidak világítása okozta fényszennyezés – a dunavirág (*Ephoron virgo*) kérészfajt érintő kettős ökológiai csapda

A védett dunavirág (*Ephoron virgo*) tömegrajzása közel 40 év óta 2012-ben volt észlelhető a budapesti Duna-szakaszon, ami a kivilágított hidakon együtt járt a kérészfaj egyedeinek tömeges pusztulásával (5.4. ábra). A jelentős természetvédelmi kárt okozó (részben poláros fényszennyezés okozta) jelenség ökológiai hátterének föltárására és a dunavirág polarizációérzékelésének megismerésére az ELTE TTK Biológiai Intézete, valamint Biológiai Fizika Tanszéke, továbbá az Ökológiai Kutatóközpont, Duna-kutató Intézet munkatársai helyszíni megfigyeléseket, választásos terpekísérleteket és képpalkotó polarimetriai méréseket végeztek.

A dunavirág sötétedés utáni rajzásakor az első nimfa – imágó átalakulások



5.1. kép. Ebben a 75 W-os HPS fényvetőkkel megvilágított műemlék templomban a kis patkósdenevér (*Rhinolophus hipposideros*) értékes állománya él.



5.2. kép. A díszvilágítás olykor nem csak állatokra, hanem emberekre is veszélyt jelenthet...



5.3. kép. Műemlék templom 4 db 250 W-os CMS fényvetővel előidézett túlvilágítása jelentős fényszennyezést eredményez.

után 30–60 perccel a nőtények laza szerkezetű rajokba szerveződve megkezdik **kompenzációs repülésüket** a Duna középvonala fölött, a folyásiránnyal szemben. Természetes viszonyok között a dunavirágok nem közelítik meg a partot, azonban a parton lévő mesterséges fényforrások erőteljes vonzó hatása miatt elhagyva a folyó középvonalát a partra repülnek és az ottani lámpák körül rajzanak a pusztulásukig. A kérészek e reakcióját pozitív fototaxisuk okozza, amit akár egy gyengébb fényű kézilámpával is ki lehet váltani.

A dunavirághoz hasonló életmódot folytató és vele azonos élőhelyen is élő, de napnyugta előtt rajzó tiszavirág (*Palingenia longicauda*) nőtényeinek kompenzációs repülését is a folyófelszín vízszintesen poláros jele vezérli. A dunavirág víz fölötti rajzásában és folyó fölötti kompenzációs repülésének irányításában is fontos szerepe van a **pozitív polarotaxisnak**. A kompenzációs repülést végző nőtény dunavirág egyedek útjába eső intenzív mesterséges fényforrások a vízfelület által kiváltott pozitív polarotaxist elnyomva magukhoz vonzották e rovarokat. Ugyanakkor e fototaxis nem nyomta el teljesen a vízfelszínről visszavert vízszintesen poláros fény által a dunavirágokban kiváltott polarotaxist, mert leginkább a folyó közeli/fölötti mesterséges fényforrások közelében találhatók a kérésztömegek. A hídon futó, s a lámpák fénye által megvilágított aszfaltútra tojást rakó nagyszámú nőtény jelentős hányada nem csak a lámpák fénykörében szállt le, hanem távolabb is. Ezekre nyilván nem a fototaxis hat, hanem aktívan szállnak az út kisebb fényintenzitású, de erősen és vízszintesen poláros fényt visszaverő részeire. Ily módon tehát a dunavirág hídnál megfigyelt tömegrajzásában a domináns fototaxis mellett fontos szerepet játszik az alárendelt polarotaxis is. A **pozitív fototaxis** eredményezi e kérészek hídlámpákhoz való tömeges vonzódását, a pozitív polarotaxis pedig az aszfaltútra való leszállást és tojásrakást, ami egy foto- és polarotaktikus ökológiai csapda kialakulását eredményezi.

A naplemente idején, de még világosban rajzó tiszavirág és az éjjel rajzó dunavirág hidaknál tapasztalt viselkedését összehasonlítva megállapítható, hogy mindkét kérészfaj esetében egy (kivilágított) híd megállítja a nőtények kompenzációs repülését, ugyanakkor a föltorlódott kérésztömeg a tiszavirág esetében a vízfelszínről visszavert folytonos vízszintesen poláros optikai jel megszakadása miatt a híd előtti folyószakasz fölött, míg a dunavirágnál a közúti lámpák erős fényintenzitásának vonzó hatása miatt a híd fölött alakul ki. Ily módon a híd előtt föltorlódó tiszavirág nőtények végül a vízbe hullva a vízbe rakják tojásaikat, míg a dunavirág a hídlámpák fénycsapdjába került nőtényei a tojásaikkal együtt a híd aszfaltútjára hullanak. A tojászsomók kiszáradás miatti elpusztulásával az utódgeneráció is károsodik, így a dunavirág foto- és polarotaxisán alapuló ökológiai csapda ala-

Kompenzációs repülés: áramló vizekből kirajzó kérésznőtények folyásiránnyal szembeni repülése, amely a vízbe rakott peték ülepedés közbeni elsodródását ellensúlyozza.

Pozitív polarotaxis: polarizációérzékeny állatok poláros fény felé történő helyváltoztató ingermozgása.

Pozitív fototaxis: fényérzékeny élőlények fény felé történő helyváltoztató ingermozgása.



5.4. ábra. (A-D) A védett *Ephoron virgo* (dunavirág) éjszakai tömegrajzása a Dunán átvélő hídon Tahitótfalunál. (A) A rajzás során a híd alatti folyószakasz partjáról megfigyelhető volt, hogy a kompenzációs repülésben résztvevő nőtény kérészek fölrepültek a hídra. (B) A híd fölé érő nőtények egy része leszállt tojást rakni a hídon futó aszfaltútra, míg a többi kérész az utat megvilágító lámpáknál kialakuló tízezres rajokhoz csatlakozott. (C) A dunavirág tömegrajzásának előrehaladtával a tojásrakó nőtények egyre nagyobb tömegben borították be a híd aszfaltútját. Az úton nagy kiterjedésű foltokat alkottak a már elpusztult és a még tojást rakó egyedekből álló kérésztömegek. (D) Az aszfaltfelszínen látszó fehér kérésztömegben jól fölismerhetők a sárga tojászsomók is, amelyek egyenként több ezer tojásból állnak.

kul ki.

A dunavirág egyedek tömeges pusztulása a természetvédelmi kár mellett veszélyes helyzetek kialakulásával is járhat. A kérésztömeg megjelenése miatt romlanak a látási viszonyok a hidakon, miközben a rovartetemek miatt csúszóssá, balesetveszélyessé válhat az aszfalt útburkolat. Az elpusztult kérészeket fogyasztó patkányok megjelenése közegészségügyi szempontból jelenthet veszélyt. Mindezek alapján megállapítható, hogy több ok miatt is fontos csökkenteni a kialakult ökológiai csapda károkozását.

E kettős ökológiai csapda káros hatásainak mérséklésére a szerzők „kérészvédő fénysorompót” fejlesztettek ki, amelynek első példánya 2019. április 24-én a tahitótfalui Tildy Zoltán Kis-Duna hídra lett telepítve és ugyanezen év nyarán kezdte meg működését (5.5. ábra). A „kérészvédő fénysorompó” a vízfelszín és a híd járófelülete közé (nem az aszfalt burkolatú út fölé) helyezett kék fényű LED lámpákat jelent, amelyek hullámhossza a híd fehér vagy borostyánszínű közvilágítási lámpáinál erősebb vonzó hatást fejt ki a kérészekre, a vízfelszín fölött tartva a kérésztömeg jelentős hányadát.



5.5. ábra. A „kérészvédő fénysorompó” működése Tahitótfalunál.

5.2. Csillagoségbolt-parkok

A Nemzetközi Sötét Égbolt Társaság ([International Dark-Sky Association](#), IDA) 2001-ben indította el nemzetközi csillagoségbolt-park programját, de az első csillagoségbolt-park kijelölésére évekkel később került sor: 2007-ben avatták az első csillagos-égbolt parkot és rezervátumot. Magyarországon már 2005-ben megfogalmazódott szándék csillagoségbolt-park jelölésére, az előkészítési folyamatban 2006-ban történtek meg az első lépések.

A csillagoségbolt-parkok feltételrendszere a program indulása óta többször változott, de az alapok megmaradtak: a felterjesztendő helyszínnek „kiváló égbolttal” kell rendelkeznie, amit mérésekkel is igazolni kell. Hosszú időn keresztül arany-ezüst-bronz kategóriákba sorolták a helyszíneket az égbolt minősége szerint, de az utóbbi időkben nyilvánvalóvá vált a besorolás esetlegessége. Természetes folyamatok miatt is jelentősen változik az éjszakai égbolt fényessége, ezért nincs értelme az ezüst és arany kategória közötti határnak.

A kijelölendő és kijelölt helyszíneknek mintát kell mutatniuk a világítás terén (is). Szigorú helyi szabályozásra van szükség – csak a teljesen ernyőzött (azaz a horizont síkja fölé egyáltalán nem világító) lámpatestek alkalmazhatók, és újabban az IDA ajánlái a színhőmérsékletet is 3000 K-ben maximálják. A felterjesztéskor a területen meglévő – világítási leltárral felsorolt – lámpatestek jelentős részének meg kell felelnie ezeknek a feltételeknek, és vállalni kell a fennmaradó berendezések pár éven belüli cseréjét, eltávolítását. Amennyiben a megfelelés nem kielégítő, csak feltételes minősítést kaphat a jelölt terület.

A csillagoségbolt-parkoknak fontos szerepet kell játszaniuk a szemléletformálásban. Rendszeresen kell a sötét égbolthoz kapcsolódó programokat, bemutatókat tartani. Alapvető követelmény, hogy éjszaka is látogathatónak kell lennie a területnek vagy egy bemutatásra, az égbolt megfigyelésére alkalmas részének.

5.2.1. A Zselici Csillagoségbolt-park

A Zselici Tájvédelmi Körzet (területe) a skóciai Galloway Parkkal egy időben nyerte el a nemzetközi csillagoségbolt-park címet 2009. november 16-án. Magyarország úttörő szerepét jelzi, hogy a Zselici Csillagoségbolt-park (kontinentális) európai elsőségén kívül azzal is büszkélkedhet, hogy a Földön az ötödik ilyen címmel rendelkező helyszín!

A hazai „csillagoségbolt-park program” kezdete egy fényszennyezésről szóló konferenciához köthető; 2006 szeptemberében ennek keretében kötött együttműködési megállapodást a Magyar Csillagászati Egyesület és a Duna-Dráva Nemzeti Park Igazgatóság a zselici kezdeményezésről. Egy évvel később csatlakozott az „alapítókhoz” a Magyar Elektrotechnikai Egyesület Világítástechnikai Társaság (VTT), a Zselica Szövetség és a SEFAG Erdészeti és Faipari Zrt.

Hazai (és regionális léptékben nemzetközi) előzmény nélküli kezdeményezés lévén a résztvevőknek tanulni, sok esetben fejleszteni kellett azokat a módszereket, eljárásokat, amelyek a sikeres felterjesztés megalapozásához szükségesek. Különösen ilyen volt a fényszennyezés mértékének (illetve az éjszakai égbolt mesterséges eredetű fényességének) mérése. A program indulásakor Magyarországon nem álltak rendelkezésre az égbolt fényességének mérésére alkalmas eszközök. Az előkészítést végzők folyamatosan szerezték be az eszközöket, majd fejlesztették a szükséges módszereket. A befektetett munka eredményeként hazánk a fényszennyezés mérésében, illetve a mérési módszerek kifejlesztésében nemzetközileg is vezető szerephez jutott.



