



**ACTA UNIVERSITATIS
DE CAROLO ESZTERHÁZY NOMINATAE**

TOM. XLVI.

SECTIO BIOLOGIAE

REDIGIT
VARGA JÁNOS

EGER, 2021

Az „Acta Universitatis de Carolo Eszterházy Nominatae” a IV. sorozata és folytatása az „Acta Academiae Paedagogicae Agriensis” (I. sorozat 1955–1962), az „Acta Academiae Paedagogicae Agriensis. Nova series” (II. sorozat 1963–2008), illetve az „Acta Academiae Agriensis. Nova series” (III. sorozat 2009–2017) tudományos közleményeinek.

AZ ESZTERHÁZY KÁROLY EGYETEM TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEI

XLVI. KÖTET

TANULMÁNYOK A BIOLÓGIAI Tudományok Köréből

SZERKESZTI
VARGA JÁNOS

EGER, 2021

**ACTA UNIVERSITATIS
DE CAROLO ESZTERHÁZY NOMINATAE**

TOM. XLVI.

SECTIO BIOLOGIAE

REDIGIT
JÁNOS VARGA

EGER, 2021

Szerkesztőbizottság elnöke:

Dr. habil. Emri Zsuzsa
tanszékvezető főiskolai tanár

Szerkesztőbizottság:

Prof. emeritus dr. Kikeli Pál István – Marosvásárhely Orvosi
és Gyógyszerészeti Egyetem Családorvosi Tanszék
Dr. Antal Károly – főiskolai docens
Dr. Bóka Beáta – főiskolai docens
Dudás György – címzetes egyetemi docens
Dr. Furcsa Laura – tanszékvezető főiskolai tanár
Dr. Kozma Mihály – címzetes főiskolai docens
Kvaszingerné dr. Prantner Csilla – egyetemi adjunktus

ISSN 2732-0480

A kiadásért felelős
az Eszterházy Károly Egyetem rektora
Megjelent az EKE Líceum Kiadó gondozásában
Kiadóvezető: Nagy Andor
Felelős szerkesztő: Domonkosi Ágnes
Nyomdai előkészítés, borító: Molnár Gergely

Megjelent: 2021-ben

Készítette: az Eszterházy Károly Egyetem nyomdája
Felelős vezető: Kérészy László



TARTALOMJEGYZÉK

Szűcs Péter, Fintha Gabriella, Tamási Gergő Mohaadatok a gödöllői városi köztemetőből.....	5
Teplánszki Dóra, Korompai Tamás A Vértű-hangyaboglárka, <i>Maculinea teleius</i> (Lepidoptera: Lycaenidae) mátrai állomá- nyának vizsgálata és a megmentésére irányuló kísérlet.....	13
Tatár László, Horotán Katalin, Varga Janos, Necrophag rovarok igazságügyben. <i>Lucilia sericata</i> (Diptera, Calliphoridae) jelentősége a tetemek lebontásának folyamatában.....	31
Fibecz Éva Anikó Gödöllő szelektív hulladékgyűjtése.....	51
Kiszely Kinga, Szalay Krisztina Környezeti attitűd vizsgálata alsó tagozatos gyermekek körében	73
Szabó Orsolya, Emri Zsuzsa Az autizmus spektrum betegséggel élő gyerekek iskolai integrációjának lehetősége.....	91
Kolláth Zoltán, Mika János, Pénzesné Kónya Erika (szerk): Nemzetközi kutatási környezet kialakítása a fényszennyezés vizsgálatának területén	107
Zoltán Kolláth Foreword	109
Zoltán Kolláth, Dénes Száz, Kai Pong Tong, Kornél Kolláth Light Pollution Survey in Hungarian National Parks.....	111
Andrea Pozsgai, Alexandra Pusztai-Eredics, Gábor Baranyai, Tibor Lenner The connection between public lighting modernisation and light pollution: The Dunaújváros pattern.....	125
Kai Pong Tong, Zoltán Kolláth Future long-term night sky monitoring projects shall use multispectral imaging sensors when possible	133
István Gyarmathy, Tamás Korompai, Richárd Novák, János Varga, Miklós Dombos Investigation of insect attraction effect of lamps with different color temperatures	147
József Gyurác, Zoltán Lukács, Péter Molnár, Zoltán Kolláth Light and territoriality: A preliminary report on a capture-recapture study of common Blackbird (<i>Turdus Merula</i>).....	157
Magdolna Dani, Péter Molnár, Anna Skribanek The sensitivity of herbaceous plants to light Pollution.....	173
János Mika, Anna Apró Connections of the light pollution issue to the un sustainable development goals.....	183

SZŰCS PÉTER¹, FINTHA GABRIELLA¹ & TAMÁSI GERGŐ²

MOHAADATOK A GÖDÖLLŐI VÁROSI KÖZTEMETŐBŐL

¹Eszterházy Károly Egyetem, TTK, Biológiai Intézet, Növénytani és Növényélettani Tanszék, 3300 Eger, Leányka u. 4.; ²Eszterházy Károly Egyetem, TTK, Biológia BSc szak, 3300 Eger, Leányka u. 4.

E-mail: szucs.peter@uni-eszterhazy.hu

Összefoglalás

Jelen munka egy hosszabb távú, bryoflorisztikai kutatás kezdeti eredményeit közli Gödöllő város köztemetőjéből. A kutatási területen a terepi gyűjtéseket 2020. július és augusztus hónapokban végeztük el. A temető területéről eddig 28 taxon került meghatározásra, melyek között 1 májmoha és 27 lombosmoha szerepel. Az azonosított fajok többsége hazai viszonylatban gyakori és közönséges. Természetvédelmi szempontból figyelmet érdemlő fajok a *Brachythecium albicans* és a *Syntrichia virescens*, illetve veszélyeztetettség közeli státuszú a *Brachythecium glareosum*, a *Nyholmia obtusifolia* és a *Pseudocrossidium revolutum* lombosmohák.

Kulcsszavak: épített környezet, mohaflóra, Közép-Magyarország, diverzitás, vörös lista

Elfogadva: 2020. 12. 03.

Elektronikusan megjelent: 2021.

PÉTER SZŰCS, GABRIELLA FINTHA & GERGŐ TAMÁSI

PRELIMINARY RESULTS OF BRYOFLORESTICAL INVESTIGATION IN CEMETERY OF GÖDÖLLŐ TOWN

¹*Eszterházy Károly University, Faculty of Natural Sciences, Institute of Biology, Department of Botany and Plant Physiology; H 3300 Eger, Leányka u. 4.;* ²*Eszterházy Károly University, Faculty of Natural Sciences, Biology BSc; 3300 Eger, Leányka u. 4.*

E-mail: szucs.peter@uni-eszterhazy.hu

Abstract

Present paper describes the preliminary result of bryofloristical investigation in the cemetery of the Hungarian town. The study was started in July of 2020, altogether 28 bryophyte taxa (1 liverworts and 27 mosses) were identified from the cemetery. Most detected bryophytes are common in Hungary. Notable species from the territory: *Brachythecium albicans*, *Brachythecium glareosum*, *Nyholmia obtusifolia*, *Pseudocrossidium revolutum*, *Syntrichia virescens*.

Keywords: *artificial environment, bryophyte flora, Central Hungary, diversity, red list*

Accepted: 03. 12. 2020.

Published online: 2021.

Bevezetés

Az urbánus környezet funkcionális zöldfelületeinek növelését és a már meglévő zöldterületek megővését az európai országokban egyre fontosabbnak tartják, így e helyek florisztikai vizsgálatai egyre nagyobb hangsúlyt kapnak a hazai városi ökológusok és botanikusok körében is (HÜSE és RADÓCZ, 2016; WIRTH és mtsai., 2020). Ilyen szemi-urbánus és urbánus zöldterületeknek tekinthetők a városközeli vagy a városi temetők, melyeknek az edényes flórákutatása hazánkban jól dokumentált (Molnár, 2018).

A mohaflóra összetétele és diverzitása ritkán képezi a városi területeket célzó florisztikai felmérések részét.

Közép-kelet-európai viszonylatban az épített környezethez tartozó temetők mohaflórájáról viszonylag kevés ismerettel rendelkezünk. Lengyelországból Fudali (2001; 2006), Szlovákiából Mišíková és munkatársai (Mišíková és mtsai., 2018) közöltek adatokat és végeztek leíró jellegű statisztikai összehasonlítást

a temetkezési helyek mohafldráját illetően. Magyarországon célzott és teljességre törekvő, hasonló területeket érintő bryológiai munka nem ismert. Az elmúlt években Almásfüzitő (Szűcs és mtsai., 2017) és Balaton (ZSÓLYOM és Szűcs, 2018) községek temetőiből történt említhető adatközlés.

Jelen közleményünkben a gödöllői városi temetőben 2020 nyarán megkezdett mohafldrisztikai vizsgálatok előzetes eredményeit adjuk közre.

Kutatási terület ismertetése

Jelen kutatási terület a gödöllői Dózsa György úti köztemető, mely a város központjában helyezkedik el, 7 hektáros területen. 1746-ban létesült a temető elődje, mely akkor még kellő távolságra helyezkedett el a várostól, napjainkra a terület köré épült a város, és így teljesen urbanus környezetnek tekinthető funkcionális zöldfelületté vált, távol a természetes zöldövezettől.

Gödöllő város Pest megyében, a Gödöllői-dombság kistáj részeként a Rákospatak völgyében terül el. A kistáj fekvése, geológiai és éghajlati adottságai alapján átmeneti zónának tekinthető az Észak-magyarországi-középhegység és az Alföld között, ami a két nagytáj közé önálló dombvidékként ékelődik. A jelen felszíni formák kialakulása a felső pliocénhoz köthető, döntően dunai eredetű folyami homok és a Kárpátokból érkező folyók járultak hozzá a táj feltöltődéséhez. A terület északnyugati részére homokkő és kavics települt, amit az Alföld medencéje felé eső peremen felső-pannóniai homokos agyag vált, melyre az Ős-Duna és mellékfolyói által lerakott folyóvízi üledék rakódott (LÁNG, 1967; DEMÉNY, 2007).

A térség éghajlata átmeneti, a 200 méternél magasabb területek és a kistáj északi része mérsékelten hűvös–mérsékelten száraz, a többi terület mérsékelten meleg–száraz. A kettősség döntően a dombvidék északi és déli része között figyelhető meg, melynek eredményeképpen egyedi mezoklíma alakult ki a kistájban. Az évi középhőmérséklet északon 9,5–9,7 °C, az évi napfénytartam 1950 óra körül van, míg az évi csapadékmennyiség 540–580 mm közötti. A kistáj éghajlata jellemzően a mérsékelten melegigényes kultúráknak kedvez, míg a magasabb területei leginkább erdőgazdálkodásra hasznosíthatóak. Az uralkodó és egyben legerősebb szélirány az északnyugati. A kistáj meghatározó vízfolyása a Rákospatak, a patak hossza 37,5 km. A patak főága Gödöllő várostól észak-északnyugatra ered. A patak vizét több helyen már régóta tóvá duzzasztották (LÁNG, 1967; DEMÉNY 2007).

A Gödöllői-dombság platóin jellemzőek a gyertyános-tölgyeshez hasonló, de bükkös elemekben és gyertyánban szegényebb mezei juharos-tölgyesek (DEMÉNY, 2007; DÖVÉNYI, 2010).



1. ábra. A régi, elhanyagolt sír építmények gyakran ideális mohaélőhelyek (fotó: Tamási Gergő).

A kutatási területen közel 8000 sírhely található. A sírok többnyire ápolts, viszonylag új síremlékek, melyek többsége sima felszínű műkőből és márványból készült.

A temetőben nyílt gyepek a bejárattól balra eső több mint 1 hektáros területen található. A temetőnek ez a része elhanyagolt, itt területkezelés nem történik, néhány régi síremlék csak helyenként fordul elő a borostyánnal borított szakaszon (1. ábra).

A sétányokat helyenként parkfák szegélyezik, leggyakoribb telepített fajok az *Acer campestre*, a *Tilia cordata* és a *Thuja orientalis*.

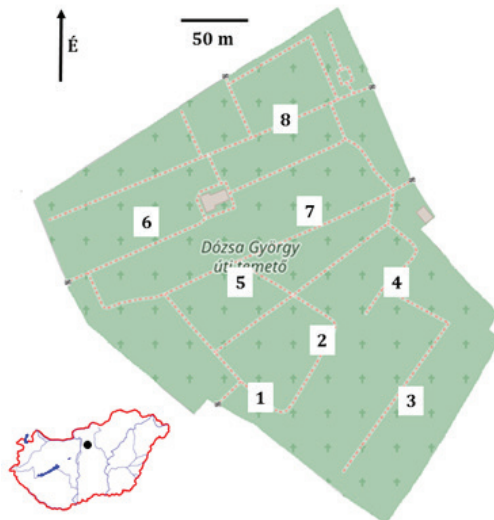
Anyag és módszer

A terepi gyűjtések 2020 júliusában és augusztusában történtek, a mikroszkópos határozást fény- és sztereomikroszkóppal végeztük, melyhez határozókönyveket (SMITH, 2004; ATHERTON és mtsai., 2010; LÜTH, 2019) vettünk igénybe. A begyűjtött példányok az Eszterházy Károly Egyetem Növénytan és Növényélettani Tanszékének Kriptogám Herbáriumában (EGR) kerültek elhelyezésre. A fajok megnevezését májmohák és lombosmohák esetében egységesen HODGETTS és mtsai. (2020) munkája alapján végeztük.

Gyűjtési helyek

A feltüntetett gyűjtési lokalitások (2. ábra) adataira vonatkozóan megadjuk a gyűjtési hely sorszámát, az élőhely megnevezését, a gyűjtés idejét és a GPS-koordinátákat.

1. árnyékos mészkő, műkő, homokos talaj (2020. 07. 21.) N47.601257° E19.340388°
2. járdaszegély, beton, homokos talaj, műkő (2020. 07. 21.) N47.601705° E19.341118°
3. nyílt füves gyeper, műkő (2020. 07. 21.) N47.600938° E19.342116°
4. kaszált gyeper, homokos talaj, műkő, beton (2020. 07. 21., 2020. 07. 23.) N47.601915° E19.341622°
5. árnyékos beton, műkő, kavicsos talaj (2020. 07. 23.) N47.602038° E19.339959°
6. száraz homokos talaj, műkő, kavicsos talaj, beton (2020. 07. 23.) N47.602233° E19.339197°
7. árnyékos műkő, füves talaj, beton, fakéreg (2020. 08. 03., 2020. 08. 04.) N47.60266° E19.340989°
8. száraz homokos talaj, műkő, beton (2020. 08. 03.) N47.603080° E19.341075°



2. ábra. A település fekvése és a gyűjtési pontok elhelyezkedése. (forrás: © OpenStreetMap közreműködők)

Eredmények

Az eddigi határozási eredmények alapján összesen 1 májmoha és 27 lombosmoha azonosítása történt meg a kutatási területről. Természetvédelmi szempontból figyelmet érdemel a *Brachythecium albicans*, a *Syntrichia virescens*, és veszélyeztetettség közeli státuszú a *Brachythecium glareosum*, a *Nyholmiella obtusifolia* és a *Pseudocrossidium revolutum* lombosmohák. A többi azonosított mohafaj döntő hányada a vizsgált hazai településeken (Szűcs és mtsai., 2017; ZsÓLYOM és Szűcs, 2018) szintén előfordul.

Enumeráció – Felsorolás

Az azonosított taxonokat, különválasztva a lombos- és májmohákat, alfabetikus sorrendben soroljuk fel. A fajnevek author neve után szerepel a fajok veszélyeztetettségi besorolásának rövidítése. A használt kategóriák a hazai vörös lista alapján (PAPP és mtsai., 2010): LC – nem fenyegetett; LC-att – nem fenyegetett, de figyelmet érdemlő; NT – veszélyeztetettség közeli. Ezt követi a faj a kutatási területen belüli lokalitása és az aljzat megadása.

Marchantiophyta – Májmohák

Radula complanata (L.) Dumort. – LC – 7: *Acer campestre* kéreg

Bryophyta – Lombosmohák

- Amblystegium serpens* (Hedw.) Schimp. – LC – 2, 8: műkő; 1, 2, 3, 6, 7: talaj
Barbula unguiculata Hedw. – LC – 7: műkő; 8: talaj
Brachythecium albicans (Hedw.) Schimp. – LC-att – 7: talaj
Brachythecium glareosum (Bruch ex Spruce) Schimp. – NT – 6: talaj
Brachythecium rutabulum (Hedw.) Schimp. – LC – 1, 2, 3, 6, 8: talaj
Bryum argenteum Hedw. – LC – 2, 4, 5, 7: műkő
Ceratodon purpureus (Hedw.) Brid. – LC – 2, 5: talaj; 4, 5, 7: műkő
Cirriphyllum crassinervium (Taylor) Loeske & M. Fleisch – LC – 7: műkő
Grimmia pulvinata (Hedw.) Sm. – LC – 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8: műkő; 1: mészkő
Homomallium incurvatum (Schr. ex Brid.) Loeske – LC – 1, 2, 3, 5, 7: műkő
Homalothecium sericeum (Hedw.) Schimp. – LC – 7: műkő
Hypnum cupressiforme Hedw. – LC – 1, 2, 3: talaj; 5, 7, 8: műkő
Hypnum cupressiforme var. *lacunosum* – LC – 8: műkő
Nyholmiella obtusifolia (Brid.) Holmen & E.Warncke (Syn.: *Orthotrichum obtusifolium*) – NT – 7: *Thuja orientalis* kéreg
Orthotrichum anomalum Hedw. – LC – 5, 7: műkő
Orthotrichum diaphanum Schrad. ex Brid. – LC – 1, 4, 6: műkő
Oxyrrhynchium hians (Hedw.) Loeske – LC – 1, 4, 5, 6, 7, 8: talaj; 2, 3: műkő
Plagiomnium affine (Blandow ex Funck) T. J. Kop. – LC – 1, 4: talaj
Plagiomnium cuspidatum (Hedw.) T. J. Kop. – LC – 1, 2, 3, 4: talaj
Pseudocrossidium revolutum (Bird.) R.H. Zander – NT – 1: mészkő
Ptychostomum imbricatulum (Müll.Hal.) Holyoak & N.Pedersen (Syn.: *Bryum caespiticium*) – LC – 7: műkő
Ptychostomum moravicum (Podp.) Ros & Mazimpaka (Syn.: *Bryum moravicum*) – LC – 6: *Salix* kéreg; 7: *Thuja orientalis* kéreg; 8: talaj
Schistidium crassipilum H. H. Blom – LC – 3, 4, 5: műkő
Streblochum convolutum (Hedw.) P.Beauv. (Syn.: *Barbula convoluta*) – LC – 2: talaj

Syntrichia ruralis (Hedw.) F. Weber & D. Mohr – LC – 4, 5, 6, 7: műkő
Syntrichia virescens (De Not.) Ochyra – LC-att – 1: műkő
Tortula muralis Hedw. – LC – 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8: műkő

Köszönetnyilvánítás

A harmadik szerző munkája az Innovációs és Technológiai Minisztérium ÚNKP-20-1 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült. A szerzők köszönetet mondanak a kézirat lektorainak hasznos javaslataikért.

Felhasznált irodalom

- ATHERTON, I., BOSANQUET, S., LAWLEY, M. (eds.) (2010). *Mosses and liverworts in Britain and Ireland: A field guide*. British Bryological Society, Plymouth, 848 pp.
- DEMÉNY, K. (2007). A Gödöllői-dombság általános bemutatása. *Tájökológiai lapok* 5(2): 213–223.
- DÖVÉNYI, Z. (szerk.) (2010). *Magyarország kistájainak katasztere*. MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest, 876 pp.
- FUDALI, E. (2001). The ecological structure of the bryoflora of Wrocław's parks and cemeteries in relation to their localization and origin. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae* 70: 229–235.
DOI: <https://doi.org/10.5586/asbp.2001.030>
- FUDALI, E. (2006). Influence of city on bryophyte floristical and ecological diversity in parks and cemeteries. *Biodiv Res and Conserv*, 1-2, 131–137.
- HODGETTS, N. G., SÖDERSTRÖM, L., BLOCKEEL, T. L., CASPARI, S., IGNATOV, M. S., KONSTANTINOVA, N. A., LOCKHART, N. B. PAPP, B., SCHRÖCK, C., SIM-SIM, M., BELL, D., BELL, N. E., BLOM, H. H., BRUGGEMAN-NANNENGA, M. A., BRUGUÉS, M., ENROTH, J., FLATBERG, K. I., GARILLETI, R., HEDENÄS, L., HOLYOAK, D. T., HUGONNOT, V., KARIYAWASAM, I., KÖCKINGER, H. KUČERA, J., LARA, F. PORLEY, R. D. (2020). An annotated checklist of bryophytes of Europe, Macaronesia and Cyprus. *Journal of Bryology*, 42(1), 1–116.
DOI: <https://doi.org/10.1080/03736687.2019.1694329>
- HÜSE, B., RADÓCZ, SZ. (2016). Városi gyepes területek szerepe a biodiverzitás fenntartásában – Esettanulmány Debrecen város zöldterületeinek felmérésében. *Gyepgazdálkodási közlemények*, 14(1), 9–17.
- LÁNG, S. (1967). *A Cserhát természeti földrajza*. Akadémiai Kiadó, Budapest, 376 pp.

- LÜTH, M. (2019). *Mosses of Europe – A Photographic Flora*; set of 3 volumes, Poppen & Ortman, Freiburg, 1360 p.
- MIŠÍKOVÁ, K., ORBÁNOVA, M. GODOVIČOVÁ, K. (2018). Bryophytes in cemeteries in the small Carpathian region (Slovakia). *Acta Botanica Universitatis Comenianae*, 53, 45–53.
- MOLNÁR, V. A. (szerk.) (2018). Élet a halál után. *A temetők élővilága*. Debreceni Egyetem TTK Növényélettani Tanszék, Debrecen, 216 pp.
- PAPP, B., ERZBERGER, P., ÓDOR, P., HOCK, Zs., SZÖVÉNYI, P., SZURDOKI, E., TÓTH, Z. (2010). Updated checklist and red list of Hungarian bryophytes. *Studia botanica hungarica*, 41, 31–59.
- SMITH A. J. E. (2004). *The moss flora of Britain and Ireland*. Cambridge University Press, Cambridge, 1012 pp.
- SZÚCS, P., PÉNZES-KÓNYA, E. HOFMANN, T. (2017). The bryophyte flora of the village of Almásfüzitő, a former industrial settlement in NW-Hungary. *Cryptogamie, Bryologie*, 38(2), 153–170.
DOI: <https://doi.org/10.7872/cryb/v38.iss2.2017.153>
- WIRTH, T., KOVÁCS, D., CSIKY J. (2020). Adatok és kiegészítések a magyarországi adventív flóra kivadult, meghonosodott és potenciális inváziós fajainak ismeretéhez. *Kitaibelia*, 25(2), 111–156.
DOI: <https://doi.org/10.17542/kit.25.111>
- ZSÓLYOM, D., SZÚCS, P. (2018). Balaton település (Heves megye) mohafldrája. (The bryophyte flora of Balaton village (Heves county, Hungary)). *Botanikai Közlemények*, 105(2), 231–242.
DOI: <https://doi.org/10.17716/BotKozlem.2018.105.2.231>

TEPLÁNSZKI DÓRA¹ – KOROMPAI TAMÁS²

A VÉRFŰ-HANGYABOGLÁRKA, *MACULINEA TELEIUS* (LEPIDOPTERA: LYCAENIDAE) MÁTRAI ÁLLOMÁNYÁNAK VIZSGÁLATA ÉS A MEGMENTÉSÉRE IRÁNYULÓ KÍSÉRLET

¹Állatorvostudományi Egyetem, 1077 Budapest, Rottenbiller u. 50.,
dorateplanszki@gmail.com; ²Bükk Nemzeti Park Igazgatóság, 3304
Eger, Sánc u. 6., KorompaiT@bnpi.hu

Összefoglalás

A vérfű-hangyaboglárka, *Maculinea teleius* (Bergsträsser, 1779) szórványosan fordul elő a Bükk Nemzeti Park Igazgatóság működési területén. Ezen belül a Mátra térségében mindössze két, egymáshoz közeli élőhelyfoltban maradt fenn a faj, Sirok határában. Ezen a két területen végeztünk jelölés-visszafogásos vizsgálatot, illetve felmértük a petézésre alkalmas őszi vérfű, *Sanguisorba officinalis* L. virágzatok számát. A kutatásainkat a lepkefaj repülési idejének második felében kezdtük el, miután szembesültünk az itt fennálló élőhelykezelési problémával. A két területen folyó gazdálkodás meglehetősen rapszodikus, évenként nagyon eltérő. Az utóbbi években a kisebb rétet júliusban kaszálták le, ami a vérfű-hangyaboglárka számára kedvezőtlen. Ennek következtében kritikusan lecsökkent az ottani populáció egyedszáma, a 2017-es felmérés során mindössze 6 egyedet jelöltünk meg. Ugyanebben az évben viszont kedvező időpontban történt a kaszálás, így a lepkék repülési idejében sok virágzó vérfű volt a területen (915 virág). A nagyobb élőhelyfoltban ennek éppen az ellenkezője történt, a 2017 előtti években a megfelelő időpontban történő kaszálások következtében stabil állománya volt a lepkének, így a felmérés során 31 egyedet jelöltünk meg. 2017-ben viszont július elején kaszálták le a gyepet, így a lepkék szaporodási idejében alig volt petézésre alkalmas virágzó vérfű a területen (mindössze 76 virág). A faj mátrai állományának megőrzése érdekében lepke-áttelepítést végeztünk. A virágzó vérfűvet alig tartalmazó élőhelyről vittünk át egyedeket az ebben bővelkedő rétre. Így tudtunk szaporodási lehetőséget biztosítani a lepkék számára. 2018-ban megismételtük a vizsgálatainkat, hogy meggyőződhessünk a sikerességünkről. A kisebb élőhelyen 22 egyed került megjelölésre, tehát jelentősen emelkedett a populáció egyedszáma. A tápnövény virágfejeinek száma is növekedett: az előbbi területen 1198 db, az utóbbin 7018 db-ot számoltunk össze.