INTERNATIONAL DARK SKY PARKS

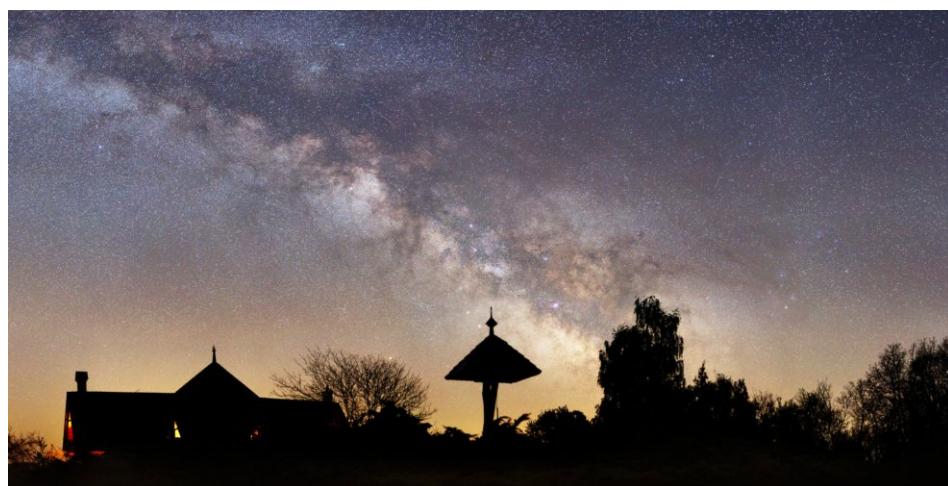


A csillagoségbolt-park létrehozásának első feltétele az éjszakai égbolt állapotának felmérése volt. A Zselici Tájvédelmi Körzetben és környezetében azóta folyamatosan fényességmérésekkel és fényképfelvételekkel ellenőrzik az égbolt állapotát. A mérések igazolták, hogy nem csak a tájvédelmi körzetben, hanem azon kívül is ezüst minősítést érdemel az égbolt: a zenit körüli égterület átlag fénysűrűsége nem haladja meg az éjszakai égbolt természetes eredetű fénysűrűség értékének kétszeresét, amely lakott területek közelében nagyon jó értéknek számít.

A felterjesztés további feltétele, hogy a meglévő kültéri világítótestek döntő része teljesen ernyőzött legyen, ezáltal közvetlenül ne világítson a horizont síkja fölé. 2007-ben a SEFAG Zrt. elfogadta a VTT és a többi támogató szervezet szakmai javaslatát, és ennek megfelelően választotta ki és telepítette a Hotel Kardosfa környezetének, parkolóinak éjszakai világítását. Az összesen 72 darab új telepítésű lámpatest – amely több korábbi nem megfelelő világítást is kiváltott – mindegyike azonos kivitelű, teljesen ernyőzött típus. Ezzel (amellett, hogy teljesült a szükséges feltétel) mintaértékű kültéri világítás jött létre.



5.6. kép. A Tejút (a kép felső részén látható fényes ív) és a kép közepén átlósan húzódó állatövi fény (a Naprendszer kitöltő bolygóközi anyag porszemcséiről szóródó napfény) látványa a Zselicből.



5.7. kép. A Tejút a Zselici Csillagoségbolt-park fölött. Sajnos napjainkban gyerekek nőnek fel úgy, hogy nem ismerik a Tejút és az igazi éjszakai égbolt látványát.

A Zselic a Dunántúli-dombságon belül helyezkedik el; e táj és értékei általában kevésbé ismertek, mint a középhegységeink vidéke. A zselici táj jellegzetességét a széles, lapos dombhátaikat borító, összefüggő erdőségek adják. A Zselici Tájvédelmi Körzet – egyben a csillagoségbolt-park – kiterjedése mintegy 8300 hektár, tengerszint feletti magassága jellemzően 200–250 m, a tájegység magasabb pontjai a délkeleti részen találhatók. A számos vízfolyás völgyrendszere azonban a kis magasság ellenére is tagoltá teszi a tájat. A Zselic északi kapujából, Kaposvárról közelítve, a dombvidék hirtelen magasodik – ennek is köszönhető, hogy a város fényszennyezését a park völgyeiben kevésbé lehet érzékelni. Az erdőborítás is hozzájárul ahhoz, hogy a csillagoségbolt-parkon belüli fényforrások esetleges fényszennyező hatása is inkább csak lokálisan érvényesülhet.

A Zselici Csillagoségbolt-park területén a fényszennyezés fő forrása az egyetlen közeli város, Kaposvár fénykupolája. Sajnos a város közvilágításának korszerűsítése és egyéb beruházások esetén sem vették kellőképpen figyelembe a csillagoségbolt-park közelségét. Szerencsés módon azonban a csillagoségbolt-park létrejötte óta ennek ellenére sem növekedett kimutatható módon a város fényszennyezésének hatása.

A csillagoségbolt-park 15 településsel határos, de belterületi részek csak elvétve találhatók a tájvédelmi körzeten belül. A közvetlen szomszédságban lévő települések fényszennyező hatása – méretüknek köszönhetően – nem jelentős. Az egyik legnagyobb kiterjedésű település – Bárdudvarnok – közvilágítását pedig éppen egy fényszennyezéssel kapcsolatos pályázat jóvoltából úgy alakították át, hogy az a legszigorúbb, fényszennyezés kiküszöbölésére vonatkozó követelményeknek is megfelel (ennek részleteit

a 5.3.1. pont ismerteti).

A Zselici Csillagoségbolt-park létrehozása jelentős szerepet játszott Magyarországon a fényszennyezéssel kapcsolatos lépések elindításában. Az itt szerzett tapasztalatokat felhasználták két további hazai csillagoségbolt-parkunk felterjesztésekor, és felhasználhatók akár újabb csillagos-égbolt helyszínek tervezésekor is. A csillagoségbolt-park létrejötte jelentősebb beruházást is katalizált. Nélküle nem jött volna létre a Zselic szívében az éjszakai égbolt jelenségeit bemutató látogatóközpont (a Zselici Csillag-park), ahol bemutató csillagvizsgáló, planetárium és a Zselici Tájvédelmi Körzet táji és természeti értékeiről szóló kiállítás várja a látogatókat.

5.2.2. A Hortobágyi Csillagoségbolt-park

A hortobágyi puszta és környezete fölött az égbolt csillagokkal teleszórt, horizonttól-horizontig zavartalan: „az ég a földet éri”. Tiszta, holdfénymentes éjjeleken még a halvány égi jelenségek is könnyedén megfigyelhetők szabad szemmel. Elhelyezkedése, kiterjedése, hazai és nemzetközi szinten számon tartott és elismert táji, természeti értékei és csekély fényszennyezettsége miatt a Hortobágyi Nemzeti Park (HNP) tűnt a legalkalmasabb helyszínnek Magyarország második csillagoségbolt-parkjának kijelölésére.

Több évig tartó előkészítést követően (ennek során megtörtént többek között az előírt felmérések, a világítási leltár és a kezelési terv elkészítése), a Hortobágyi Nemzeti Park Igazgatóság (HNPI) által benyújtott felterjesztés alapján a Hortobágyi Csillagoségbolt-park 2011-ben kapta meg az ezüst minősítésű „Nemzetközi Csillagoségbolt-park” diplomát az IDA-tól. A csillagoségbolt-park területe megegyezik a HNP mintegy 82 000 hektáros területével, kezelője, fenntartója a HNPI. A csillagoségbolt-park legfontosabb célja a fényszennyezés (-források) megjelenésének megakadályozása és a meglévő zavaró fények csökkentése. Ennek remélt eredményeként csökken a nemzetközi szinten is egyedülálló – sok esetben a mesterséges fényekre érzékeny – természeti értékek veszélyeztetettsége, valamint fennmaradhat az egyedülálló „éjszakai természetes tájkép”.

A hortobágyi puszta nagy kiterjedésű síkság, ahol a földhasználatok olyan sajátos módjai, mint az állattartás, ezen belül a szilaj tartású állatállomány legeltetése alkalmazkodtak a szikes legelők, rétek, vizes területek mozaikjának természetes adottságaihoz. Jelentőségét többek között a biológiai sokféleség, különösen az itt fészkelő és a – számos esetben éjszaka – átvonuló madárfajok nagy száma adja. Kijelenthető, hogy a terület Magyarország legfontosabb madárélőhelye. A pusztai táj kiemelkedő látványminőséggel, festői, hatásos táji elemek mintázataival és kombinációjával rendelkezik, ezek adják egyedi jellegét. A töretlen látóhatárt csak ritkán zavarják meg fák, facsoportok, település-sziluettek vagy vonalas létesítmények (légvezetékek, töltések). A gyeppel borított síkságon nincs természetes takarás, ezért a terület különösen érzékeny a horizonton megjelenő fényekre (fényszennyezésre): még a távolabbi települések (pl. Debrecen vagy Tiszaújváros) fényei is zavarók lehetnek. Ugyanakkor a csillagoségbolt-park területén belül – lévén, hogy alig rendelkezik állandó lakossággal – kevés zavaró fényforrás van; ezek főleg mezőgazdasági telephelyek. Állandó emberi jelenlét a legeltetési szezonban – áprilistól októberig – jellemző; ebben az időszakban több száz állattartó legeltet.

A csillagoségbolt-parkon belül nem találhatók belterületek, azonban a közvetlen szomszédságában 11 település helyezkedik el, köztük nagyobb népességű és kiterjedésű városok is, mint pl. Balmazújváros vagy Püspökladány.

A csillagoségbolt-parkot érő fényszennyezés főbb forrásai a következők:

A legjelentősebb ezek közül a *közvilágítás*. A térség településein e célra jelenleg használt világítótestek többnyire a horizont síkja fölé is sugároznak (az ULOR jóval nagyobb, mint 0%), amely körülmény jelentős részben já-



rul hozzá a nagy távolságról is látható fénykupolák kialakulásához. A pusztán nincs semmiféle takarás a horizonton (amely adottság a töretlen látóhatár megőrzése érdekében továbbra is fenntartandó), ezért a települések fénykupolái és az egyéb zavaró fények különösen feltűnőek. Az 5.8. kép Hortobágy mértani közepéről, a Tornyidombról mutatja a déli horizontot.

A közvilágítás körében a közlekedési létesítmények, külterületi utak megvilágítása okoz(hat) még problémát. Szerencsés módon külterületi utak megvilágítása nem tekinthető mindennapos gyakorlatnak a Hortobágy



5.8. kép. Az éjszakai horizont látványa a környező városok fénykupoláival a hortobágyi Tornyidombról.

térségében, ennek eléréséhez azonban egyes esetekben (pl. a 33-as főút Hortobágytól Ny-ra eső szakasza) a HNPI, illetve a természetvédelmi hatóság fellépése volt szükséges.

A *kivilágított telephelyek* (üzemek, állattartó telepek, kereskedelmi létesítmények stb.) fényszennyezése általában lokális, de ott igen jelentős mértékű lehet. Ilyen ipari telephelyek működnek például Tiszacsegén és Nagyhegyesen. Utóbbi fényszennyezése azért igen jelentős, mert több 10 km-ről is jól látható, és kis területre koncentrált fénykibocsátása Debrecen belvárosához hasonló mértékű. Jelentős fényszennyezést okozhat továbbá egy-egy mezőgazdasági vagy halastavi telephely is. A Hortobágy térségében működő, jelentős fényszennyezést okozó telephelyekről a Természetvédelmi Őrszolgálat közreműködésével felmérés készült, amelyet a HNPI rendszeresen frissít.