Kulcsszavak: gyepkezelés, kaszálás, jelölés-visszafogás, tápnövény denzitás, áttelepítés

Elfogadva: 2020. 12. 03.

DÓRA TEPLÁNSZKI¹ – TAMÁS KOROMPAI²

**A STUDY OF THE SCARCE LARGE BLUE BUTTERFLY,
MACULINEA TELEIUS (LEPIDOPTERA: LYCAENIDAE)
AND ITS HOST PLANT IN HUNGARY,
MÁTRA REGION**

¹Állatorvostudományi Egyetem, 1077 Budapest, Rottenbiller u. 50.,
dorateplanszki@gmail.com; ²Bükk Nemzeti Park Igazgatóság, 3304
Eger, Sánc u. 6., KorompaiT@bnpi.hu

Abstract

The scarce large blue butterfly *Maculinea teleius* (Bergsträsser, 1779) has a scattered distribution in the Bükk National Park, NW Hungary. In the Mátra area, they have only two populations remained in grassland patches close to each other near the village, Sirok. In these two meadows, we have carried out a capture-mark-recapture study, and also counted the number of great burnet, *Sanguisorba officinalis* L. flowers which can be useful for laying eggs. We started our fieldwork in the second half of the flying period after we found inadequate habitat management here. In the last few years, the smaller meadow was mowed in July, which is unfavorable for the scarce large blues. As a result, the number of individuals in the population is critically reduced. In 2017, we have marked only 6 individuals here. However, the mowing was done at the right time this year, so there were many flowering great burnets in the area at the time of the flight (915 flowers). The opposite happened in the larger habitat. Due to mowing at the right time in recent years, the scarce large blue has a stable population, so we can mark 31 individuals here. However, the meadow was mown in early July in 2017, so we could count just a few flowers (76 flowers). Because of these habitat management problems, we decided to make butterfly translocations. We have captured individuals in the larger meadow barely containing flowering plants, then we released them on the smaller plot rich in flowering great burnets. In 2018, we repeated our study, and 22 scarce large blue were marked in the smaller habitat. The number of flower heads of the host plant also increased: it was 1198 in the smaller plot, and 7018 in the larger one.

Keywords: *grassland management, mowing, host plant density, mark-recapture, translocation*

Accepted: 03. 12. 2020.

Bevezető

Napjainkban egyre nagyobb gondot okoz a biodiverzitás csökkenése, az élőhelyek eltűnése és degradálódása. A természetes élőhelyek természetközeli állapotban történő megőrzése nélkülözhetetlen egyes állat- és növényfajok fennmaradásának szempontjából. Különös figyelmet kell fordítanunk a nedves gyepekre, hiszen az ember tájátalakító tevékenysége folytán ezek eltűnőben vannak. Hazánkban a Bükki Nemzeti Park Igazgatóság működési területén is találhatóak ilyen területek, melyeken még találkozhatunk az ilyen élőhelytípusok egyik karakterfajával, az egyre ritkább őszi vértűvel, *Sanguisorba officinalis* L. Ez a növény a tápnövénye a védett vértű-hangyaboglárkának, *Maculinea teleius* (Bergsträsser, 1779), melynek populációi Európa-szerte csökkenő tendenciát mutatnak. Erre a Natura 2000 jelölőfajra nézve nem csak a tápnövény megléte, hanem (több más tényező mellett) a hangyagazda fajok jelenléte is limitáló tényezőként hat. Ezen kívül hazánkban nagy problémát okoz a nem megfelelő élőhelykezelés is, mely szintén érzékenyen érinti a vértű-hangyaboglárkát. Sajnálatos módon az általunk vizsgált területen (Sirok, Parádi-Tarna menti rétek) ez egy rendszeresen fennálló probléma volt. A kisebb terület nem megfelelően volt kezelve évekig, így a kedvezőtlen időpont(okban) történt kaszálás(ok) miatt az ottani *M. teleius* populáció rendkívül alacsony egyedszámban volt jelen. Ennek éppen az ellenkezője történt a nagyobb élőhelyfoltban, hiszen ott az elmúlt években a megfelelő időpontban történő kaszálások következtében stabil állománya volt a lepkének. 2017 tavaszán és nyarán azonban a nagyobb területet érintette a kaszálási probléma, így az ottani populáció egyedei nagyságrendekkel kevesebb virágzó vértűvet találhattak a repülési idejük alatt, mint a kisebb élőhelyfolton élő egyedek. Miután szembesültünk a kezelési problémával, megkezdtük a felméréseinket a lepkefaj repülési idejének második felében, azzal a reménnyel, hogy munkánkkal hozzájárulhatunk a faj mátrai állományának megőrzéséhez. 2018-ban pedig megismételtük a vizsgálatainkat, hogy meggyőződjhessünk a két populáció természetvédelmi helyzetéről.

Munkánk során célul tűztük ki, hogy ezen a két területen jelölés-visszafogásos vizsgálatot végezzünk, hogy megbecsülhessük a populációk egyedszámát. Emellett fel akartuk mérni a petezésre alkalmas őszi vértű virágzatok darabszámát.

A faj mátrai állományának megőrzése érdekében elhatároztuk, hogy áttelepítéseket végzünk a virágzó vértűvet alig tartalmazó területről a virágokban bővelkedő rétre. Így próbálva szaporodási lehetőséget biztosítani a lepkék számára.

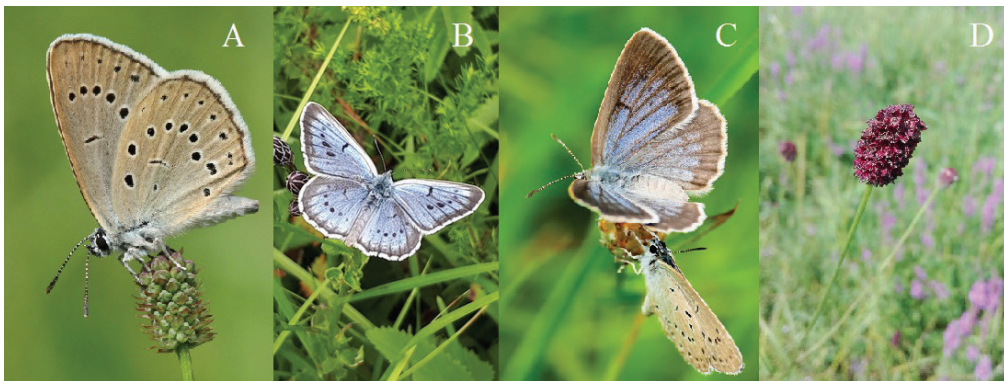
Anyag és módszer

A vizsgált lepkefaj

A vérfű-hangyaboglárka a boglárkalepkék (*Lycaenidae*) családjába, ezen belül a hangyaboglárkák nemébe tartozó nappali lepke fajunk.

Méretét tekintve közepes méretű, mindösszesen 23-34 mm. Szárnyainak alapszíne ragyogó mélykék, melyen apró fekete foltok és széles fekete szegély található, ami a hímek esetében vékonyabb, a nőstényeknél vastagabb. A fonák hamuszürkés vagy barnásszürkés árnyalatú, melyen két pontsor fut végig a szegély mentén. A szemfoltosora egyenesen, illetve nagyon kis mértékben ívelten helyezkedik el, a szegélyfoltosorát csak a belső ívfoltok és a külsők árnyéka teszi ki (GERGELY és mtsai., 2017) (1. ábra, A).

A hangyaboglárkákra ivari dimorfizmus is jellemző, ezért a szárnyak felszínén is találunk elkülönítő bélyegeket, melyeket összevetve általában sikeresen elkülöníthetők az ivarok. A hímek alapszíne a boglárka lepkékre jellemzően ragyogó kék, több-kevesebb fekete behintéssel, a hátulsó szárnyakon többnyire jól kivehetőek a szemfoltok (1. ábra, B). A hímekhez képest a nőstények szárnyfelszínén a fekete rajzlati elemek kiterjedtebbek, csak a tőtérnél látható a kék színű behintés (1. ábra, C) (GERGELY és mtsai., 2017).



1. ábra. A vérfű-hangyaboglárka (*Maculinea teleius*) és tápnövénye, az őszi vérfű (*Sanguisorba officinalis*) megjelenése

A) A vérfű-hangyaboglárka fonáka hamu- vagy barnásszürkés árnyalatú. (A kép szerzője: Hartmann Johanna, Pribéli Levente, izeltlabuak.hu, licenc: CC BY 4.0)

B) A hím alapszíne ragyogó kék, több-kevesebb fekete behintéssel, a szemfoltok jól kivehetőek. (A kép szerzője: Pásztor Kata, izeltlabuak.hu, licenc: CC BY 4.0)

C) A nőtények szárnyfelszínén a fekete rajzlati elemek kiterjedtebbek, csak a tőtérnél látható a kék színű behintés. (A kép szerzője: Káldi József, izeltlabuak.hu, licenc: CC BY-NC-ND)

D) Az őszi vértű a nevét a 4 db csészeleveléről kapta, melyek sötétvörös színben pompáznak. (A kép szerzője: Teplánszki Dóra)

Élőhelyei kizárólag olyan láp- és mocsárrétek, üde erdei tisztások, illetve kaszálók, melyeken a tápnövénye, az őszi vértű megtalálható (BATÁRY és mtsai., 2007). Ha ÁNÉR kategóriák szerint nézzük, akkor ezek a nedves gyepek és magaskórósok (D), illetve láp- és ligeterdők (J) kategóriákba eső területek. A faj az alábbi Natura 2000 élőhelytípusokon fordul elő: mészkedvelő üde láp- és sásrétek (7230), üde magasfüvű kaszálórétek (6510), kékperjés láprétek (6410) és síkvidéki mocsárrétek (6440) (HARASZTHY, 2014).

A kifejlett példányok repülési ideje július elejétől augusztus végéig tart, a rajzáscsúcs általában július-augusztus fordulójára esik. Bár életük rövid, mindössze néhány nap, ennek ellenére sokat repülnek és mozgékonyak. Kikelés után szinte azonnal megkezdik a párzást és a peterakást (HARASZTHY, 2014). Éppen ezért a nőtény a vértű virágok közelében marad, míg a hímek a nőtényeket keresve nagyobb területen őrjáratognak.

Petéiket közvetlenül a vértű tömött bordó virágzatába rakják le, ahol kikelésük után a lárvák a magkezdeménnyel táplálkoznak. Innen egy hónap múlva, a negyedik lárvastádiumot elérve kirágyák magukat és egy szövédékszálon ereszkednek le a talajra. Itt a hernyó kémiai anyagokkal magához csalogatja valamelyik bütyköshangya fajt (*Myrmica spp*), azok pedig adoptálják és hazaviszik a bolyukba. Hazánkban több ilyen hangyagazda faj is képes sikeresen felnevelni a *M. teleius* hernyókat (WITEK és mtsai., 2011, TARTALLY, 2009, TARTALLY és VARGA, 2008, ALS és mtsai., 2002). A hangyafészkekben a hangyalárvák viselkedését és feromonjait utánozva maradnak „észrevétlenek”. Táplálékul a tőlük kisebb hangyalárvákat fogyasztva predátor életmódot folytatnak (HARASZTHY, 2014). Éppen ezek miatt a lepkék lárvái speciális parazitáknak tekinthetők, ám ez a kapcsolat nem teljesen negatív a hangyák számára, hiszen a táplálékért cserébe cukros váladékot választanak ki, amit a hangyák fogyasztanak el (BERECZKI, PECSENYE és VARGA, 2006). Az örökbefogadott *M. teleius* hernyók a *Myrmica* fészkekben telelnek át, majd itt is bábozódnak be valamelyik kijárat közelében (SZALKAY JÓZSEF MAGYAR LEPKÉSZETI EGYESÜLET, 2018). A következő év nyarán a kikelt egyedek sietve távoznak a bolyokból, ugyanis a kifejlett rovarok már nem rendelkeznek azzal a kémiai mimikrivel, amit lárvaként sikeresen alkalmaznak a hangyagazdáikkal szemben, így azok ellenséggként tekintenek rá (CZEKES és VIZAUER, 2010).

A megfelelő élőhelyi és tápnövényi feltételeken túl, a hangyaboglárka fajok köztudottan szorosán kötődnek a hangyagazdáik előfordulásához, melyek nélkülözhetetlenek a hernyók felnevelésében. Ezen életfeltételek miatt a vértű-hangyaboglárka számára az egyik legfőbb veszélyeztető tényező az élőhelyek degradációja. Ide sorolhatjuk a vízháztartás megváltozása miatt kialakuló kiszáradást, becserjésedést és gyomosodást. Ez leginkább antropogén hatásra

következhet be (lecsapolás, meliorációs árkok létesítése). Ugyanilyen hatások közé sorolhatjuk a korai vagy kései, nem megfelelő időpontban végzett kaszálást (HARASZTHY, 2014). Ennek az lehet a következménye, hogy a vérfű-hangyaboglárka a repülési ideje alatt nem talál alkalmas vérfű virágzatot, amelyre petézhet. Továbbá azok a hernyók, melyek már a virágzatot fogyasztják belülről, elpusztulnak, ha a növény abban az időben levágásra kerül (HARASZTHY, 2014).

A vérfű-hangyaboglárka védelme nem könnyű, hiszen szoros kapcsolatban állnak a hangyagazdáikkal és a tápnövényükkel, ám az utóbbi kettő nem áll védelem alatt (CZEKES és VIZAUER, 2010). A lepkét Magyarországon 1993-ban nyilvánították védetté, pénzben kifejezett természetvédelmi értéke 50 000 Ft (MAGYAR ÁLLAMI TERMÉSZETVÉDELEM, 2018), potenciálisan veszélyeztetett fajként szerepel a Vörös Könyvben, a Berni-egyezmény hatálya alá tartozik (II. függelék), része a Nemzeti Biodiverzitás-monitorozó Rendszernek (NBmR) és Natura 2000-es jelölőfaj, az élőhelyvédelmi irányelv II. és IV. függelékében található meg (közöségi jelentőségű állatfaj) (SZALKAY JÓZSEF MAGYAR LEPKÉSZETI EGYESÜLET, 2018).

A tápnövény

A vérfű-hangyaboglárka tápnövénye az őszi vérfű (1. ábra, D). Ez a növény a rózsafélék családjába tartozik, de azon belül más nemzetséggel nem keverhető össze. A virága tetrameres szerkezetű, a nevét a 4 db csészeleveléről kapta, melyek sötétvörös színben pompáznak. A szirmai hiányoznak, a virágból a porzók kilógnak. A virágzati tengely csúcsán hengeres, tömött, 2-4 cm hosszú, apró karmazsinvörös virágból álló füzér alkotja. A levelei páratlanul szárnyasan összetettek, a levélkéik tojásdad alakúak, válluk szíves, élük csipkés. A növény hosszú, karcsú hajtásai akár 100 cm fölé is megnőhetnek jó tápanyagban bővelkedő talajon. A virágzása júliustól szeptemberig tart, a beporzása szél segítségével történik. Áltermése van, mely négyélű, benne pedig 1 darab aszmag található. Élőhelye lápréteken, mocsárréteken, láposodó kaszálókon van. Állandó talajnedvességet igénylő faj, mely tág tűrésű a talaj pH-ját tekintve, viszont inkább a nitrogénben szegény termőhelyeket kedveli. A degradációt közepesen tűri. A nevében szereplő *officinalis* (gyógyerejű) szó a régóta ismert gyógyhatásából ered, hiszen a hajtásaiból főzött teát vérzések ellen használták (SIMON és SEREGÉLYES, 2001, ENGLONER, PENKSZA és SZERDAHELYI, 2001, BOTTA, 1987).

A hangyagazdák

A hangyaboglárkák a tápnövényeken kívül szorosan kötődnek hangyagazdáikhoz is (*Myrmica* fajok), melyek nélkül a populációik nem képesek fennmaradni egy adott területen. A vérfű-hangyaboglárka parazita életmódot folytat. Kutatások kimutatták, hogy több hangyagazda faj is képes felnevelni a lárvákat. A sikeresen adoptált hernyók közül sem minden egyed fogadnak el a

gazdaszervezetek, vannak, amelyeket elpusztítanak, és vannak, amelyeket csak szimplán elhanyagolnak, nem gondolnak tovább (WARDLAW és mtsai., 2003, ELMES és mtsai., 2004, SCHÖNROGGE és mtsai., 2004). WITEK és mtsai. (2011) laboratóriumi körülmények között azt vizsgálták, hogy négy hangyafaj közül (*Myrmica scabrinodis* Nylander, 1846, *M. rubra* (Linnaeus, 1758), *M. ruginodis* Nylander, 1846 és *M. rugulosa* Nylander, 1849) melyik tudja legnagyobb mértékben adoptálni, felnevelni a *M. teleius* lárvákat. A kutatók nem találtak szignifikáns különbséget a túlélési rátát tekintve a lárvák felnevelésében, amiből arra lehet következtetni, hogy a lepke nem adaptálódott szorosan egyik hangyagazda fajhoz sem. Ez talán megmagyarázza, hogy természetes körülmények között miért alkalmas mind a négy *Myrmica* faj a lepke hernyóinak felnevelésére. Hasonló eredmények származnak ALS és mtsai. (2001) és NASH és mtsai. (2011) kutatásaiból is, bár ők egy másik hangyaboglárka fajt vizsgáltak (*Maculinea alcon* (Denis. & Schiffermueller., 1775).

A hangyaboglárkák a hangyagazdáik bolyaiban nevelkednek fel, mely az adoptálástól számítva 10 hónap, de eltarthat akár 22-23 hónapig is, amit később majd a bábozódás követ (THOMAS és mtsai., 1998, SCHÖNROGGE és mtsai., 2000, WITEK és mtsai., 2006, WITEK és mtsai., 2011). Az ilyen két évet áttelelő egyedek kulcsfontosságúak lehetnek a faj populációjának fennmaradásához. Egy adott évben az élőhelyet érő valamilyen károsító hatás (pl. természeti katasztrófa, rosszul kaszálás, stb.) következtében eltűnhetne a faj, ám az ilyen módon elfekvő példányok a következő évben még sikeresen fenntarthatják.

Mintavételezés

A vértű-hangyaboglárka nappali lepkefaj, ezért az észrevétele egyszerű, ám az egyedek megszámlálásában a gyors röpte már nehézséget okoz. A helyváltoztató mozgásuk miatt nem lehet kvadrátokra bontani a felmériendő populációk élőhelyeit (BROWN és KINGSOLVER, 2011), ezért jelölés-visszafogásos módszert alkalmaztunk, mely biztosította számunkra, hogy a populációk egyedszámát fel tudjuk mérni mindkét mintaterületen.

A befogáshoz lepkehálót, a jelöléshez alkoholos filcet használtunk, hogy egyedi jellel lássuk el a lepkéket. Minden egyed kapott egy sorszámot a hátsó pár szárnyának fonákjára, így befogás nélkül is azonosíthattuk őket. Ennek segítségével meg tudtuk becsülni a teljes populáció egyedszámát.

Az áttelepítéshez ugyancsak lepkehálót alkalmaztunk, ügyelve arra, hogy az állatok ne legyenek a hálóba zárva huzamosabb ideig, illetve a művelet közben ne érje őket a közvetlen tűző napfény.

A koordinátákat egy GPS készülék segítségével olvastuk le. Feljegyeztük minden példánynak a megjelölési helyét, minden visszafogási pontját és az áttelepített egyedek elengedési helyét is. A mintavételezést és áttelepítést többször is elvégeztük 2017.08.10. és 2017.08.16. között, a lepke repülési idejének második felében.

A vérfű-hangyaboglárka populációinak vizsgálatán kívül fontosnak láttuk a lepkefaj tápnövényének, az őszi vérfűnek az állományfelmérését is mindkét területen. Tekintettel voltunk az eddigi, valamint az akkori, nem megfelelő élőhelykezelésre, ezáltal a tőszámok felmérése helyett a petézésre alkalmas virágfejeket számoltuk meg, közvetlenül a lepke rajzása után. Ehhez úgyszintén GPS készüléket használtunk, amellyel feljegyeztük a koordinátákat és a virágfejek darabszámát. Így aktuális képet kaphattunk a lepke és a tápnövényének térbeli eloszlásáról is. Az így kapott információk alapján térképekkel is szemléltettük az eredményeinket, melyeket a QGIS 3.12-es verziójával készítettünk el.

Egyedszámbecslés

A lepke populációinak egyedszámát a MARK szoftvercsomaggal (WHITE és BURNHAM, 1999), Cormack-Jolly-Seber módszer segítségével végeztük mindkét élőhelyfolt esetében.

Mintavételi helyek

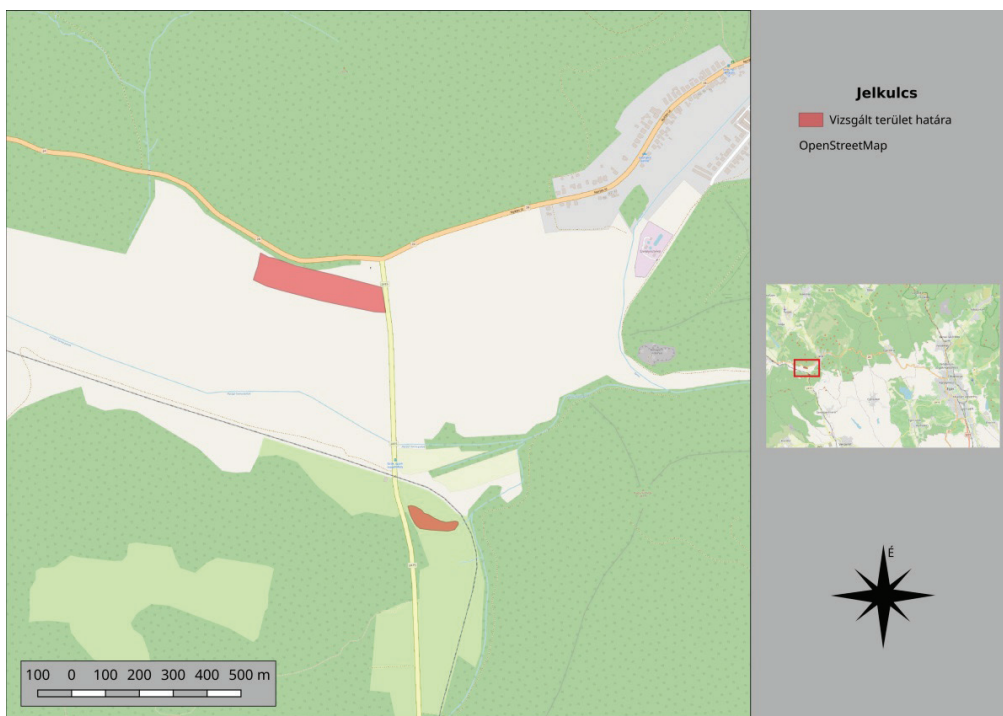
A mintavételi területeink Natura 2000 élőhelytípus besorolás szerint a 6510 Sík és dombvidéki kaszálórétek kategóriába sorolhatók. Ha ÁNÉR besorolás szerint nézzük, akkor pedig a D34 – Mocsárrétek élőhelytípusba tartoznak.

„Nagy” rét (1. mintavételi terület)

Siroktól Recsk felé haladva, szinte közvetlenül a 24-es műút mellett fekszik a nagyobb mintavételi területünk (2. ábra). Körülbelül 3,3 hektár kiterjedésű, kaszálóként hasznosítják. Nem védett terület, magántulajdonban van.

„Kis” rét (2. mintavételi terület)

A nagyobb mintavételi területtől délre, körülbelül 500 méternyire fekszik a kisebb mintavételi területünk. A nagyjából háromszög alakú rét alapterülete mindössze 0,5 hektár, ami jelentősen kisebb a másik élőhely méreteihez képest. A két vizsgálati területünket a távolságon kívül egy vasútvonal, illetve egy közbetonút is elválasztja egymástól (2. ábra), így a vérfű-hangyaboglárka példányok számára korlátozott az átjárási lehetőség a két élőhely között. Ez a rét is kaszálórétként van hasznosítva, továbbá ez sem védett terület. Sajnálatos módon a kezelése nem volt megfelelő a lepke szempontjából, hiszen évekig kedvezőtlen időpontban történtek a kaszálások, ami miatt az itteni populáció állománya erősen lecsökkent. 2017 augusztusában azonban kellő számú vérfű virágzat állt a lepkék rendelkezésére.



2. ábra. A mintaterületek elhelyezkedése

A két élőhelyfolt elhelyezkedése áttekintő térképen. Jobb felső sarokban található Sirok település.

Eredmények

Vértű-hangyaboglárka

Kis rét: A több évig tartó kedvezőtlen kaszálás eredményeképpen a mindössze 0,5 hektáros élőhelyfolton a *M. teleius* populáció egyedszáma kritikusán lecsökkent. A 2017-es vizsgálatunk során összesen 6 egyedét sikerült megjelölnünk, melyből 4 volt hím, 2 pedig nőstény (3. ábra). A visszafogási arány meglepően magas, 66,7%-os volt, ami arra enged következtetni, hogy a teljes időt nézve valóban nem volt sok lepke a területen. Az itteni populáció Cormack-Jolly-Seber módszerrel becsült egyedszáma 26 példány.

Nagy rét: Az évek óta tartó megfelelő kaszálásnak köszönhetően egy viszonylag stabil lepkepopuláció alakult ki a 3,3 hektáros élőhelyfolton. A 2017-ben végzett munkánk során összesen 28 egyedét tudtunk egyedi számmal ellátni, melyből 12 volt nőstény, 16 pedig hím (3. ábra). Ezen a területen 13 példányt sikerült visszafogni (visszafogási arány: 46,4%). Ezek alapján az itt becsült egyedszám 46 (Cormack-Jolly-Seber módszer).

Az egyedszámokat figyelembe véve áttelepítéseket végeztünk, ügyelve arra, hogy a lepkeállomány egy részét az eredeti élőhelyén hagyjuk. Ezt a lepke rajzásidejének második felében végeztük, ezért biztosak vagyunk benne, hogy ekkor már a populáció nőstényeinek egy jelentős része lerakta petéit. A munkánk során a nagyobb, vérfűszegény rétről vittünk át 14 egyedet a kisebb, tápnövényben gazdag élőhelyfolttra. Ezek közül összesen 10 volt nőstény. Az így átköltöztetett lepkék 35,7 %-át, vagyis 5 példányt fogtunk vissza.