A *díszvilágítások, valamint a reklámvilágítások* elsősorban a települések belterületén okoznak problémát. A műemlékek, templomok díszvilágítása – hozzáadódva a települések fénykibocsátásához, vagy sok esetben egyedileg is kiemelkedve abból – azonban távolabbról, így a csillagoségbolt-parkból is látható fényszennyezést okozhat. A díszvilágítások az élővilágot (elsősorban a templomtornyokban élő denevéreket) közvetlenül is veszélyeztetik.

Sportlétesítmény vagy -esemény világítása okozta fényszennyezésre extrém példa az egyik környékbeli település futballpályájának intenzív, de csak időszakos hatást jelentő világítása.

A fényszennyezéssel kapcsolatos aktuális problémák:

- a környező települések fénykupolái és néhány – akár a csillagoségbolt-parkon belül működő – telephely okozta fényszennyezés kedvezőtlen hatásai;
- összhangban a Hortobágyi Nemzeti Park – a Pusztavilágörökségi helyszín világörökségi kezelési terv dokumentáció azon megállapításával, amely szerint „a veszélyeztető-zavaró tényezők közül épp a táj nyíltságából adódóan a vizuális elemek jelentősége kimagasló”, a nyílt síkvidéki tájban

a fényszennyezés fokozott kockázatot jelent;

- a környező települések lakói és döntéshozói továbbra sem ismerik megfelelően a csillagoségbolt-parkot, nem azonosulnak annak céljaival, nem ismerik fel a fényszennyezés okozta problémákat;

- a fejlesztések, beruházások (közvilágítás, telephelyek stb.) előkészítése és megvalósítása során jellemzően nem veszik figyelembe a csillagoségbolt-park szempontjait, célkitűzéseit.

A csillagoségbolt-park létesítése óta a legfontosabb, (nem csak) fényszennyezéssel kapcsolatos eredmények a következők:

- A csillagoségbolt-park, illetve a sötét égbolt, mint adottság megőrzésének fontossága – bár még nem a szükséges mértékben, de – bekerült a „köztudatba”; számos cikk, internetes bejegyzés, média megjelenés tanúskodik erről.

- A csillagoségbolt-park „oral history projektjének” megvalósítása: a pásztorok csillagos éggel kapcsolatos, máig fennmaradt ősi ismereteinek, a hortobágyi népi csillagászat hagyományainak összegyűjtése. A gyűjtőmunka során kiderült, hogy a hortobágyi pásztorok körében élő hagyomány mind a mai napig rendkívül gazdag. A HNPI kezdeményezésére az UNESCO-ICOMOS-IAU 2018-ban felvette Hortobágyot az „Astronomy and World Heritage” (Csillagászat és Világörökség) tematikus programba, mint a jelenleg is élő „pásztorcsillagászat” kiemelkedő példáját.

- Két, a sötét égbolttal, illetve a fényszennyezéssel kapcsolatos nemzetközi projektben is részt vett, vagy részt vesz a HNPI (2016 – 2017: V4 Astro-tourism Project, 2017 – 2020: Night Light Interreg Project).

- A környező települések és a telephelyek tulajdonosai/kezelői többnyire tudnak a csillagoségbolt-parkról (a HNPI tájékoztató fórumokat tartott, körleveleket írt, személyes megkeresések, tárgyalások voltak a témával kapcsolatban).

- A Hortobágyi Nemzeti Park – a Pusztai világörökségi helyszín világörökségi kezelési terv dokumentációjában és Hortobágy új NATURA 2000 fenntartási tervében külön fejezet foglalkozik az „éjszakai tájkép” védelmével, a világításra vonatkozó előírásokkal.

- A HNPI által a HNP területére meghatározott gyepterkezelési szabályzat tartalmaz világításra vonatkozó előírásokat.

- A HNP védőzónájának kialakítása során kiemelt szabályozási szempont a fényszennyezés kiküszöbölése, csökkentése.

- A Hajdú-Bihar és Jász-Nagykun-Szolnok megye területrendezési tervének módosítására irányuló tervezetekben önálló megyei övezetként jelenik meg a csillagoségbolt-park övezete sajátos, a fényszennyezés csökkentését elősegítő előírásokkal.

- A háborítatlan éjszakai környezet és csillagos ég a Hortobágy újabb ökoturisztikai attrakciójává vált; a téma beépült a HNPI környezeti nevelési programjaiba és ökoturisztikai kínálatába.

- Hortobágy-Mátán megépült és működik a Hortobágyi Csillagda.

- A HNPI folyamatosan méri és dokumentálja a terület fényszennyezettségét, a Fecskeház Erdei Iskolában egy égbolt-fényességmérő (SQM) és egy all-sky kamera működik, amelyeket az internetről is el lehet érni.

- Fényszennyezést csökkentő konkrét intézkedések: Hortobágy-Mátán több világítótestet lecseréltek a Fecskeház Erdei Iskola csillagdájának környezetében, a 33-as úton nem létesült kandeláber-sor, több telephelyen sikerült csökkenteni a fényszennyezést (pl. a HNPI és a Hortobágyi Halgazdaság Zrt. által működtetett létesítményekben lámpacserével, a lámpatestek irányításának megváltoztatásával).

A jövőre nézve is alapvető és folyamatos feladat a csillagoségbolt-parkban az éjszakai égbolt jelenlegi kedvező állapotának fenntartása, a meglévő fényszennyező források fokozatos megszüntetése vagy legalább (a környező

települések esetében) a zavaró fénykibocsátás mérséklése.

Ennek hatékony eszköze lehet a szabályozási lehetőségek kihasználása:

- fényszennyezés csökkentésére vonatkozó követelmények és azt szolgáló szabályozás szerepeltetése a megyei területrendezési tervek elfogadását követően, illetve azok nyomán a településrendezési tervekben is;
- a HNP természetvédelmi kezelési terv dokumentációjában a fényszennyezés visszaszorítására vonatkozó, azt elősegítő előírások szerepeltetése;
- a csillagoségbolt-park környezetében lévő, 10 000 feletti lélekszámú településeken a fényszennyezés csökkentésének szempontjai figyelembe vételével világítási mesterterv készítése;
- a HNP védőzónája területén kültéri világítótest vagy fényforrás létesítése, telepítése vagy cseréje engedélyezési eljárásában a fényszennyezéssel kapcsolatos szempontok érvényesítése;
- helyi (önkormányzati szintű) szabályozási lehetőségek kihasználása;
- a hatályos szabályozások és előírások szakmailag megalapozott, következetes érvényesítése a tervezett világítási korszerűsítéseknél, a meglévő zavaró fényforrások fokozatos cseréje.

Folyamatos a HNPI vagyonkezelésében lévő, általa fenntartott létesítmények világításának fényszennyezés-szempontú felülvizsgálata és ennek eredménye alapján a szükséges intézkedések előkészítése. Folytatódik a HNP területén és környezetében (védőövezetében) lévő telephelyek fényszennyezésének felmérése, s az eredmények alapján a zavaró fényforrások fokozatos megszüntetése.

A csillagoségbolt-park nagyban hozzájárult ahhoz, hogy Hortobágy község közvilágításának egy Interreg projekt keretében megvalósuló felújítása a 4.3.1. pontban ismertetett bárdudvarnokihoz hasonló megoldások alkalmazásával „csillagoségbolt-barát” lesz.

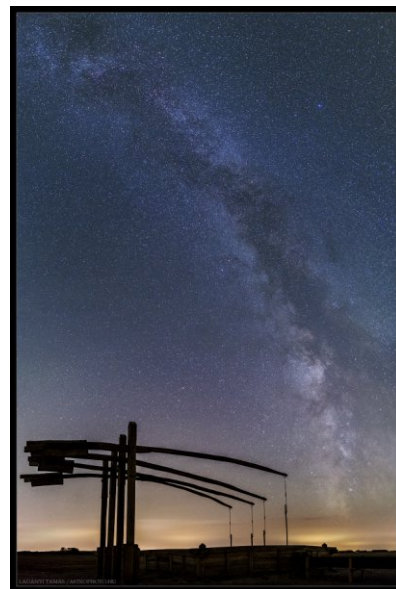
Az asztroturizmus és az „éjszakai környezeti nevelés” a HNPI ökoturisztikai és környezeti nevelési kínálatának integráns része, amely azonban továbbfejleszthető és -fejlesztendő. Ehhez meg kell teremteni a megfelelő infrastrukturális és személyi feltételeket, valamint fejleszteni kell az együttműködést az öko- és a „hagyományos” turizmus egyéb szereplőivel. A többi hazai csillagoségbolt-parkban működő vagy tervezett tematikus látogatóközpontok mintájára egy planetáriummal is rendelkező asztroturisztikai látogatóközpont (a „Hortobágyi éjszaka háza”) létesítéséhez a Hortobágyi Csillagoségbolt-park rendelkezik a megfelelő adottságokkal.

Mindezek mellett, vagy inkább mindezek előtt nagy hangsúlyt kell fektetni a helyi lakosság, a politikai-gazdasági élet szereplői, döntéshozói tájékoztatására a háborítatlan éjszakai környezet és csillagos égbolt, mint egyedülálló érték tudatosítása, valamint a fényszennyezés, mint probléma felismerése érdekében.

5.2.3. A Bükki Csillagoségbolt-park

A Bükki Nemzeti Park (BNP) területével megegyező Bükki Csillagoségbolt-park 2017-ben, hazánk harmadik csillagoségbolt-parkjaként nyerte el e kitüntető címet. A jelölési dokumentációt helyi szintű együttműködés keretében a Kaptárkő Természetvédelmi és Kulturális Egyesület közreműködésével készítette el a csillagoségbolt-parkot működtető Bükki Nemzeti Park Igazgatóság (BNPI).

A Bükk és azon belül a Bükk-fennsík hazánk legnagyobb átlagmagassággal rendelkező vidéke, amely adottsága – a terület kismértékű fényszennyezettségével együtt – különösen alkalmassá teszi az éjszakai észlelésekre: amellett, hogy a vékonyabb levegőrétegen át az éjszakai égbolt halványabb jelenségei is tisztábban, fényesebben látszanak, a Kárpát-medencét időnként kitöltő rétegfelhők szintjéből kiemelkedő Bükkből akkor is lehet megfigyeléseket végezni, amikor az ország jelentős részén erre nincs lehetőség.



5.9. kép. A Tejút a mátai négygémű kúttal.



Az égi jelenségek mellett a sötét erdő csodái is kiválóan megfigyelhetők a csillagoségbolt-parkban. A Bükk különleges élővilágának, az éjszaka aktív fajoknak, így a denevéreknek a hosszú távú megóvását is elősegíti a csillagoségbolt-park fényszennyezés csökkentésére, megszüntetésére irányuló tevékenysége. Annál is inkább, mert a BNP természetvédelmi kezelési tervének tervezetében kifejezetten a fényszennyezés megelőzésére, kiküszöbölésére irányuló rendelkezések is szerepelnek.

A Bükki Csillagoségbolt-parkban mindössze egy önálló település található (Répáshuta). A Bükk völgyeiben fekvő egyéb belterületek (Lillafüred, Felsőhámos) valamely más, a hegyvidéken kívüli település részét képezik. Helyzetük és kiterjedésük miatt ezeknek a lakott területeknek a fényei nem jelentenek a csillagoségbolt-park minősítést befolyásoló fényszennyezést. A Bükk peremén, illetve közvetlen közelségében két megyeszékhely (délen Eger, keleten Miskolc) terül el jelentős fénykibocsátással, de a csillagoségbolt-park hegyvidéki környezetében – annak kiemelt helyzete és az erdőborítás miatt – ez nem okoz jelentősebb fényszennyezést. A csillagoségbolt-parki jelölés során elkészített világításleltárban szerepelnek olyan épületek, létesítmények, amelyek esetében a jövőben gondoskodni kell korszerűbb, a fényszennyezés-mentes világítás kialakításáról.