3. ábra. A vérfű-hangyaboglárka egyedek térképi ábrázolása a 2017-es év adatai alapján „Nagy” rét: Munkánk során összesen 28 egyedet tudtunk megjelölni, melyből 12 volt nőstény, 16 pedig hím.
„Kis” rét: A kisebb élőhelyfolton összesen 6 egyedet sikerült egyedi számkóddal ellátni, melyből 2 hím és 4 nőstény.

Munkánk sikerességének egyik jele volt, hogy a kisebb réten észlelt 3 petéző nőtényből kettő áttelepített egyed volt.

2018-ban és 2019-ben is megismétlődött a jelölés-visszafogásos vizsgálat (KOZMA 2019), ezáltal nyomon követhető a kisebb rét lepkepopulációjának egyedszámváltozása (1. táblázat).

A 2017-es évi 20 jelölt példány (beleszámítva az áttelepített példányokat is) 41%-os és a 2018-as évi 22 jelölt példány 52 %-os visszafogási arányához képest 2019-ben 92 jelölt példányt 28 %-os arányban fogtak vissza (KOZMA, 2019). Ez azt mutatja, hogy az előző években még kicsiny populáció a 2019-es évre jelentősen megerősödött, a megfogott lepkék egyedszáma több mint 4-szeresére, a populáció becsült egyedszáma 8-szorosára nőtt.

Vizsgálati év	2017	2018	2019
Jelölt egyedek száma	20	22	92
Jelölt egyedek hím / nőstény	8 / 12	11 / 11	44 / 48
Visszafogási arány	41%	52%	28%
Becsült populációméret (egyedszám)	26	28	222

1. táblázat: A kisebb rét egyedszámváltozása évenként

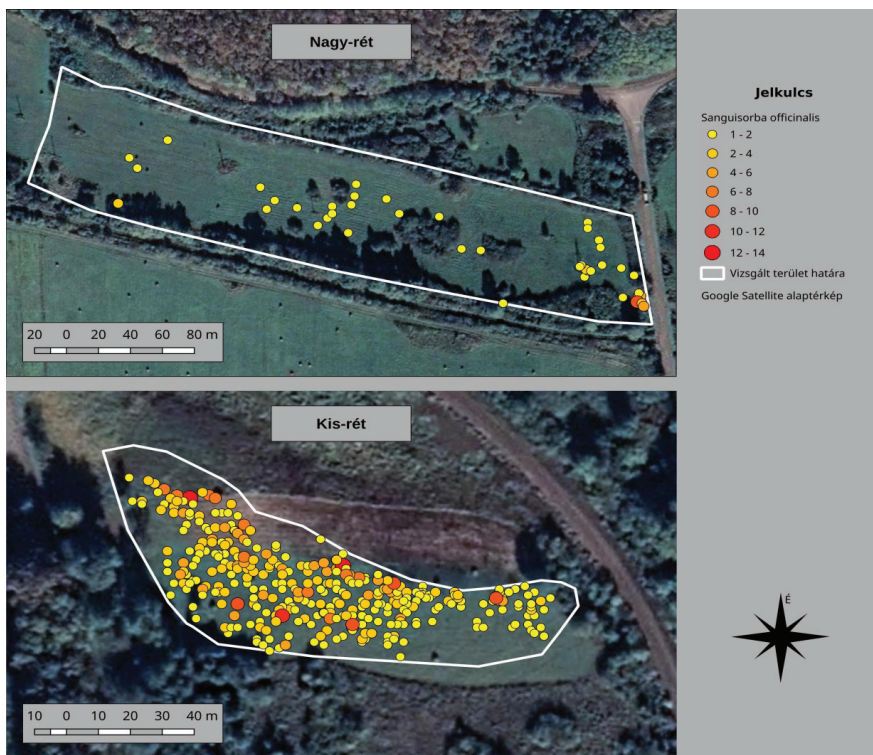
A magasabb egyedszám miatt a visszafogások aránya közel felére csökkent, ami szintén nagyobb, stabilizálódott populációt feltételez. A nőstények számából kiindulva, és a populációméret-beclés eredményei alapján jelen populáció nagysága a következő években várhatóan hasonló mértékben növekszik majd.

Őszi vérfű

A nagyobb réten éveken keresztül történő megfelelő élőhelykezelés után 2017-ben rossz időpontban történt a kaszálás, ezért az őszi vérfű virágzatok száma kritikusan alacsony volt a vérfű-hangyaboglárka repülési ideje alatt. A felméréseink alapján 43 db koordinátán összesen 76 db petezésre alkalmas virágot számoltunk össze, ami nagyon kevésnek mondható, hiszen ennek nagyjából a fele cserjés szegélyekben, villanyoszlop tövében maradt fent (4. ábra). A kaszálás során az előírt búvósávokat ugyan kis mértékben meghagyták, ám ezek nem tartalmazták a tápnövényt. A területen megtalálható virágfejeket leginkább egyesével jegyeztük fel, az alacsony darabszámra való tekintettel. Az eredményünk az élőhelyfolt teljes 3,3 hektárjára vonatkozik, tehát 1 hektárra vetítve összesen körülbelül 23 db virágzat állt a lepkék rendelkezésére. Vizsgálatunk

során rengeteg vérfű tővel találkoztunk, de a növény nem tudott kellő időben virágot hozni a petéző nőstények számára.

A kis réten éveken keresztül történő kaszálás a lepke populációira nézve volt negatív hatással, a vérfű töveket ez nem károsította. Ennek következtében 2017-ben, a munkánk során 337 koordinátán 915 db virágzatot számoltunk össze (4. ábra). A nagy darabszámra való tekintettel, a virágzatokat leginkább csoportosítva jegyeztük fel, egy koordináthoz a közvetlen közelébe eső összes virágfejet megszámlálva. A 915 db a rét teljes 0,5 ha területére vonatkozik, ami jelentős számnak mondható, 1 hektárra vonatkoztatva ez körülbelül 1830 db virágzat/hektárt jelent.



4. ábra. Az őszi vérfű virágzatok térképi ábrázolása a 2017-es év adatai alapján

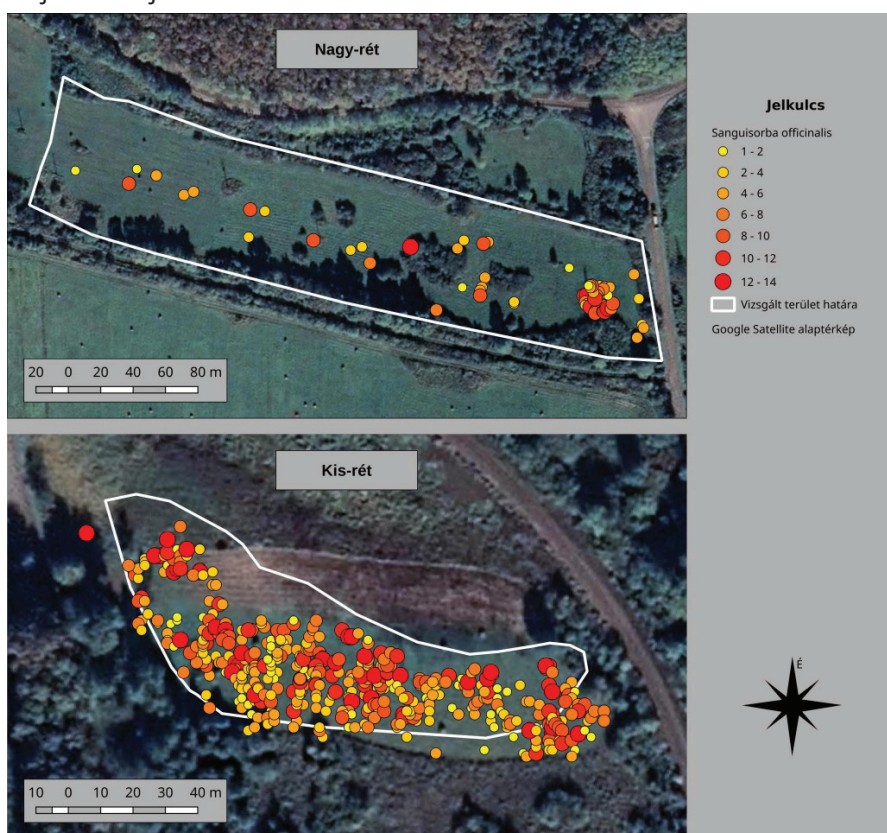
„Nagy” rét: A felmérésünk során 76 db petézésre alkalmas virágot számoltunk össze, melynek nagyjából a fele cserjés szegélyekben, villanyoszlop tövében maradt fent (23 db/ha).

„Kis” rét: A munkánk során 915 db virágzatot számoltunk össze a kisebb területen (1830 db/ha).

A két területet egymáshoz hasonlítva jól látható, hogy mekkora számbeli különbségek léphetnek fel egy jó és egy rossz időpontban történt kaszálás között. Az adatainkból megfigyelhető, hogy a kisebb (megfelelően kaszált)

réten 1 hektárra vetítve kb. 80-szor annyi virágzat volt megtalálható, mint a tőle kb. 6,5-ször nagyobb réten. Ez is jól mutatja, hogy a *Sanguisorba officinalis* előfordulása a megfelelő élőhelyen tömeges, ám a virágzatok száma nagy mértékben függ az élőhely kezelésétől.

2018-ban a kisebb réten tavasszal történt a kaszálás, a nagyobb réten pedig nyár közepén. Utóbbin több nagyobb folt került kijelölésre kaszálatlanul hagyásra. Sajnálatos módon ezek a részek nem tartalmaztak kellő mennyiségű virágzó vértű tövet. Ebben az évben megismételtük a felmérést az előző év módszereivel. A nagyobb réten összesen 1198 db virágfejet számoltunk össze (363 db/ha) (5. ábra), míg a kisebb területen összesen 7018 db-ot (12036 db/ha) (5. ábra). A két rét között kb. 33-szoros a különbség, amely a 2017-es évhez képest jelentős javulásnak tekinthető.



5. ábra. Az őszi vértű virágzatok térképi ábrázolása a 2018-as év adatai alapján

„Nagy” rét: A nagyobb réten összesen 1198 db virágfejet számoltunk össze (363 db/ha).

„Kis” rét: A kisebb területen pedig 7018 db-ot jegyeztünk fel (12036 db/ha).

Összefoglaló

A vérfű-hangyaboglárka előfordulása a tápnövénye (őszi vérfű) és a hangyagazda fajainak (bütyköshangya fajok – *Myrmica* sp.) elterjedésétől függ. Csak olyan élőhelyen képes a lepke megtelepedni és hosszabb távon fennmaradni, ahol mindkét feltétel adott. Sajnos sem a vérfű, sem a bütyköshangyák nem élveznek jogszabályi védeltséget, ami nehezíti a lepke élőhelyeinek védelmét.

A Bükki Nemzeti Park Igazgatóság területén csak szórványosan fordul elő a vérfű-hangyaboglárka. A mátrai térségben két, egymáshoz közel fekvő, kis kiterjedésű élőhelyfolt található, amelyen még találkozhatunk a fajjal (Sirok határában). A 2017-es munkánk során ezen a két területen végeztünk jelölés-visszafogásos vizsgálatot, illetve felmértük a petezésre alkalmas őszi vérfű virágzatok számát. Augusztus elején szembesültünk az élőhelyeket érintő kezelési problémával, ezért vizsgálataink csak a lepkefaj repülési idejének második felére korlátozódtak. Az utóbbi években a kisebb vérfűves réten júliusban történt a kaszálás, ami a vérfű-hangyaboglárka számára kedvezőtlen, hiszen a nőtények így nem találnak petézőhelyet. Ennek következtében kritikusan lecsökkent az ottani populáció egyedszáma, felméréseink során mindössze 6 egyedet tudtunk megjelölni. 2017-ben viszont kedvező időpontban (május végén) történt a kaszálás, így a lepkék repülési idejében sok virágzó vérfű volt a területen (1830 virágzat/hektár). Éppen ennek az ellenkezője történt a nagyobb réten, hiszen a 2017 előtti években a megfelelő időpontban történő kaszálások következtében viszonylag stabil állománya volt a lepkének. Itt a felmérés során 28 egyedet sikerült megjelölnünk. 2017-ben viszont július elején kaszálták le a gyepet, ami miatt a lepkék a repülési idejükben alig találhattak petezésre alkalmas virágzó vérfűvet (összesen 23 virágzat/hektár). Éppen ezért 2017-es munkánk során lepke-áttelepítést végeztük a faj mátrai állományának megőrzése érdekében. A kevés vérfű-virágzatos élőhelyről vittünk át 14 egyedet a virágzó vérfűben bővelkedő rétre. Így próbáltunk a lepkék számára szaporodási lehetőséget biztosítani. Munkánk sikerességének egyik jele volt, hogy 3 egyed is megfigyeltünk, amely a kisebb réten petézett, s közülük kettő áttelepített egyed volt.

A terepi munka befejeztével Cormack-Jolly-Seber módszer segítségével megbecsültük a gyepeken található vérfű-hangyaboglárka populációk egyedszámát, amivel így a nagyobb réten mintegy 46, a kisebbben pedig mintegy 26 példányt kaptunk eredményül.

A jelölés-visszafogásos vizsgálatok 2017 után is folytatódtak. A kisebb réten 2019-ben már 200 példány felett volt a populáció becsült egyedszáma. Ez egyértelműen mutatja, hogy az áttelepítés eredményes volt, sikerült a faj itteni populációját megerősíteni. A nagyobb réten viszont kedvezőtlen időpontban történtek a kaszálások a vizsgálatunk éveitől kezdve, ezért lecsökkent a populáció egyedszáma, legutóbb már csak néhány példányt lehetett találni a terület szélén. Mivel a kisebb réten jelentősen megerősödött a lepke populációja, így a jövőben – ha kedvezően alakul az élőhely kezelése és megfelelő mennyiségű

virágzó vértű lesz az élőhelyen – lehetőség nyílik a nagyobb rétre történő vízszatelepítésre.

2018-ban megismételtük a vértű virágzatok számának felmérését. Ebben az évben több őszi vértű virágzat állt a lepkék rendelkezésére, ugyanis a 3,3 ha-os területen összesen 1198 db virágfejet, a kisebbben pedig 7018 db-ot számoltunk össze.

A lepke szempontjából a legmegfelelőbb az, ha július közepén nagy mennyiségű virágzó vértű található az élőhelyén, amit megfelelő időben végzett kaszálásokkal lehet elérni. Vizsgálatok kimutatták, hogy a bűvósávokkal kaszált élőhelyen a nőstények nem raknak petét a 1,5 m-nél keskenyebb sávba, nem számít, mekkora a tápnövény egyedsűrűsége (HARASZTHY, 2014).

A *M. teleius* állományának népsége és populációdinamikája erőteljesen függ az adott év időjárási viszonyaitól és a hangyagazdák állapotától is. A lepkék és a *Myrmica* fészkek között dinamikus egyensúlyi állapot áll fent, így biztosítva a kölcsönös fennmaradást. A lepkék aktívan mozognak az élőhelyükön, de jellemzően nem hagyják el azt, így a kisebb akadályok (cserjék, bokrok) már fragmentálódást okozhatnak, ezért az elszigetelődött élőhelyfoltokon biztosítani kell az átjárhatóságot. A mozaikos élőhelykezelés (intenzíven kaszált és felhagyott részek) előnyére válhat a fajnak, mert ezeken a helyeken még jelentősebb állományok tudnak létrejönni (HARASZTHY, 2014).

KÖRÖSI és munkatársai 2007-ben egy hosszú távú kísérletet kezdtek el, melynek eredményei azt mutatják, hogy az intenzívebben kaszált területeken a lepkék és a tápnövények, míg a kevésbé kaszált területeken a hangyagazda fajok gyakorisága volt nagyobb. Ez azzal magyarázható, hogy a ritkábban kezelt élőhelyfoltok refúgiumként szolgálhattak a hangyák számára.

Összességében nézve ezek a lepkék a speciális élőhelyigényeik (tápnövény és hangyagazda jelenléte) miatt jól jelzik az élőhelyeiken bekövetkezett változásokat (MUNGUIRA és MARTÍN, 1999).

Következtetesként levonhatjuk, hogy a vértű-hangyaboglárka szempontjából a legmegfelelőbb az, ha a repülési idejében jelentős mennyiségű virágzó vértű található az élőhelyen, amit június 15. előtti vagy szeptember 15. utáni kaszálás(okkal) lehet elérni. Emellett a mozaikos élőhelykezelés, illetve legalább 6 m széles kaszálatlan sávok meghagyása szükséges annak érdekében, hogy a lepke, a hangyagazda fajok és a tápnövény szempontjából is kedvező élőhelyi feltételek alakuljanak ki.

Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozunk Dr. Ambrus Andrásnak a jelölés-visszafogásos adatok elemzésében nyújtott segítségéért, Prof. Dr. Csuzdi Csabának hasznos tanácsaiért, valamint Ferenc Attilának a korrektúrában és a térképek elkészítésében nyújtott segítségéért.

Irodalom

- ALS, T.D., NASH, D.R., BOOMSMA, J.J. (2001). Adoption of parasitic *Maculinea alcon* caterpillars (Lepidoptera: Lycaenidae) by three *Myrmica* ant species. *Animal Behaviour* 62(1), 99-106. <https://doi.org/10.1006/anbe.2001.1716>
- ALS, T.D., NASH, D.R., BOOMSMA, J.J. (2002). Geographical variation in host-ant specificity of the parasitic butterfly *Maculinea alcon* in Denmark. *Ecological Entomology* 27(4), 403-414. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2311.2002.00427.x>
- BATÁRY, P., ÖRVÖSSY, N., KÖRÖSI, Á., VÁLYI NAGY, M., PEREGOVITS, L. (2007). Microhabitat preferences of *Maculinea teleius* (Lepidoptera: Lycaenidae) in a mosaic landscape. *European Journal of Entomology* 104(4), 731-736. doi: 10.14411/eje.2007.093.
- BERECZKI, J., PECSENYE, K., VARGA, Z. (2006). A genetikai variabilitás szerkezete a szürkés hangyaboglárka fajcsoport Kárpát-medencei populációiban. *Magyar Tudomány* 2006(6), 700-704.
- BOTTA, P. (1987). *88 színes oldal – a vízi- és a mocsári növényekről*. Budapest, Mezőgazdasági Kiadó.
- BROWN, C., KINGSOLVER, R. (2011). Exercise 3B Estimating Population Size: Mark-Recapture. Tennessee Technological University, Biology 6C, pp. 67-72. <http://www.cee.org/tep-lab-bench/pdf/PopulationSize.Worksheet.pdf>, letöltve 2018. 03. 07.
- CZEKES, Z., VIZAUER, T.Cs. (2010). A boglárkalepke esete a hangyával. <http://regithink.transindex.ro/?p=2518>, megtekintve 2018. 03. 22)
- ELMES, G.W., WARDLAW, J.C., SCHÖNROGGE, K., THOMAS, J.A., CLARKE, R.T. (2004). Food stress causes differential survival of socially parasitic caterpillars of *Maculinea rebeli* integrated in colonies of host and non-host *Myrmica* ant species. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 110(1), 53-63. <https://doi.org/10.1111/j.0013-8703.2004.00121.x>
- ENGLONER, A., PENKSZA, K., SZERDAHELYI, T. (2001). *A hajtásos növények ismerete*. Budapest, Nemzeti Tankönyvkiadó.
- GERGELY, P., GÓR, Á., HUDÁK, T., ILONCZAI, Z., SZOMBATHELYI, E. (2017). *Nappali lepkéink - Határozó terepre és természetfotókhoz*. Budaörs, Kitaibel Kiadó.
- HARASZTHY, L. (2014). *Natura 2000 fajok és élőhelyek Magyarországon*. Csákvár, Pro Vértes Közalapítvány.
- JÁVORKA, S., CSAPODY, V. (1975). *Iconographia*. Budapest, Akadémiai Kiadó.
- KOZMA, P. (2019). Vértű hangyaboglárka (*Maculinea teleius*) jelölés-visszafogásos vizsgálata (Sirok: Alsó-rétek) – kutatási jelentés. Kézirat.
- KÖRÖSI, Á., SZENTIRMAI, I., ÖRVÖSSY, N., KÖVÉR, Sz., BATÁRY, P. & PEREGOVITS, L. (2009). A kaszálás hatásának vizsgálata a vértű-hangyaboglárka (*Maculinea teleius*) populációira – egy kezelési kísérlet első tapasztalatai. *Természetvédelmi Közlemények* 15, 257-268.
- MAGYAR ÁLLAMI TERMÉSZETVÉDELEM (2018). Vértű-hangyaboglárka. A Magyar Állami Természetvédelem Hivatalos Honlapja. http://www.termeszetvedelem.hu/index.php?pg=vf_1103, megtekintve 2018.03.27.

- MUNGUIRA, M. L. & MARTÍN, J. (1999). *Action plan for Maculinea butterflies in Europe*. Strasbourg, Council of Europe.
- NASH, D.R., ALS, T. D., BOOMSMA, J.J. (2011). Survival and growth of parasitic *Maculinea alcon* caterpillars (Lepidoptera, Lycaenidae) in nests of three *Myrmica* ant species. *Insectes Sociaux* 58, 391-401. <https://doi.org/10.1007/s00040-011-0157-y>
- SCHÖNROGGE, K., WARDLAW, J.C., THOMAS, J.A., ELMES, G.W. (2000). Polymorphic growth rates in myrmecophilous insects. *Proceedings of the Royal Society B*. 267, 771-777. <https://doi.org/10.1098/rspb.2000.1070>
- SCHÖNROGGE, K., WARDLAW, J.C., PETERS, A.J., EVERETT, S., THOMAS, J.A., ELMES, G.W. (2004). Changes in chemical signature and host specificity from larval retrieval to full social integration in the myrmecophilous butterfly *Maculinea rebeli*. *Journal of Chemical Ecology* 30, 91-107. <https://doi.org/10.1023/B:JOEC.0000013184.18176.a9>
- SIMON, T., SEREGÉLYES, T. (2001). *Növényismeret – A hazai növényvilág kis határozója*. Budapest, Nemzeti Tankönyvkiadó Rt.
- SZALKAY JÓZSEF MAGYAR LEPKÉSZETI EGYESÜLET (2018). *Maculinea teleius* (Bergsträsser, 1779) – Vértű-hangyaboglárka. http://www.macrolepidoptera.hu/lepke/Maculinea-teleius_hun. Megtekintve 2018. 03. 22
- TARTALLY, A. (2009). A *Maculinea boglárkalepkék* Kárpát-medencéből ismert hangyagazdái, parazitoidjai és a hangyagazdák egyéb szociálpazitái. *Természetvédelmi Közlemények* 15, 23-34.
- TARTALLY, A. & VARGA, Z. (2008). Host ant use of *Maculinea teleius* in the Carpathian basin (Lepidoptera: Lycaenidae). *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae* 54(3), 257–268.
- THOMAS, J.A., ELMES, G.W., WARDLAW, J.C. (1998). Polymorphic growth in larvae of the butterfly *Maculinea rebeli*, a social parasite of *Myrmica* ant colonies. *Proceedings of the Royal Society B*. 265, 1895-1901. <https://dx.doi.org/10.1098/rspb.1998.0517>
- WARDLAW, J. C., THOMAS, J. A., ELMES, G. W. (2003). Do *Maculinea rebeli* caterpillars provide vestigial mutualistic benefits to ants when living as social parasites inside *Myrmica* ant nests? *Entomologia Experimentalis et Applicata* 95(1), 97-103. <https://doi.org/10.1046/j.1570-7458.2000.00646.x>
- WHITE, G. C., BURNHAM K. P. (1999). Program MARK: survival estimation from populations of marked animals. *Bird Study* 46(1), 120-138. <https://doi.org/10.1080/00063659909477239>
- WITEK, M., SKORKA, P., SLIWIŃSKA, E. B., NOWICKI, P., MORON, D., SETTELE, J., WOYCIECHOWSKI, M. (2011). Development of parasitic *Maculinea teleius* (Lepidoptera, Lycaenidae) larvae in laboratory nests of four *Myrmica* ant host species. *Insectes Sociaux* 58, 403-411. <https://doi.org/10.1007/s00040-011-0156-z>
- WITEK, M., SLIWIŃSKA, E. B., SKÓRKA, P., NOWICKI, P., SETTELE, J., WOYCIECHOWSKI, M. (2006). Polymorphic growth in larvae of *Maculinea* butterflies, as an example of biennialism in myrmecophilous insects. *Oecologia* 148: 729-733. <https://doi.org/10.1007/s00442-006-0404-5>

TATÁR LÁSZLÓ¹, HOROTÁN KATALIN², VARGA JANOS³,

**NECROPHAG ROVAROK IGAZSÁGÜGYBEN.
LUCILIA SERICATA (DIPTERA, CALLIPHORIDAE)
JELENTŐSÉGE A TETEMEK LEBONTÁSÁNAK
FOLYAMATÁBAN**

¹Eszterházy Károly Egyetem, TTK, Biológia BSc szak, 3300 Eger, Leányka u. 4. ²⁻³Eszterházy Károly Egyetem, TTK, Biológiai Intézet, Állattani Tanszék, 3300 Eger, Leányka u. 4.

E-mail: Tatár László tatlasz@freemail.hu

Összefoglaló

Jelen tanulmány a *Lucilia sericata* (Meigen) *forenzikus entomológiai* szempontból jelentős rovar kísérleti körülmények közti fejlődési menetét (*metamorfózis*) elemzi. Egy tetemrészlet (sertés mellső végtag) szabad környezetben megvalósuló lebomlásának folyamatát vizsgálva a *L. sericata* teljes fejlődési menetének fázisait végigkíséri. Vizsgálja a hőmérsékletnek és a páratartalomnak a *L. sericata* egyedfejlődésére gyakorolt hatását. A tanulmány kiterjed a kísérleti időszakban a vizsgált faj mellett megjelenő más *forenzikus rovarok* megfigyelésére is.

Kulcsszavak: *forenzikus entomologia, metamorfózis*

Elfogadva: 2021. 01. 12.

Elektronikusan megjelent: 2021.

LÁSZLÓ TATÁR¹, KATALIN HOROTÁN², JÁNOS VARGA³

NECROPHAGOUS INSECTS IN FORENSICS.
SIGNIFICANCE OF LUCILIA SERICATA (DIPTERA,
CALLIPHORIDAE)
IN DECOMPOSITION OF ANIMAL CARCASSES.