A Bükki Csillagoségbolt-park eddigi működésének legfontosabb tapasztalatai, tanulságai a következők:

- a látogatók, kirándulók részéről igen nagy az érdeklődés a csillagos égbolt jelenségei, látnivalói iránt;
- a csillagoségbolt-park céljaival összhangban van egy tematikus csillagászati látogatóközpont (Bükki Csillagda) létrehozása;
- a környező települések döntéshozói még nincsenek teljes mértékben tisztában a csillagoségbolt-park céljaival és tevékenységének a települések és lakói számára kedvező eredményeivel;
- fontos tudatosítani a lakosságban és a döntéshozókban a fényszennyezés veszélyeit, valamint az élővilágra és az emberekre gyakorolt káros hatásait.

Jelentős előrelépés, hogy – igazodva a csillagoségbolt-parki szigorú előírásokhoz – Répáshután a közvilágítás korszerűsítése eredményeként 2019-ben korszerű, fényszennyezés-mentes, „természetbarát” világítási rendszer lépett működésbe (lásd az 5.3.1. pontot). Az új világítási rendszer a lakosság igényeinek kielégítése és a természetvédelmi szempontok érvényesítése tekintetében egyaránt forradalmi újításnak, illetve követendő példának számít. Répáshuta közvilágításának korszerűsítésével – a világítási leltár alapján – a Bükki Csillagoségbolt-park területén közel 90%-os megfeleléségi szintet sikerült elérni a mesterséges éjszakai megvilágítás terén. Cél, hogy a még meglévő fényszennyező világítótestek cseréjével a csillagoségbolt-parkban megvalósuljon a teljes fényszennyezés-mentesség.

A BNPI számára a környezeti nevelés, a felnövekvő generáció természetvédelmi szemléletének kialakítása és erősítése kiemelt jelentőséggel bír. A felsőtárkányi erdei iskolában megvalósított lámpatest cserékkel bemutathatóvá váltak a gyerekeknek olyan energiatakarékos megoldások, amelyek egyúttal a fényszennyezés megelőzését, csökkentését is elősegítik.

2021-től a Répáshután megnyíló, a Bükki Csillagoségbolt-parkot és a csillagos égboltot bemutató tematikus csillagászati látogatóközpontban a BNPI széles körben kívánja bemutatni az éjszakai égbolt jelenségeit és az éjszakai erdő természeti értékeit.



5.10. kép. Kaptárkő és a csillagos égbolt a Bükki Csillagoségbolt-parkban.



5.11. kép. A Bükki Csillagoségbolt-parkban nagy hangsúlyt fektetnek a környezeti nevelésre.

5.3. Települési közvilágítás

5.3.1. Környezetbarát megoldások települési közvilágítás korszerűsítésére Bárdudvarnok és Répáshuta példáján

A hazai csillagoségbolt-park program indulásakor jellemzően 36 W-os kompakt fénycsöves világítótesteket alkalmaztak közvilágítási célra az azóta már a Zselici Csillagoségbolt-parkként számon tartott területen lévő Bárdudvarnokon, valamint a mára Bükki Csillagoségbolt-parkként kezelt területen lévő Répáshután. A lámpatestek kialakítása a felső térfélbe közvetlenül jutó fényáram (ULOR) mennyisége miatt nem felelt meg a csillagoségbolt-parkokra vonatkozó követelményeknek. Felmerült tehát az igény, hogy a települési közvilágítás korszerűsítése esetén az éjszakai égbolt és a környezet védelme kitüntetett szerepet kapjon. Mire is van szükség ennek során egy védett természeti területen, illetve csillagoségbolt-parkban található kistélepülés esetén?

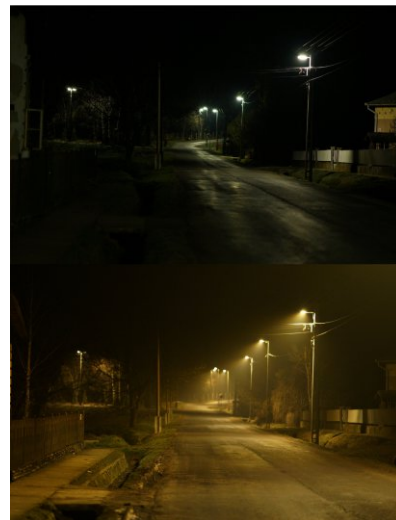
Csillagoségbolt-parkokban alapvető követelmény, hogy a lámpatest teljesen ernyőzött legyen annak érdekében, hogy a horizont síkja fölé jutó fényáramnak és a világítótest összfényáramának aránya zéró legyen. A világítótestből tehát nem juthat közvetlenül fény a horizont síkja fölé, aminek természetesen nem csak „laboratóriumi körülmények között” kell teljesülnie: a lámpatesteket úgy kell rögzíteni a tartószerkezetre, hogy teljesítsék ezt a kritériumot.

A fényszennyezés-mentes világítás szempontrendszerébe fokozatosan bekerült és egyre hangsúlyosabban jelenik meg a színhatás, illetve a színhőmérséklet kérdésköre. Az elsősorban LED fényforrásokra jellemző hideg fehér fényű világítás elterjedésével sorra jelentek meg a tanulmányok, amelyek jelezték, hogy a mesterséges éjszakai világításra használt fényben egyre inkább domináns kék spektrum kedvezőtlen hatással van a környezetre, az ökoszisztémára. (A legújabb kutatások pedig már határozott kapcsolatot mutattak ki a közvilágításban alkalmazott fény színhatása és egyes dagányos megbetegedések – mell-, prosztatata- és végbélrák – előfordulása között is.) A csillagoségbolt-parkokban a korrelált színhőmérséklet felső határa vonatkozó követelmény a kezdeti 4000 K értékről napjainkra 3000 K-re (legújabbban 2500 K-re) szigorodott. Természeti környezetben ajánlott az ennél még „melegebb”, azaz alacsonyabb színhőmérsékletű, sárgás-fehér fényt adó fényforrások alkalmazása.

A csillagoségbolt-parki követelményeken túl követendő példaként alkalmazandók a nemzetközi tendenciák és kutatási eredmények alapján megfogalmazott ajánlások. A legfontosabb ezek közül, hogy ökológiai szempontból a borostyán-sárga fény tekinthető optimálisnak. Mérlegelni szükséges persze, hogy mennyire felel meg a borostyán színű világítás a közvilágítással szemben támasztott mai „felhasználói” elvárásoknak és szabványokban meghatározott követelményeknek – bár ebből a szempontból a nagynyomású nátriumlámpák évtizedekig jól teljesítettek.

A fentiek alapján **Bárdudvarnok és Répáshuta esetében feltételként fogalmazódott meg az új közvilágítási rendszerrel szemben, hogy ne csak az összfényáram-kimenet, hanem a világítás színhatása (a fény színhőmérséklete) is változtatható, vezérelhető legyen.** Korábbi tapasztalatok, elvárások és a két település világítási rendszerének korszerűsítéséhez kapcsolódó kutatás célkitűzései alapján egy olyan rendszer kialakítása fogalmazódott meg célként, ahol a színképi összetétel a meleg fehér és a borostyán-sárga között váltható. Ily módon megvalósítható, hogy a „világítási csúcsidőben” még kissé fehéres jellegű fény világítson a településen, de az éjszakai pihenő időszakban csak borostyán színű fény jusson ki a környezetbe.

A fényszennyezés kiküszöbölése, megszüntetése szempontjából (első közelítésben) ez volt az optimális világítási koncepció.



5.12. ábra Közvilágítás Bárdudvarnokon csere előtt és után. Javult a világítás minősége és csökkent a fényszennyezés.

Az elsődleges cél természetesen a közvilágítás céljának teljesülése volt – a fentiek figyelembevételével. Erre azért is oda kellett figyelni, mert az elmúlt időszak közvilágítási rekonstrukciói nagyon sok kritikát kaptak, több okból is. Számos esetben a lakosok azért panaszkodtak, mert a nem megfelelő tervezés miatt az új világítási rendszer nem szolgáltatott elegendő megvilágítást, pl. a gyalogosoknak. Mint utóbb kiderült, Bárdudvarnokon és Répáshután is többen tartottak ettől. Az ilyen jellegű hibákat mindenképpen el kellett kerülni, ami komoly kihívást jelentett, hiszen a tartószerkezetek helye (az oszlop kiosztás), valamint a fénypontmagasság adott volt, és általában nem volt ideálisnak tekinthető.

Ennek megfelelően **végző célként nem egy fényszennyezés szempontjából optimális világítási rendszer létesítése, hanem egy ideális kompromisszum kialakítása fogalmazódott meg.** A két település közvilágítási rendszerének korábbi hiányosságai miatt – pl. nem volt minden tartószerkezeten (oszlopon) lámpatest – növelni kellett a teljes fénysűrűséget, így az energiafogyasztáson nem lehetett megtakarítást elérni.

Bárdudvarnok és Répáshuta közvilágítási rendszerének rekonstrukciója 2018 decemberében valósult meg. A fényszennyezés mértékének ebből adódó változását objektív módon csak mérések alapján lehetett megítélni.

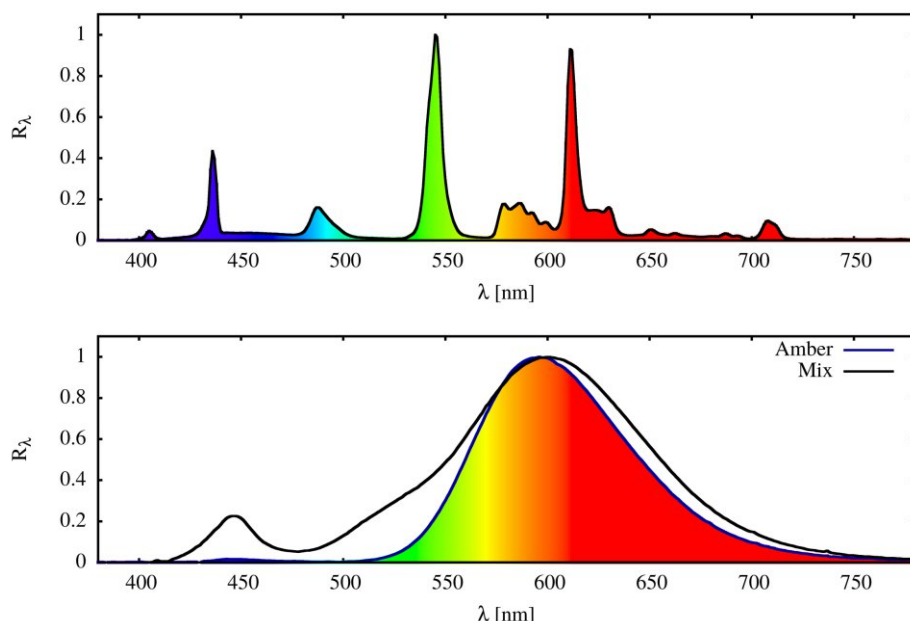
A lámpatestből a felső térfélbe jutó fénysűrűség (ULOR) a mérési pontosságnak megfelelően nulla, tehát a horizont irányába jutó fénysűrűség elhanyagolható, a felső térfélbe pedig gyakorlatilag nem távozik közvetlenül fény.

A megújult világítás másik fontos paramétere a világítás színképe (spektruma), amely jelentősen megváltozott. Az 5.13. ábra a korábbi kompakt fénycsöves (CFL) közvilágítás és az új, LED-es rendszer alapállapotú spektrumának helyszíni mérések eredményein alapuló összehasonlítását mutatja be. A korábbi világítási rendszer működése során az 550 nm hullámhossz alatti sugárzási teljesítmény (a kék és kék-zöld színtartomány) aránya a teljes sugárzási teljesítményhez képest nagyon magas, 46% volt, ami több mint kétszerese a csillagoségbolt-parkok esetében megfogalmazott ajánlásoknak, és a **szkotopos/fotopos** arány (S/P) is kissé meghaladta az 1,3-et. A spektrum alapján számított korrelált színhőmérséklet 3600 K volt.

Bárdudvarnok és Répáshuta új közvilágítási rendszerének működésbe lépését követően a kora esti időszakban az 550 nm hullámhossz alatti sugárzási teljesítmény aránya mindössze 19% lett, a CCT értéke 2400 K-re

Szkotopos látás: sötétre adaptált szem érzékelése; sötétben való látás. Sötét a környezet, ha fénysűrűsége néhány század cd/m^2 -nél kisebb.

Fotopos látás: fényadaptált, nap-pali világossághoz szokott látás, illetve a világosra adaptált emberi szem érzékelése. Világos a környezet, ha fénysűrűsége néhány cd/m^2 -nél nagyobb.



5.13. ábra. A közvilágítás spektruma Bárdudvarnokon a világítási rendszer korszerűsítése előtt (fent) és után (lent). Az alsó ábrán a csúcsidő (fekete vonal) és a pihenő időszak (színesen kitöltött terület) világítási spektruma külön is látszik. A spektrális radiancia (R) egységre normalizált, ezért mértékegység nélkül szerepel.

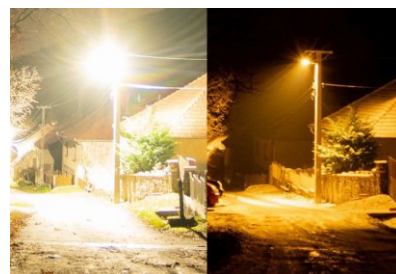
csökkent, a szkotopos-fotopos arány pedig 0,9-re csökkent. Az éjszakai pihenő időszak alatti üzemmódban minden paraméter tovább csökken: az 550 nm alatti hullámhossz sugárzási teljesítményének aránya mindössze

5%, a korrelált színhőmérséklet kisebb, mint 1900 K és az S/P arány mindössze 0,44. A régi és az új világítás összehasonlítása látható az 5.14. képen.

Egy település közvilágítási rendszere cseréjének, felújításának értékelésekor a helyben lakók által – nyilván a maguk sajátos szempontjai alapján – megfogalmazott szubjektív vélemények és az első benyomások nagyon fontosak. **Az eddigi visszajelzések mindkét településen pozitívak voltak.** Egyöntetűen a közvilágítás javulását említették és a megvilágítás színének változását is előnyösnek tekintették. Kihasználva a modern információtechnológia, a web 2.0 vívmányait, a projekt lehetőséget biztosított a helyieknek, hogy közösségi oldalon fejezzék ki véleményüket, osszák meg tapasztalataikat, benyomásaikat. Bárdudvarnokon a felhívást olvasó 31 lakostól 23 vélemény érkezett, ami már önmagában pozitív visszajelzés napjaink információs zajában. Kritikus észrevételt senki sem fogalmazott meg, s az általános pozitív vélemények mellett megjelentek olyan visszajelzések is, amelyek az új világítási rendszer valamely kedvezőnek ítélt jellemzőjét, változását (pl. természetesebb, „barátságosabb” fény, jobb megvilágítás, biztonságos közlekedés) emelték ki.

A helyiek visszajelzéseiből ugyanakkor kiderült az is, hogy a lámpatestek beállítása a felszereléskor nem minden esetben sikerült megfelelő módon: hiába voltak teljesen ernyőztek a lámpák, a vízszintestől való néhány foknyi eltérés is feltűnő volt. A problémát a lámpatestek rögzítésének utólagos korrekciójával megnyugtató módon lehetett rendezni.

Összességében megállapítható, hogy **a fényszennyezésre vonatkozó csillagoségbolt-parki követelményeknek való megfelelés biztosítása mellett a lakosság pozitív változásként élte meg a világítási rendszer átalakítását, felújítását.** Nem túlzás tehát azt állítani, hogy Bárdudvarnokon és Répáshután is sikerült olyan világítási rendszert kialakítani, amely *minden tekintetben* a közvilágítás javulását eredményezte.



5.14. kép. Répáshuta régi és új közvilágítása.

A két projekt eddigi tapasztalatai alapján levonható főbb tanulságok a következők:

- a jelenlegi technológiai színvonal mellett lehetséges a fényszennyezés jelentős csökkenését eredményező közvilágítási rendszer kifejlesztése;
- a jelenlegi technológiai színvonal mellett a fényszennyezés csökkentése az energia megtakarítás tekintetében kompromisszumokkal jár – borostyán színű LED technológia várható fényhasznosítás növekedése, valamint az intelligens, igényekhez alkalmazkodó világításvezérlés/-szabályozás jelenthet ezzel kapcsolatban megoldást;
- Magyarországon rendelkezésre áll az a tervezői, fejlesztői, gyártói és laboratóriumi mérés technikai képesség, amely egyedi kialakítású, speciális igényeket kielégítő világítástechnikai alkalmazások/világítási rendszerek fejlesztéséhez és üzemeltetéséhez szükséges.

A fentiek szerint korszerűsített települési közvilágítási rendszerek **„Valós Világítási Környezet Laboratóriumként”** lehetőséget biztosítanak a közvilágítás környezetre gyakorolt hatásainak célorientált és beható vizsgálatára. Ennek eredményeként igen értékes információk állnak rendelkezésre az eltérő minőségű és mennyiségű fénnel megvalósuló (köz)világítás környezetre gyakorolt hatásairól. E „laboratórium” világviszonylatban is egyedülálló, hiszen tényleges településeken, a valóságnak megfelelő körülmények között végezhetnek az EFOP-3.6.2-16-2017-00014 azonosító számú „Nemzetközi kutatási környezet kialakítása a fényszennyezés vizsgálatának területén” című projektben résztvevő egyetemek hiánypótló kutatásokat. Az eredmények hozzájárulhatnak környezetbarát közvilágítási rendszerek más helyszíneken történő létesítéséhez is.

5.4. Társadalmi figyelemfelhívás és értékközzvetítés

5.4.1. A természetes táj és élővilág, valamint a sötét égbolt együttes élménye védett természeti területeken és csillagoségbolt-parkokban

Ha valaki közvetlen élményeket szeret a természetes éjszakai tájról, a sötét égboltról és eközben megtapasztalja azt, vagy ismereteket szeret arról, hogy a fényszennyezés milyen hatással van ezekre, minden valószínűség szerint fogékonyabbá válik a fényszennyezés megelőzése, csökkentése iránt a saját környezetében vagy tevékenységei során. A **nemzetipark-igazgatóságok, csillagoségbolt-parkok éjszakai (ökoturisztikai) programjai** az éjszakai táj és a természetes csillagos égbolt érdekességeire való rácsodálkozás, e sajátos értékek élményszerű bemutatása mellett a fényszennyezésre irányuló figyelem felkeltéséhez és a környezettudatosság erősítéséhez is jelentős mértékben hozzájárulnak.

A következőkben ilyen programokra, rendezvényekre mutatunk be példákat.

A tíz nemzetipark-igazgatóság évente közös ökoturisztikai kampányokat szervez, amelyek során országszerte egyidejűleg számos helyszínen szaképzett túravezetők segítségével ismertetik meg az érdeklődőket addig még kevesebb figyelmet kapott természeti értékekkel, jelenségekkel.

Ilyen kampány a **2014-óta minden év áprilisában – a Nemzetközi Sötét Égbolt Hét kezdeményezéséhez kapcsolódóan – meghirdetett „Csillagséták nemzeti parkjainkban – ablakot nyitunk a végtelen világegyetem felé” programsorozat**. A főként éjjel megtartott terepi programokon a résztvevők bepillantást nyerhetnek a nemzeti parkok éjszakai világába. Egy ilyen túra már önmagában is különleges élmény, hiszen a sötétben az emberi érzékelés megváltozik; a látás és a hallás kiélesedik, ezért egészen más arcát mutatja a természet. Az állatvilág egy része ilyenkor éled, így némi szerencsével éjszaka aktív állatfajok rejtett életét is megismerhetik a kirándulók amellet, hogy a természetes csillagos égbolt csodáiban gyönyörködnek. A Körös-Maros Nemzeti Parkban található Réhelyi Látogatóközponttól induló „Csalogányok éneke” tavaszi túra programja például egyaránt tartalmazza az ébredő puszta élővilágának bemutatását, az éjszakai égbolt csillagászati távcsővel történő megfigyelését és csillaghatározást.

Az égbolt megfigyelésére egész évben elérhető lehetőségeket kínálnak a **nemzetipark-igazgatóságok és a csillagoségbolt-parkok által rendszeresen meghirdetett éjszakai csillagnéző túrák** (5.15. kép) hiszen a csillagoségbolt-parkokból szabad szemmel is sok égi objektum látható. A résztvevők általában még szürkületkor elindulva gyalognak át az éjszakába lehetőleg zseblámpa használata nélkül (nem beszélve a fényképezőgépek vakujáról, ami egy századmásodperc alatt hosszú percekre elvakíthat). Sokak számára okoz meglepetést, hogy biztonsággal sétálhatnak lámpa nélkül is a „sötét” éjszakai erdőben... Szintén váratlan élmény, hogy egy éjjeli tisztásra kiérve a jól előkészített szem számára milyen fényes minden: a sötét ég is mintha világítana! Később, „a civilizációba visszatérve” egy-két távoli lámpa elegendő ahhoz, hogy a túra résztvevői teljesen sötétnek érzékeljék az eget. A Zselici Csillagoségbolt-parkban egy nagyon tiszta éjszakán megrendezett csillagnéző túra alkalmával a túrázó csapat könnyedén észlelte az ég távoli zivatar okozta felvillanásait, pedig – mint később kiderült – kb. 200 km távolságban voltak a villámok!

Nemzetipark-igazgatóságok, illetve csillagoségbolt-park által szervezett csillagsétákról készült az [itt megtekinthető](#) kisfilm.



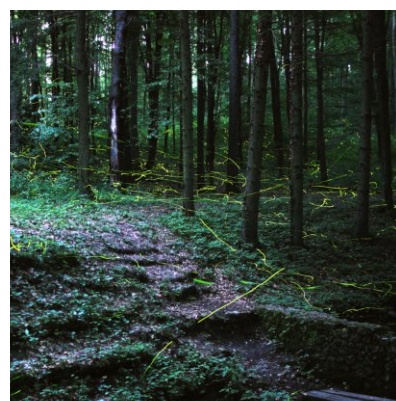
5.15. kép. Csillagképek bemutatása egy éjszakai csillagnéző túrán.