²Eszterházy Károly University, Faculty of Natural Sciences, Biology BSc; 3300 Eger, Leányka u. 4., ¹Eszterházy Károly University, Faculty of Natural Sciences, Institute of Biology, Department of Zoology; H 3300 Eger, Leányka u. 4.

E-mail: Tatár László tatlasz@freemail.hu

Abstract

In the present study, the larval development (*metamorphosis*) of a forensically significant insect, *Lucilia sericata* (Meigen) is analysed under experimental conditions. A pig's forelimb was exposed in field condition and the larval development of the common green bottle fly was monitored throughout its all stages. Moreover, the effect of temperature and humidity on the ontogeny of the studied species was examined. In this work, we also report on other forensic insects appeared in addition to *L. sericata* during the experimental period.

Keywords: *forensic entomology, metamorphosis*

Accepted: 12. 01. 2021.

Published online: 2021.

Bevezetés

A *Lucilia sericata* (Meigen, 1826), korábban *Phaenicia sericata* gyakori látogatója a hullának, az ürüléknek és a szemétnek (WHITWORTH 2006). *Forenzikus entomológiai* szempontból jelentős rovarnak tekinthető. A 2020. aug. 10-től szept. 01-ig tartó vizsgálatok egy tetemrészlet (sertés mellső végtag) szabad környezetben megvalósuló lebomlásának folyamatára, illetve a folyamattal párhuzamosan megjelenő *forenzikus rovarok* megfigyelésére irányultak. A *forenzikus rovarok* közül a *L. sericata* fejlődési menetét (*metamorfózis*) a pete stádiumtól a kifejlett rovarok megjelenéséig kísértük végig.

Irodalmi és történeti áttekintés

A rovarok, illetve a halált követő bomlás közötti folyamat megfigyelése az ókori időkhöz nyúlik vissza. A nemzetközi irodalmakat áttekintve az igazságügyi rovartan kibontakozásának történeti áttekintése vonatkozóan az egyik legrészletesebb bemutatás BENECKE (2001) tanulmányában lelhető fel.

Tudományos érdeklődés (és igény) a rovarok és a holttestek bomlása közötti összefüggések részletesebb tanulmányozására kiterjedően a 18. század végén és 19. század elején fogalmazódott meg. Ezeknek a vizsgálatoknak az eredményeként vált fokozatosan ismertté, és egyre határozottabb formában körvonalazódott, hogy a holttestek bomlását elősegítő rovarokról szerzett ismeretek a gyilkosságok időpontjának felderítésében is felhasználhatóak. Ezt követően már szisztematikusan kezdett beépülni a kriminalisztika tudományába az *igazságügyi entomológia*.

Törvényszéki orvosok kerestek összefüggést a különböző *Diptera* és *Lepidoptera* fajok holttesteken való megjelenése, fejlődése és a halál időpontja között. REINHARD (1882) Szászországban végzett exhumálások során *Phoridae* fajokat gyűjtött össze. A gyűjtemény *taxonómiai* azonosításában, rendszerezésében segítségére volt BRAUER bécsi *entomológus*. Számos rovar sikerült még összegyűjteniük 15 évesnél idősebb sírokból is, egyes esetekben az *adipoceréből*, vagyis a hullaviaszból is sikeresen azonosították a bomlás késői szakaszára jellemző fajokat.

HOFMANN (1886) Franconiában végzett exhumálásokat, a vizsgálatai során feltárt *Phoridae* fajok közül a *forenzikus* szempontból nagy jelentőséggel bír a *Conicera tibialis* Schmitz kimutatása a tetemokről. A mai szakirodalomban ezt a fajt koporsólégyként ismerjük, és számos eltemetett holttesten megfigyelhető jelenléte, nagyon jó *indikátorfaj* a halál idejének meghatározásában.

MEGNIN (1894) katonai állatorvos megfigyelései is mérföldkönek számítottak a kriminalisztikai rovartanban. Elsőként ismerte fel, hogy a csatatereken meghalt emberek és elpusztult lovak tetemein a rovarok kolonizációja kiszámítható hullámokban jelenik meg, így segítségükkel, megfigyelésükkel a halál ideje megjósolható. Megjegyzendő, hogy a bomló szerves anyagon megjelenő *Endoconidium megnini* penészgombafaj is Megninről kapta a nevét.

MASCHKA és KLINGELHÖFFER (1898, 1881) és HOROSKIEWICZ (1902) törvényszéki tudósok egy gyermekgyilkosság ügyével foglalkozva figyeltek fel arra, hogy a holttesten furcsa felmaródásszerű nyomok azonosíthatók, kezdetben azt feltételezték, hogy a gyilkosa valamilyen savval öntötte le a gyermeket. A részletesebb vizsgálatok azonban kiderítették, hogy ezeket az *arteficiális* jeleket a gyermek tetemén megjelenő hangyák okozták.

A 18. és 19. században Franciaországban és Németországban számos tömegsír exhumálására került sor. A vizsgálatokban részt vevő törvényszéki orvosok a sírok feltárása során azt tapasztalták, hogy az eltemetett holttesteket nagyszámú ízeltlábú kolonizálta. ORFILA és LESJUEUR francia orvosok 1831–1835-ig tartó vizsgálataik során arra a következtetésre jutottak, hogy egy holttest lebomlásának, illetve a lebomlási folyamatnak az egyik legfontosabb tényezői a rovarok.

Az első dokumentált eset, melyben a rovarok segítségével próbálták meghatározni a halál idejét, BERGERET (1855) nevéhez köthető. Részlet a boncolási jegyzőkönyvéből: „A vizsgált holttesten lévő lárvák petéinek, melyet 1850-ben vizsgáltunk, 1849 közepén kellett odakerülnie. Ebből következik az, hogy a holttestnek ezen idő előtt kellett odakerülnie. A sok eleven lárva mellett bábokat is találtunk, melyeknek korábban, 1848-ban kellett odakerülnie. Azok a lárvák, melyeket a testüregekben találtunk, a *Musca carnaria* lárvái, melyek köztudottan a tetem kiszáradása előtt kerülhettek oda. Találtunk még lepkebábokat, melyek a már mumifikálódott részeket részesítik előnyben. Ha a test 1846-ban vagy 1847-ben került volna oda, akkor nem találtuk volna meg ezeket a lárvákat. Összefoglalva tehát a rovarok két generációját találhattuk a holttesten, mely két év postmortalis időszakot tükröz. A húslégy a friss holttestre rakta a petéit 1848-ban, a lepkebábok 1849-ben kerülhettek oda.”

Annak ellenére (mint az idézett jegyzőkönyvrészből kiderül), hogy tévesen határozta meg a rovarok fejlődési ütemét (azt feltételezve, hogy a legyek teljes *metamorfózisa* normál környezeti feltételek mellett egy évig tart), megfigyelései új irányt adtak az *igazságügyi entomológiai* kutatások számára. Hasonló jelentőséggel bírnak BEGERET és BROUARDEL (1879) megfigyelései, miszerint egy gyermek mumifikálódott tetemének boncolásakor számos ízeltlábút, illetve lepkelárvákat, atkákat találtak, ami alapján arra a következtetésre jutottak, hogy a test már régebb óta a feltalálás helyén lehetett. A lepkelárvákat PERIER vizsgálta meg, vizsgálatai szerint a lárvák a *Pyralidae*-családba tartozó lepkék lárvái voltak. A tanulmányozott lepkelárvák alapján Perier azt a következtetést vont le, hogy a gyermek az előző év nyarán halhatott meg, a boncolás előtt 6-7 hónappal. Az atkákat MEGNIN vizsgálta meg. Megszámolta, hogy összesen a tetemen 2,4 millió elpusztult és élő atka volt. Azt is kiszámolta, hogy 15 nap után az első generációban 10 nőstény és 5 hím atka fejlődött ki. 30 nap elteltével 100 nőstény és 50 hím, 90 nap elteltével 1000 nőstény és 500 hím, 90 nap után 1 millió nőstény, félmillió hím atka fejlődött ki. Ehhez viszonyította azt az atkaszámot, melyet a holttesten azonosított, és egy konzervatív számítást végzett. Ebből arra következtetett, hogy a halál ideje megközelítőleg öt hónappal korábban állhatott be (3 hónap atkafejlődés és 2 hónap kiszáradási idő).

M. G. MOTTER (1897) 150 exhumált holttestet vizsgált meg, a rovarfajokon kívül megfigyelte a talaj típusát, illetve a sírmélységet is lejegyezte, melyet felhasználta az eredményei publikálásához. Az első világháborút megelőző időszakig számos faj igazságügyi jelentőségét sikerült leírni, ezek közül a legfontosabbak: *Lucilia caesar* (Linnaeus, 1758), *Sarcophaga (Musca) carnaria* (Linnaeus, 1758), *Piophilina casei* Linnaeus, 1758, *Sylpha* sp., *Necrophorus* sp., *Dermestes* sp.

Az első világháború idején a fontos *forenzikus* fajok listáján és monográfiáján túl a tudományos érdeklődés elindult ezen fajok ökológiai és anatómiai megismerése iránt. A rovarölők kifejlesztése is erre az időszakra datálható, illetve a „*lárwaterápia*” is, melynek során a csatatérről hazatérő katonák üszkösödött végtagjait lárvákkal gyógyították és gyógyítják (ezt a gyakorlatban *maggot-terápiának* hívják, és alkalmazása napjainkban is folyamatosan növekszik). Már ekkor tudták, hogy a léglárvák csak az elhalt szöveteket eszik meg, az élő szöveteket nem pusztítják el, ezáltal demarkációs vonalat tudnak képezni, mely a gyógyulást jobban elősegíti (RUEDA et al., 2010). Továbbá megfigyelték azt is, hogy a lárvák nyála antiszeptikus hatással is bír.

A magyar törvényszéki-igazságügyi orvostanról SÓTONYI PÉTER (2011) tollából jelent meg egy részletes összefoglaló munka. Néhány hazai kutató munkásságára vonatkozóan külön is említésre érdemes SWARTZ DÉNES 1934-ben jegyzett tanulmánya, amely „*Haláljelenségek, különös tekintettel a holttesten található sérülések keletkezésének meghatározására*” címmel jelent meg, amelyben a szerző már *megfigyeléseket tett a legyek fejlődése, illetve a halál óta eltelt idő között.*

KENYERES BALÁZS *Törvényszéki orvostan I-II.* című ((1925–1926), számos kiadást megért művében is foglalkozik a rovarok és a halál ideje közötti összefüggéssel. Az összefüggés vizsgálata onnan eredeztethető, amikor a tudósokat elkezdte foglalkoztatni a bomlás jelensége. Egyes kutatók, mint pl. *Genersich Antal* (1842–1918) *a saját meghalt fiának a bomlását vizsgálta, a lelki gyászát felülmúlta a tudományos kíváncsisága.*

Megemlíthető ORSÓS FERENC patológus neve is, aki részt vett a katyáni tömegsírok exhumálásában (1943. április 20–30.). *A halál idejét a rovarok, illetve az odaültetett fák segítségével határozták meg.* Napjainkban hazánkban is elfogadott *forenzikus* tudomány, az igazságügyi rovartan megállapításait a bíróságok teljes mértékben elismerik. A média által is hallható olykor egy-egy eset, amikor rovarszakértő segítségével oldottak meg egy gyilkosságot, pl. a szikszósi baltás gyilkosság (2019) ügyében. Ahogy fejlődik a világban a *molekuláris technológia*, úgy fejlődnek a *forenzikus* tudományok, ennek ellenére még sok esetben továbbra is a *taxonómiai* alapú *postmortem intervallum* meghatározás figyelhető meg.

Anyag és módszer

A kísérlet során egy sertés (*Sus scrofa domestica*) 20 cm hosszú, ízület mentén *disarticulart*, porcot, bőrt, csontot tartalmazó mellső végtagjának kihelyezésére kerül sor szabad környezetbe. A minta a kihelyezést megelőzően

a dögevők elleni védekezés miatt körkörösén le lett védve. A kihelyezés után a bomlás folyamatát követve naponta ellenőriztük, illetve gyűjtöttük be a mintán megjelenő rovarlárvákat és rovarokat. A begyűjtött lárvák és rovarok feldolgozását digitális sztereomikroszkóp segítségével végeztük (DNT Mikroszkopkamera ID: 1242623). A kísérlet helyén a környezeti adatokat (hőmérséklet, páratartalom) mobiltelefon segítségével mértük meg, és naponta rögzítettük. A környezeti tényezők közül a hőmérsékletet azért is fontosnak tartottuk elemezni, mivel a hőmérsékletnek az általunk vizsgált *L. sericata* méretére és egyedfejlődése gyakorolt hatásáról a közelmúltban is jelentek meg összegző tanulmányok (GRASSBERGER ÉS REITER, 2001, TARONE, ÉS mtsai., 2011), ami felkeltette az érdeklődésünket e igazságügyi rovartanban gyakran szereplő faj iránt.