A természetes fényviszonyok, az éjszaka és a nappal természetes váltakozásának jelentőségére, valamint a táj éjszakai varázsára egy különleges rovarfaj segítségével hívja fel a figyelmet a – Halász Ferenc kommunikációs és marketing szakértő, a Duna-Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság (DINPI) Környezeti Nevelési és Ökoturisztikai Osztályának volt kommunikációs referense, „bogármester” által kezdeményezett és elindított – **„Szentjánosbogár-séták” programsorozat.**

Az első Szentjánosbogár-sétákra 2007-ben került sor a DINPI vagyonkezelésében lévő Alcsúti arborétum természetvédelmi területen (TT). 2015-ben, amikor az Európai Fizikai Társulat kezdeményezése nyomán az UNESCO és az ENSZ támogatásával meghirdetett Fény Nemzetközi Évében hazánkban a nagy szentjánosbogár (*Lampyris noctiluca*) lett az év rovара, 8 nap alatt összesen 12 000 látogató vett részt a kirándulásokon. A kezdeményezés kiegészült a Mécsbogár Fesztivállal, ahol szakmai előadásokon és hangulatos esti sétán hívják fel a szervezők a nagyközönség figyelmét – többek között – az éjszaka természetes fényeinek fontosságára. 2016 óta ország-szerte már 10–15 helyszínen szerveznek Szentjánosbogár-sétákat, a túlzott látogató-terhelés megelőzése érdekében korlátozott számban fogadva az érdeklődőket.

A Szentjánosbogár-séták elsősorban a szentjánosbogarak rajzását (5.16. kép) mint természeti jelenség bemutatását helyezik fókuszba, de a séták helyszínének (arborétumok, botanikus kertek, tanösvények stb.) bemutatása és a környező térség táji és természeti értékeinek ismertetése is a program része. Többek között az Alcsúti arborétum TT, a Vácrátóti arborétum TT, a Zirci- és a Szarvasi arborétum TT-ek, a Soroksári Botanikus Kert (helyi jelentőségű védett természeti terület), mint az ex-situ növénymegőrzés fontos helyszínei, vagy éppen a bakonybéli Szent Maurícius Monostor kertje mint megszentelt, spirituális, kulturális örökségi helyszín, továbbá hazánk több, nemzeti park-igazgatóságok vagy erdőgazdálkodó zrt.-k által létesített és fenntartott tanösvénye is Szentjánosbogár-séták helyszínéül szolgál.

E séták helyszínenként más-más jelleget öltenek, hiszen a szakvezetéssel egybekötött másfél órás program kifejezetten az adott terület természeti és kulturális értékeit ismerteti meg a résztvevőkkel. Ami azonban közös bennük: sötétedéskor, az első szentjánosbogarak megpillantásával kerül sor a rajzás mint természeti jelenség részletes bemutatására a Magyar Rovartani Társaság által jóváhagyott szakmai leírás alapján.



5.16. kép. Szentjánosbogarak rajzása.

6. Szakkifejezések, rövidítések, fogalmak stb. magyarázata

Albedó: egy adott felületre érkező elektromágneses sugarak visszaverődési képességének mérőszáma. Általánosságban a látható fény hullámhossz-tartományában értelmezik, azaz a tárgyra érkező látható fény mennyiségének a tárgy által visszavert (%-os) arányát jelenti. 100% albedójú felület a rá eső fényt teljes egészében visszaveri, 0%-os albedójú pedig minden fényt elnyelő, „abszolút fekete test”.

AlInGaP: Aluminium-Indium-Gallium-Phosphide (Alumínium-Indium-Gallium-Foszfid) alapú LED, amely vörös színben sugároz.

CCT (Correlated Colour Temperature, korrelált színhőmérséklet): olyan fényforrások jellemzésére szolgáló fizikai mennyiség, amelyekhez nem rendelhető olyan hőmérsékletű hőmérsékleti sugárzó, amelynek színésége a fényforrás színességével pontosan megegyezne. Mértékegysége: Kelvin, K. A korrelált színhőmérséklet (T_c) értéke alapján a fényforrás (illetve annak fénye) három csoportba osztható:

meleg fehér: $T_c < 3300$ K,

semleges fehér: $T_c = 3300 - 5300$ K,

hideg fehér: $T_c > 5300$ K.

Cd (kandela): lásd: fényerősség.

Cirkadián ritmus: „napi biológiai óra”. Olyan, nagyjából 24 órás ciklus, amely az élőlények biokémiai, fiziológiai folyamataiban vagy viselkedésében lép fel. A cirkadián ritmust az élőlény saját belső időmérő rendszere vezérli, amit külső, szinkronizáló stimulusok is segítenek; ez utóbbiak közül legfontosabb a napfény. A cirkadián ritmus lehetővé teszi, hogy az élőlények alkalmazkodni tudjanak a környezeti feltételek, körülmények szabályos váltakozásához.

Diurnális: élőlényeknél nappali aktivitásra és éjjeli alvásra, nyugalmi időszakra utal. Leíró jellegű jellemzés, egy megfigyelt 24 órás tevékenységre vonatkozik, szemben a $\rightarrow$ cirkadián ritmussal, amely az élőlény saját belső időmérő rendszere által vezérelt, hozzávetőlegesen 24 órás ciklus.

Energiahatékonyság: villamos készülékeket, így az elektromos fényforrásokat is jellemző besorolás, amelyet az Európai Unió állapít meg. A termék villamosenergia-fogyasztás hatékonyságát jellemzi a kibocsátás függvényében. A besorolás 5 osztályba történik: A, B, C, D, E; újabban az A osztályt tovább bontják háztartási készülékek esetén.

Fémhalogénlámpa: nagynyomású kisülő lámpa, amely a fény gerjesztésében közreműködő fémeket halogénidek formájában tartalmazza. Az alkalmazott fémektől függ a lámpa tulajdonsága, így színhőmérséklete 4000K – 6000 K. A ritkaföldfém adalékos lámpák színvisszaadása kiváló.

Fényáram: a világítástechnika alapmennyisége; a sugárzott teljesítményből származtatott mennyiség, amely az optikai sugárzást az emberi szem szabványosított spektrális fényhatásfoka ($V(\lambda)$) szerint értékeli. Jele: Φ ; mértékegysége: lumen, jele lm.

Fényerősség: a fényáram és a sugárzott térszög aránya, vektoriális mennyiség. Mértékegysége: candela, jele cd; $cd = lm/sr$.

Fényforrás: olyan eszköz, amely energiaátalakulás eredményeként fényt bocsát ki. A világítástechnikában alkalmazott mesterséges fényforrásokat a fénygerjesztés módja alapján szokásos csoportosítani.

Fénypontmagasság: a lámpatestek optikai középpontjának a megvilágított felülettől (legtöbb esetben a talajszinttől) mért függőleges távolsága.

Fénysűrűség: a kisugárzott fényáram és a felület sugárzás irányára merőleges vetületének, valamint a térszögnek a hányadosa. Mértékegysége: cd/m^2 .

Fotoperiodicitás: fényszakaszosság; az élőlényeknek azt a tulajdonsága, hogy a nappal, illetve az éjszaka viszonylagos hosszúságára élettani reakciót mutatnak.

Fotopos látás: fényadaptált, nappali világossághoz szokott látás, illetve a világosra adaptált emberi szem érzékelése. Világos a környezet, ha $\rightarrow$ fénysűrűsége néhány cd/m^2 -nél nagyobb.

Fototaxis: élőlények a fény erőssége (intenzitása) és színe (spektruma) által irányított helyváltoztató ingermozgása.

InGaN: Indium-Gallium-Nitrid alapú LED, amely kékes-zöldes színben világít.

IP védettség: a külső mechanikai behatások elleni védelem fokozatát villamos készülékek esetén IP (International Protection) számokkal jelölik meg. Az IP számok nemzetközi osztályozási rendszert alkotnak, ahol az IP betűjelzést követő első számjegy a szilárd testek, a második számjegy a víz behatolása elleni védelmet jelenti. A legkisebb fokozat jele – lámpatestek esetén – IP20, ezt nem kötelező a lámpatesteken feltüntetni. A nagyobb fokozatok jelét fel kell tüntetni.

Kandela, cd: a fényerősség mértékegysége. Egy kandela a fényerőssége annak a monokromatikus sugárzóknak, amely adott irányba 540 THz frekvencián sugároz, és amelynek sugárerőssége az adott irányban 1/683 W/sr. Az 540 THz frekvencia normál levegőben 555,016 nm hullámhosszúságnak felel meg.

Karbantartási érték: a megvilágítás/fénysűrűség azon értéke, amelyet a világítási berendezés élettartama alatt mindig biztosítani kell. Az MSZ EN szabványok karbantartási értéket adnak meg.

Kompenzációs repülés: áramló vizekből kirajzó kérésznőstények folyásiránnyal szembeni repülése, amely a vízbe rakott peték ülepedés közbeni elsodródását ellensúlyozza.

Korrelált színhőmérséklet: →CCT.

Közvilágítás: közterületnek a közlekedés-, a köz- és vagyonbiztonság érdekében létesített összefüggő, rendszeres, meghatározott üzemvitelű, helyhez kötött, villamos üzemű világítása. A közlekedést, közművek elhelyezését, valamint pihenőhelyek (pl. parkok) és emlékhelyek elhelyezését szolgáló közterületek, továbbá a közforgalom számára megnyitott magánterületek fenti módon történő mesterséges világításáról a települési önkormányzat gondoskodik.

Lámpatest: a fényforrás fényének elosztására, szórására, átalakítására alkalmas eszköz, amely magában foglalja a fényforrás mechanikai rögzítéséhez és a villamos csatlakozásához szükséges alkatrészeket is. Lásd még: lámpatest burája, lámpatest fényeloszlása!

Lámpatest burája: a lámpatest optikai részét lezáró átlátszó anyag, amely részt vesz a fény megfelelő irányításában és biztosítja az optikai tér IP védettségét.

Lámpatest fényeloszlása: a lámpatest optikai középpontjából kiindulva a tér különböző irányába kisugárzott fényerősség-vektorok végpontjainak összekötésével állítható elő a fényeloszlási test. A fényeloszlási test és a meridián sík metszete a fényeloszlási görbe. A lámpatestek két legjellemzőbb karakterisztikájú fényeloszlása a közvilágítási fényeloszlás és a fényvető fényeloszlás.

Látási feladat: a világítási igény meghatározásakor figyelembe veendő tevékenységek; az ezek megfelelő és biztonságos elvégzéséhez szükséges minőségben és mennyiségben kell biztosítani a fényt a megvilágítás során.

LED: Light Emitting Diode, világító dióda; félvezető alapú fényforrás, kibocsátott fénye közel monokromatikus, hullámhossza a dióda anyagi minőségétől függ.

Lumen, lm: a fényáram mértékegysége. 1 lm fényáram 1 m²-nyi felületen 1 lx megvilágítást biztosít.

Lux, lx: lásd: megvilágítás.

Maximális fényerősség iránya: a lámpatest fényeloszlási test, illetve a fényeloszlási görbe legnagyobb fényerősség értékéhez tartozó szög értéke.

Megvilágítás: a sugárzott fényáram és a megvilágított felület hányadosa, jele E. Mértékegysége: lm/m², lux (lx).

Melatonin: az alvási ciklust irányító hormon. Sötétben keletkezik, ezért a „sötétség hormona” formában is említik. Kiválasztása az évszakok szerint változó fényviszonyokhoz is igazodik. Képződését a hipotalamusz vezérli a fény és a sötétség változásairól kapott információ alapján, s a tobozmirigy választja ki. Antioxidánsként is fontos szerepe van a szervezet működésében.

Nagynyomású nátriumlámpa: olyan nagynyomású kisülőlámpa, amelyben a fény túlnyomórészt 10 kPa nagyságrendű parciális nyomású nátriumgőz gerjesztése és sugárzása következtében jön létre. Jellegzetes sárga színt kibocsátó fényforrás, színhőmérséklete 2000 K körül van.

Nokturnalitás: élőlényeknél éjszakai aktivitásra és nappali alvásra, nyugalmi időszakra utal. A →diurnalitás-hoz hasonlóan megfigyelésen alapuló, leíró jellegű jellemzés.

Optikai tér: a lámpatest belső terének a fényforrás foglatát és az optikai elemeket (pl. tükrök, prizmák) tartalmazó elkülönített része.

Ökoszisztéma-szolgáltatás: az élővilág, az ökológiai rendszerek működésével járó, az emberiség, illetve a civilizáció fenntartásához, fennmaradásához szükséges folyamatok, hatások, termékek stb., amelyeket az emberiség közvetlen vagy közvetett módon felhasznál, kiakná, élvez. Fenntartó (pl. elsődleges produkció), szabályozó (pl. biológiai védekezés), ellátó (pl. élelmiszerek) és kulturális (pl. rekreáció) típusú ökoszisztéma-szolgáltatások léteznek, amelyeken keresztül közgazdasági szempontból értelmezhetővé válik a természetes ökoszisztémák és a biológiai sokféleség (társadalmi) értéke.

Pozitív fototaxis: fényérzékeny élőlények fény felé történő helyváltoztató ingermozgása.

Pozitív polarotaxis: polarizációérzékeny állatok poláros fény felé történő helyváltoztató ingermozgása.

Szabályozott világítás: a világítási berendezés meghatározott időbeli és mennyiségi igényeknek megfelelő üzemeltetése, amelyről a rendszer visszajelzést is küld. A szabályozott világítási rendszer különböző érzékelők jele alapján beavatkozik a világítási berendezés működésébe és felügyeleti funkcióra is alkalmas.

Szerelvénytér: a lámpatest belső terének a fényforrás működtetéséhez szükséges elemeket (pl. előtét, gyújtó, zavarcsűrő kondenzátor) tartalmazó része.

Szilárdtest-fényforrás: lásd: LED, valamint ide tartoznak a lumineszcens panelek, az OLED-ek is, de ez utóbbiak jelenleg általános világítási célra (pl. kültéri világításra) nem használatosak.

Szinantróp (faj): ember közelében élő (állat)faj.

Színhatás: a fehér fény összetett fény. Színhatása a kékesfehértől a sárgásfehérig terjed. Ezt az érzetet a $\rightarrow$ színhőmérséklet határozza meg.

Színkép: a fényforrások spektrális összetételét jellemzi.

Színhőmérséklet: a fényforrások spektrális eloszlását jellemző, a színérzetet meghatározó fogalom. A fekete test azon valódi hőmérséklete, amelyen színe megegyezik a vizsgált fényforrás színével. Hőmérsékleti sugárzás elvén működő fényforrások (pl. izzók) esetében a színhőmérséklet jól egyezik az izzószál hőmérsékletével. Nem hőmérsékleti sugárzás elvén működő fényforrások esetében inkább a $\rightarrow$ korrelált színhőmérséklet ($\rightarrow$ CCT) értelmezhető. Mértékegysége a Kelvin, K.

Színvisszaadás: a fényforrásnak az a jellemzője, amely megadja, hogy mennyire torzítja a tárgyak színét egy referencia fényforráshoz (vagy természetes fényhez) képest. A skála 0-tól 100-ig terjed. Minél nagyobb ez a szám, annál megfelelőbb a színvisszaadás.

Szkotopos látás: sötétre adaptált szem érzékelése; sötétben való látás. Sötét a környezet, ha fénysűrűsége néhány század cd/m^2 -nél kisebb.

Taposólámpa: talajba vagy útburkolatba süllyesztett, általában díszvilágításra használt lámpatest. A lámpatest burájának adott esetben közúti járművek okozta terhelést is el kell viselnie.

Taxon: élőlények egyazon kategóriába sorolt és közös gyűjtőnévvel ellátott csoportja a biológiai rendszer-tanban.

Tűrés: a világítás méretezése, mérése csak bizonyos bizonytalansággal végezhető. A méretezést névleges (katalógus) értékek alapján végzik, ezért az eltérés relatíve nagyobb lehet a műszaki életben megszokott néhány századtól vagy ezredtől. A megvilágítást mérő eszköz pontossága és a mérési pont meghatározása is befolyásolja a mérési eredményt.

ULOR: Upward Light Output Ratio; a lámpatestből a felső térfélbe (a horizont síkja fölé) jutó fényáram-hányad. A lámpatest ernyőzöttségének számszerűsítésére alkalmas mutató. Értéke 0-tól 1-ig terjedhet. Az ernyőzöttség szempontjából akkor beszélhetünk fényszennyezés-mentes megoldásról, ha az $ULOR = 0$.

Vezérelt világítás: a világítási berendezés olyan működtetése, amelynél a vezérlőjel a rendszer egy meghatározott állapotához kötötten jön létre vagy szűnik meg rendszerint egy kapcsolási menetrend szerint. Nincs visszacsatolás: a vezérlés nem ellenőrzi, hogy elérte-e a kívánt célt.

Világítási berendezés: az a villamos (elektromos) rendszer, amely tartalmazza a fényforrást, a lámpatestet/világítótestet, a tartószerkezetet, a villamos hálózatot és a vezérlést/szabályozást.

Világítótest: a lámpatest és a fényforrás együtt.

7. Fontosabb vonatkozó jogszabályok, szabványok

Jogszabályok

1996. évi LIII. törvény a természet védelméről

2007. évi LXXXVI. törvény a villamos energiáról

2011. évi LXXVII. törvény a világörökségről

253/1997. (XII. 20.) Kormányrendelet az országos településrendezési és építési követelményekről

275/2004. (X. 8.) Kormányrendelet az európai közösségi jelentőségű természetvédelmi rendeltetésű területekről

314/2005. (XII. 25.) Kormányrendelet a környezeti hatásvizsgálati és az egységes környezethasználati engedélyezési eljárásról

71/2015. (III. 30.) Kormányrendelet a környezetvédelmi és természetvédelmi hatósági és igazgatási feladatokat ellátó szervek kijelöléséről

9/2000. (V. 19.) KöM rendelet a Természetvédelmi Őrszolgálat Szolgálati Szabályzatáról

3/2002. (II. 8.) SzCsM-EüM együttes rendelet a munkahelyek munkavédelmi követelményeinek minimális szintjéről

103/2003. (XII. 27.) GKM rendelet a hagyományos vasúti rendszerek kölcsönös átjárhatóságáról

3/2008. (II. 5.) KvVM rendelet a természetvédelmi kezelési tervek készítésére, készítőjére és tartalmára vonatkozó szabályokról

Az agrárminiszter rendelete a Hortobágyi Nemzeti Park védőövezetének kijelöléséről (tervezet, kihirdetés alatt)

Szabványok

MSZ EN 12193 Fény és világítás. Sportlétesítmények világítása

MSZ EN 12464-2 Fény és világítás. Munkahelyi világítás. 2. rész: Szabadtéri munkahelyek

MSZ EN 12665 Fény és világítás. A világítási követelmények előírásához szükséges alapfogalmak és kritériumok (angol nyelvű)

MSZ CEN/TR 13201-1 Útvilágítás. 1. rész: Irányelvek a világítási osztályok kiválasztásához

MSZ EN 13201-2 Útvilágítás. 2. rész: A világítási jellemzők követelményei

MSZ EN 13201-3 Útvilágítás. 3. rész: A világítási jellemzők számítása (angol nyelvű)

MSZ EN 13201-4 Útvilágítás. 4. rész: A világítási jellemzők mérési módszerei

MSZ EN 13201-5 Útvilágítás. 5. rész: Energiahatékonysági jellemzők

MSZ EN 1838 Alkalmazott világítástechnika. Tartalékvilágítás

8. Az ábrák és képek készítői, forrásai

Dr. Boldogh Sándor 5.1., 5.2., 5.3.

Gadácsi Péter (<https://www.trekhunt.com/blog/hu/tavaszi-ebredes-velencen/>) 2.5.

Gyarmathy István 1.9.

Kolláth Kornél (https://ngdc.noaa.gov/eog/viirs/download_dnb_composites.html alapján) 1.2

Dr. Kolláth Zoltán 1.1., 1.3., 1.4., 1.6., 1.7., 1.8., 1.10., 1.11., 2.1., 2.2., 2.3., 2.4., 3.1., 3.2., 3.3., 3.4., 5.6., 5.7., 5.8., 5.12., 5.13., 5.15., 5.16.

Dr. Kolláth Zoltán és Dr. Martin Aubé 1.5

Kriska György 5.4. (A, C, D), 5.5.

Ladányi Tamás 5.9.

Novák Richárd 5.10., 5.11.

Pádárné dr. Török Éva 2.5. (baloldali kép)

Rácz Gergely 5.4. (B)

Tihanyi Gábor 1.4.

9. Felhasznált és ajánlott szakirodalom

- Altermatt, F., Ebert, D.: Reduced flight-to-light behaviour of moth populations exposed to long-term urban light pollution. *Biology Letters*, 12: 20160111. doi:10.1098/rsbl.2016.0111 (2016)
- Azam, C., Kerbiriou, C., Vernet, A., Julien, J.-F., Bas, Y., Plichard, L., Maratrat, J., Le Viol, I.: Is part-night lighting an effective measure to limit the impacts of artificial lighting on bats? *Global Change Biology* 21. (2015)
- Bennie, J., Davies, T. W., Cruse, D., Gaston, K. J.: Ecological effects of artificial light at night on wild plants. *J Ecol*, 104: 611-620. doi:10.1111/1365-2745.12551 (2016)
- Boldogh S. A. (szerk.): A mesterséges éjszakai megvilágítás hatása a denevérekre és a védekezés lehetőségei. In: Útmutató denevérvédelmi intézkedésekhez és a denevérbárát épület-felújításokhoz. Magyar Madártani és Természetvédelmi Egyesület Emlősvédelmi Szakosztály, Budapest, 13 p. (http://www.mme.hu/sites/default/files/emlos/deneverek_es_fenyszennyezés_boldoghs_mme.pdf.) (2019)
- Boldogh S. A., Dobrosi D., Samu P.: Szállásépületek kivilágításának hatása a denevérállományokra, VI. Magyar Denevérvédelmi Konferencia, Mártély, (2007)
- Boldogh S. A., Dobrosi D., Samu P.: The effects of illumination of buildings on housedwelling bats and its conservation consequences. *Acta Chiropterologica*, 9, pp. 527 – 534. (2007)
- Bruce-White, C., Shardlow, M.: A Review of the Impact of Artificial Light on Invertebrates. Buglife – The Invertebrate Conservation Trust, Peterborough, 32 pp. (2011)
- Davies, T. W., Bennie, J., Gaston, K. J.: Street lighting changes the composition of invertebrate communities, *Biology Letters* (2012)
- Dominoni D.M., Quetting M., Partecke, J.: Long-Term Effects of Chronic Light Pollution on Seasonal Functions of European Blackbirds (*Turdus merula*). *PLoS ONE* 8(12): e85069. doi:10.1371/journal.pone.0085069 (2013)
- Egri Á., Száz D., Farkas A., Pereszlényi Á., Horváth G., Kriska G.: Method to improve the survival of night-swarming mayflies near bridges in areas of distracting light pollution. *Royal Society Open Science* 4: 171166 (2017)
- Fuller, R.A., Warren, P.H., Gaston, K.J.: Daytime noise predicts nocturnal singing in urban robins. *Biol. Lett.* 3, 368–370. (2007)
- Garcia-Saenz, A., Sánchez de Miguel, A., Espinosa, A. et al: Evaluating the association between artificial light-at-night exposure and breast and prostate cancer risk in Spain (MCC-Spain study). *Environ Health Perspect* 126(4):47011 (<https://doi.org/10.1289/EHP1837>) (2018)
- Gill, V.: Light pollution dampens urban robins' song. <https://www.bbc.com/news/science-environment-38317255> (2016)
- Gyarmathy I.: A fényszennyezés ökológiai-természetvédelmi aspektusai, csillagoségbolt-parkok. In: Tájékozódás és tájvédelem – kihívások és lehetőségek. A Budapesten 2015. május 21-23. között megrendezett VI. Magyar Tájékozódási Konferencia előadásai. Eötvös Loránd Tudományegyetem Földrajz-és Földtudományi Intézet Környezet-és Tájföldrajzi Tanszék Budapest 34 – 41. (2016)
- Gyarmathy I., Kolláth Z.: Fényszennyezés és természet. *Természetbúvár* 2015. 4. szám (2015)
- Hercig, B.: Miért repülnek a rovarok a mesterséges fényre? *Növényvédelem*, 19: 111–118. (1983)
- Horton, K. G., Nilsson, C., Van Doren, B., M., La Sorte, F., A., Dokter A., F., Farnsworth, A.: Bright lights in the big cities: migratory birds' exposure to artificial light. *Front Ecol. Environ.* 17(4):209–214, doi:10.1002/fee.2029 (2019)
- Horváth G.: Chapter 9: Polarized Light Pollution. pp. 82-108. In: *Environmental Physics Methods Laboratory Practices*. (editor: Ákos Horváth) Typotex Kiadó: Budapest (2012)
- Horváth G., Kriska G., Malik P., Robertson, B.: Polarized light pollution: a new kind of ecological photopollution. *Frontiers in Ecology and the Environment* 7: 317-325 (2009)
- Horváth G., Kriska G., Robertson, B.: Chapter 20. Anthropogenic polarization and polarized light pollution inducing polarized ecological traps. pp. 443-513. In: G. Horváth (editor) *Polarized Light and Polarization Vision in Animal Sciences*. Springer: Heidelberg (2014)
- Hölker, F., Wolter, C., Perkin, E. K., Tockner, K.: Light pollution as a biodiversity threat. *Trends in Ecology & Evolution*, 25(12): 681-682. (2010)
- Mag. Dr. Huemer, P., Mag. Kühtreiber, H., Mag. Dr. Tarmann, G.: Anlockwirkung moderner Leuchtmittel auf

- nachtaktive Insekten - Ergebnisse einer Feldstudie in Tirol, Kooperationsprojekt Tiroler Landesumweltanwaltschaft, Innsbruck (2010)
- Jari Lyytimäki: Nature's nocturnal services: Light pollution as a non-recognised challenge for ecosystem services – research and management, *Ecosystem Services* 3 (2013) e44–e48
- de Jonge, M., Quyang, J. Q., da Silva, A. van Grunsven, R. H. A., Kempenaers, B., Visser, M.E., Spoelstra, K.: Effects of nocturnal illumination on life-history decisions and fitness in two wild songbird species. *Phil. Trans. R. Soc. B* 370: 20140128. <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2014.0128> (2015)
- Kempenaers, B., Borgström, P., Loes, P., Schlicht, E., Valcu, M.: Artificial Night Lighting Affects Dawn Song, Extra-Pair Siring Success, and Lay Date in Songbirds. *Current Biology* 20, 1735–1739. DOI 10.1016/j.cub.2010.08.028 (2010)
- Knop, E., Zoller, L., Ryser, R. et al.: Artificial light at night as a new threat to pollination. *Nature* 548, 206–209 (2017) doi:10.1038/nature23288 (2017)
- Ködöböcz V.: Fényen gyűjtött futóbogarak (Coleoptera: Carabidae) a debreceni Malompark Bevásárlóközpontnál, 2000 és 2018 között. *Folio Historico-Naturalia Musei Matrensis*, 42: 71–82 (2018)
- Kriska Gy., Bernáth B., Horváth G.: Polarotaxis in a mayfly that needs not search for water: polarotactic water detection in *Palingenia longicauda* (Ephemeroptera). *Naturwissenschaften*, 94: 148-154 (2007)
- Kumar, V., Rani, S., Malik, S.: Wavelength of light mimics the effects of the duration and intensity of a long photoperiod in stimulation of gonadal responses in the male blackheaded bunting (*Emberiza melanocephala*). *Curr. Sci.* 79, 508–510. (2000)
- Lambrechts, M. M., Blondel, J., Maistre, M., Perret, P.: A single response mechanism is responsible for evolutionary adaptive variation in a bird's laying date. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 94, 5153–5155. (1997)
- van Langevelde, F., Braamburg Annegarn, M., Huigens, M.E., Groendijk, R., Poitevin, O., van Deijk, J. R., Ellis, W. N., van Grunsven, R. H. A., DeVos, R., Vos, R. A., Franzen, M., WallisdeVries, M. F.: Declines in moth populations stress the need for conserving dark nights. *Global Change Biology*, 24(3): 925–932. (2018)
- Lewanzik, D., Voigt, C. C.: Transition from conventional to light-emitting diode street lighting changes activity of urban bats. *Journal of Applied Ecology*, 54(1): 264–271. doi:10.1111/1365-2664.12758 (2016)
- Longcore, T., Rich, C.: Ecological light pollution. *Front Ecol. Environ.* 2(4): 191–198. (2004)
- Longcore, T., Aldern, H. L., Eggers, J. F., Flores, S., Franco, L., Hirshfield-Yamanishi, E., Petrinec, L.N., Wilson, A.Y. & Barroso, A. M.: Tuning the white light spectrum of light emitting diode lamps to reduce attraction of nocturnal arthropods. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 370: 20140125. doi:10.1098/rstb.2014.012 (2015)
- Manfrin, A., Singer, G., Larsen, S., Weiß, N., van Grunsven, R. H. A., Weiß, N.-S., Wohlfahrt, S., Monaghan, M. T. & Hölker, F.: Artificial Light at Night Affects Organism Flux across Ecosystem Boundaries and Drives Community Structure in the Recipient Ecosystem. *Frontiers in Environmental Science*, 5: 61. doi:10.3389/fenvs.2017.00061 (2017)
- Manfrin, A., Lehmann, D., van Grunsven, R.H.A., Larsen, S., Syvaranta, J., Wharton, G., Voigt, C. C., Monaghan, M. T., Hölker, F.: Dietary changes in predators and scavengers in a nocturnally illuminated riparian ecosystem. *Oikos* 127 (7): 960–969. (2018)
- Málnás K., Polyák L., Prill É., Hegedűs R., Kriska G., Dévai G., Horváth G., Lengyel S.: Bridges as optical barriers and population disruptors for the mayfly *Palingenia longicauda*: An overlooked threat to freshwater biodiversity? *Journal of Insect Conservation* 15: 823-832 (2011)
- Mouritsen, H., O. N. Larsen: Migrating songbirds tested in computer-controlled Emlen funnels use stellar cues for a time-independent compass. *The Journal of Experimental Biology* 204:3855–3865. (2001)
- Nowakowski, J. J.: The impact of human presence on the nest distribution of blackbird (*Turdus merula*) and song thrush (*T. philomelos*). *Acta Ornitol.* 29, 59–65. (1994)
- Nowinszky L.: A fényszennyezés és a fénycsapdás rovargyűjtés, *Dissertationes Savarienses*, 36: 1–34. (2006)
- Nowinszky L.: A Jermy típusú fénycsapda gyűjtési távolsága fényszennyezett környezetben. *Növényvédelem* 43 (1): 31-36. (2007)
- Owens, A. C. S., Lewis, S. M.: The impact of artificial light at night on nocturnal insects: A review and synthesis. *Ecology and Evolution*, 8:11337–11358. doi:10.1002/ece3.4557 (2018)
- Pintérné N. E.: Három lámpatípussal végzett fénycsapdázás két mintaterületen. A klímaváltozás helyi és regionális kihívásai, zöld technológiák. Konferencia-kiadvány, Nyugat-Magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Sopron (2014)
- Poot, H., Ens, B., J., de Vries, H., Donners, M. A. H., Wernand, M., R., Marquenie, J. M.: Green light for nocturnally migrating birds. *Ecology and Society* 13(2): 47. [online] URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol13/iss2/art47/> (2008)
- Raap, T., Pinxten, R., Eens, M.: Light pollution disrupts sleep in free-living animals. 5, 13557. (2015)
- Rich, C., Longcore, T. (szerk.): *Ecological Consequences of Artificial Night Lighting*, Island Press, Washing-

- ton, D.C., 458 p. (2006)
- Schroer, S., Haffner, E., Holker, F.: Impact of artificial illumination on the development of a leaf-mining moth in urban trees. *International Journal of Sustainable Lighting IJSL* 1-10. (2019)
- da Silva, A., Samplonius, J.M., Schlicht, E., Valcu, M., Kempenaers, B.: Artificial night lighting rather than traffic noise affects the daily timing of dawn and dusk singing in common European songbirds. *Behav. Ecol.* 25, 1037–1047. (doi:10.1093/beheco/aru103) (2014)
- da Silva, A., Valcu, M., Kempenaers, B.: Light pollution alters the phenology of dawn and dusk singing in common European songbirds. *Phil. Trans. R. Soc. B* 370: 20140126. <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2014.0126> (2015)
- Spoelstra, K., van Grunsven, R. H. A., Donners, M., Gienapp, P., Huigens, M. E., Slaterus, R., Berendse, F., Visser, M. E., Veenendaal, E.: Experimental illumination of natural habitat—an experimental set-up to assess the direct and indirect ecological consequences of artificial light of different spectral composition. *Phil. Trans. R. Soc. B* 370: 20140129. <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2014.0129> (2015)
- Stone, E. L.: *Bats and Lighting: Overview of current evidence and mitigation*. University of Bristol, Bristol, United Kingdom, 78 pp. (<http://www.batsandlighting.co.uk/downloads/lightingdoc.pdf>) (2013)
- Száz D., Horváth G., Barta A., Robertson B. A., Farkas A., Egri Á., Tarjányi N., Rácz G., Kriska G.: Lamp-lit bridges as dual light-traps for the night-swarming mayfly, *Ephoron virgo*: Interaction of polarized and unpolarized light pollution. *Public Library of Science ONE* 10: e0121194 (2015)
- Voigt, C. C., Azam, C., Dekker, J., Ferguson, J., Fritze, M., Gazaryan, S., Hölker, F., Jones, G., Leader, N., Lewanzik, D., Limpens, H. J. G. A., Mathews, F., Rydell, J., Schofield, H., Spoelstra, K., Zagamajster, M.: *Guidelines for consideration of bats in lighting projects*. EUROBATS Publication Series No. 8. UNEP/EUROBATS Secretariat, Bonn, Germany, 62 p. (2018)
- Wiltschko, W., Munro, U., Ford, H., Wiltschko, R.: Red light disrupts magnetic orientation of migratory birds. *Nature* 364, 525–527. (1993)
- Wiltschko, R., Wiltschko, W.: Avian navigation: from historical to modern concepts. *Animal Behavior* 65:257–272. (2003)
- Leitfaden „Gutes Licht“ im Außenraum für das Großherzogtum Luxemburg. LE GOUVERNEMENT DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG, Ministère du Développement durable et des Infrastructures Département de l’environnement. Luxembourg, p. 93. (2018)
- Lighting of roads for motor and pedestrian traffic. Technical report. International Commission On Illumination. CIE 115:2010 2nd Edition. 62 p. (é. n.)
- Nemzeti Tájstratégia 2017–2026. Földművelésügyi Minisztérium, Budapest. 85 p. (2017) (Kihirdetve a 1128/2017. (III. 20.) Korm. határozatban.)
- Protected areas in Europe: essential for safeguarding the nighttime environment. Statement of the EU-COST Action ES 1204 LoNNe Loss of the Night Network. 7 p. (2015)