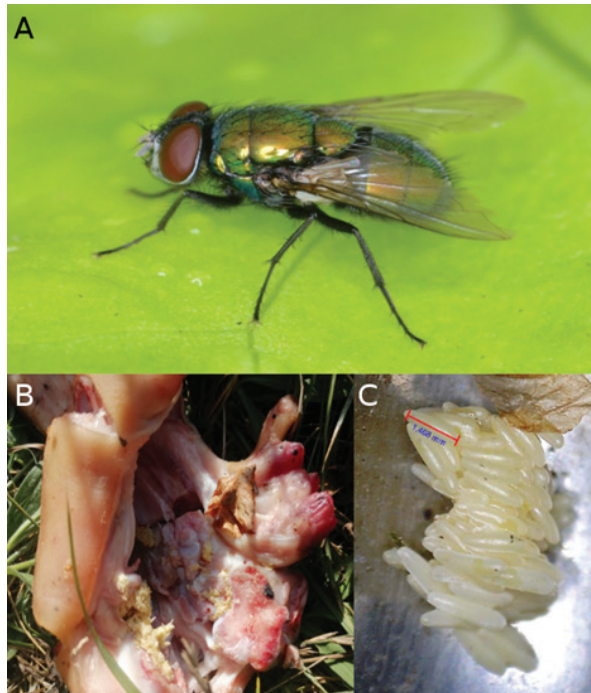
2020. 08. 10-én helyeztük ki a mellső végtagot a szabadba. A környezeti hőmérséklet ekkor 24 Celsius-fok, a páratartalom 70%-os volt. Napi átlaghőmérséklet: 20,1 Celsius-fok. A kihelyezés utáni 25. percben jelent meg az első légyfaj, a *L. sericata*. Az irodalmi adatok is alátámasztják a faj gyors „tetemfoglalását”, mint pl. BYRD ÉS CASTNER (2009) megfigyelései, miszerint a halál után néhány percen belül már jelen van a faj a tetemen. Kezdetben az első egyed óvatos felderítést végzett. Peterakás ekkor nem történt.

2020. 08. 11. A hőmérséklet 30 Celsius-fok, a páratartalom 66% volt. Napi átlaghőmérséklet: 20 Celsius-fok. A kihelyezést követő első napon (24 óra múlva) a mintán már peték voltak azonosíthatók. A peték zömmel az izomszövetek mentén, illetve az ízületi felszínen fordultak elő nagyobb tömegben. A tetemrészleten a *L. sericata* és a *Sarcophaga carnaria* (Linnaeus, 1758) fajok voltak azonosíthatók (1. ábra). A *L. sericata* esetében a peték begyűjtésekor a nőstény egyedeknél agresszívabb viselkedés volt megfigyelhető, és ennél a fajnál minimális utódgondozási viselkedést is láttunk. A két faj versengése dominál a kihelyezést követő közel 24 órában.



1. ábra. *Lucilia sericata* és *Sarcophaga carnaria* a tetemen.

A tetemrészleten a bomlás korai jelei láthatók, a bőr kezd beivódni, az izmok halványodnak, a csontvelő barnás-vörhenyesen elszíneződött, bűz még nem érezhető. Maga a tetemrészlet változatos életközösség színterének mondható, már a bomlás korai szakaszában is. Az első nap után, az esti órákban néhány *Formica rufa* (Linnaeus, 1761) volt megfigyelhető a petecsomók halmazán, melyek táplálékkul szolgálnak a hangya számára, és inkább a peték vonzották ide őket, nem a bomló szerves anyag. A petecsomók szorosan tapadnak egymáshoz, sárgás ragacsos anyaggal vannak rögzítve a lágyszövetekhez. A peték a *L. sericata* fajhoz tartoztak (2A. ábra). Alakjukat tekintve *elongált* szerkezetűek, fehér, halványsárga színűek, sztereomikroszkóppal mérve a peték hossza 1,468 mm (2BC. ábra). Méretük az irodalmi adatokkal jó megegyezést mutatott (APPERSON és mtsai., 2011). A tetemrészleten 24 órával a kihelyezés után még nem azonosíthatóak első stádiumos lárvák.



2. ábra. *L. sericata*. A) Az *L. sericata* habitusképe (*L. sericata* habituskép forrás: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/97/Lucilia_sericata_8677.jpg), (B) petéi a tetemrészleten és (C) a peték morfológiai felépítése. A méretet jelző vonal 1,468 mm hosszú.

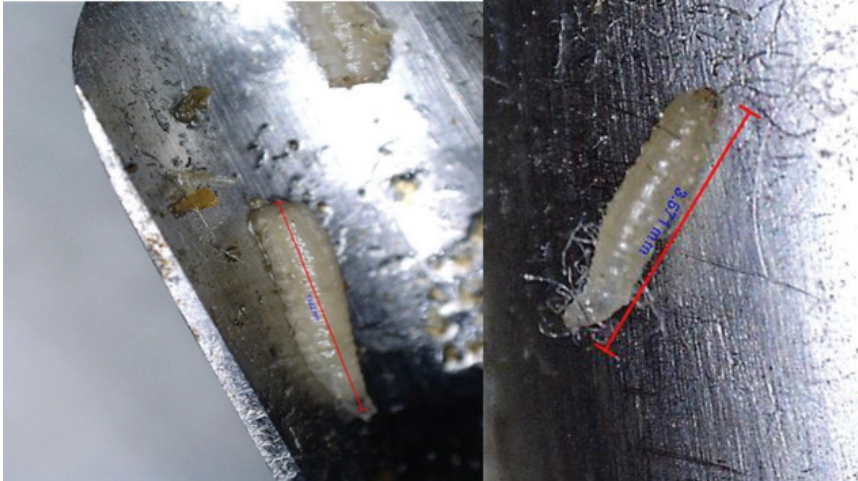
A minta körüli környezet megfigyelése során a növényzetet zömmel az *Erigeron annuus* alkotta, de elvétve megfigyelhető volt néhány *Helicanthemum* faj is. Szakirodalmi adatok szerint a *L. sericata* kifejlett egyedei vonzódnak ezekhez növényfajokhoz, hiszen *pollinátorok*, *nektárral* táplálkoznak. A párzáshoz, peterakáshoz szükséges szénhidrátot, mely biztosítja az ehhez szükséges ener-

giát, ezen növényfajok pollenjeiből biztosítják. ROULSTON és CANE (2000) vizsgálatai szerint a fentebb említett növényfajok pollenjei akár 60%-ban tartalmazhatnak *proteineket*. Párzási szokásaikat tekintve a *Lucilia* fajok nem termelnek ivari *feromonokat*. Fejlett vizuális rendszerrel rendelkeznek, mely domináns a *szenzoros modalitásban*. Szemükkel képesek az UV-sugárzást, illetve a polarizált fény *reflexióját* detektálni. A hímek a nőstények szárnymintázatának *interferenciáját* ismerik fel, mely megfelelő környezeti körülmények mellett kiváltja a párzást (FISCHER és mtsai., 1998).

A növényzethez hasonlóan kedvező környezeti körülményt biztosíthat egy tetem is, mely azonban felépítését és idejét tekintve limitált táplálékforrás a párzást megelőző időszakban. A *L. sericata* viselkedését tekintve szereti elkerülni az *interspecifikus kompetíciót* a többi dögevő fajjal, így igyekszik hamar, vagyis gyorsan *kolonizálni* a tetemet. NOUTCHA és mtsai. (2019) biokémiai és molekuláris vizsgálatai szerint a gerinces tetemen az első *szemiokémiai* jel – melyet az adott faj érzékel – a *dimetil-triszulfid*.¹ A kísérlet során a mintán a peték aggregátumok formájában voltak jelen a tetem fehérjében, tápanyagban gazdag részein. Nagy számban az izomszövetek, illetve a csontvelő mentén fordultak elő, mely elsődleges fehérjeforrást és tápanyagot jelent majd a petéből kikelő lárvák számára is.

2020. 08. 12. A hőmérséklet 33 Celsius-fok, a páratartalom 55%. Átlaghőmérséklet 21,2 Celsius-fok. A következő vizsgálatra a kihelyezést követő másodig napon került sor. A tetem azon része, mely a napsugárzással közvetlen kapcsolatban volt, a kezdeti *deszikkáció* jeleit mutatta. A talajjal érintkező részen az *autolízis* miatt, a kültakarón lévő nyálkás, *postmortem bullák* kifakadtak. Felemelve a preparátumot erős dögbűz észlelhető, *a nyálkatömegben már azonosíthatók az első stádiumos lárvák* (L₁), melyek szabad szemmel még alig észrevehetőek. Ebben a stádiumban a lárvák a hűvösebb, védettebb helyet keresik. A tetemrészleten kizárólag a *L. sericata*-petékből kikelt lárvák azonosíthatók, a *Sarcophaga carnaria* (3. ábra) ugyan látogatta a tetemet, de a rá jellemző *vivipara*-lárvák nem voltak megfigyelhetőek. Ez a faj nem szaporodott a mintán. Feltételezhető, hogy a minta mérete csak egy fajnak biztosít elegendő táplálékforrást, de az is valószínűsíthető, hogy a *L. sericata* kolonizációs rátája nagyobb.

1 Az aminosav anyagcsere-melléktermékeként képződő illékony vegyületek egy része, invertebrata attraktorként működik. A *dimetil-diszulfid* közismerten légyvonzó vegyület, mely emberi és állati tetemek esetében is szintetizálódik metioninból.

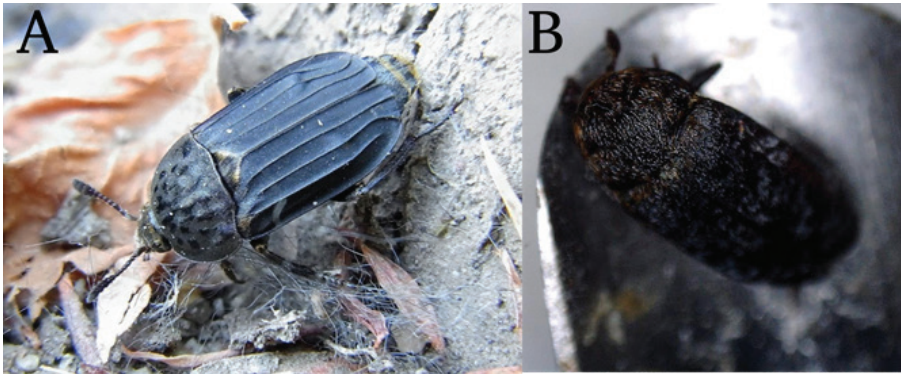


3. ábra. *L. sericata* második stádiumos (L₂) lárvája. A teste megnyúlt, szelvényezett. Az első hossza a kikelést követően 3,571 mm. A lárvá hossztenyelyéből látható, hogy még nem táplálkozott, a bélrendszere még üres.

2020. 08. 13. A hőmérséklet 33 Celsius-fok, a páratartalom 44%-os. Napi átlaghőmérséklet: 19,9 Celsius-fok. A tetem makroszkópos felépítését tekintve az aktív bomlás szakaszában volt, messziről erős dögbűzt árasztott. A napsugárzásnak közvetlenül kitett felszíni részek továbbra is a kiszáradás, *deszikkáció* jeleit mutatták. *A mintán jelentős lárvaktivitás volt észlelhető, a lárvák főként a talajjal érintkező részeken, illetve a csontvelőüregben helyezkedtek el.* Elvéve még néhány kifejlett *L. sericata*, illetve *Sarcophaga carnaria* is látogatta a tetemmintát. *A lárvák mohón táplálkoztak, táplálkozásuk közben a minta mozgatása során észlelhető a lárvák által termelt hő, még gumikesztyűn keresztül is. Táplálkozásuk közben a lárvatömeg körül habos közeg alakult ki, melynek sercegő hangja is hallható volt.*

A preparátumon peték már nem láthatók, csak lárvák vannak jelen, melyek között már előfordulnak második fejlődési fázisban (L₂) lévő is. A második stádiumban lévő lárvák az intenzív táplálkozás miatt gyorsan növekedtek, rövid időn belül elérték a 4 mm-es nagyságot. Az ilyen gyors növekedést a magas hőmérséklet, illetve a kellő páratartalom is kedvezően befolyásolhatta. A lárvák mellett már a dögevő bogarak is megjelentek a harmadik napon, de csak a kifejlett példányok voltak jelen, petéket nem raktak. A kifejlett példányok a Silpidae családba tartozó *Ablattaria laevigata* (Fabricius, 1775), illetve a *Thanatophilus sinuatus* (Fabricius, 1775). Ezek főként a tetem körüli bomlásos ázalékban, illetve a kiszáradt izomszövetek mentén voltak jelen. Az igazságügyi rovarügyi szakirodalom szerint a dögbogárfélék főként a bomlás késői stádiumában keresik fel a tetemet. A bogarak jelenlétét ilyen korán azzal lehet magyarázni, hogy a napsugárzásnak kitett, kiszáradt, kezdődő mumifikáció jeleit mutató izomszövetek ezeknek bogaraknak a számára azt jelzik, hogy a bomlás már az előrehaladott stádiumban van. A *Thanatophilus sinuatus* (4. ábra) egyes kutatók szerint

(DEKEIRSSCHIETER és mtsai., 2011) *forenzikus indikátorfajnak* számít, kolonizálhatja a tetemet a légylárvákkal együtt.



4. ábra. *Thanatophilus sinuatus* A) *Thanatophilus sinuatus* habitus képe (https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/9/96/Thanatophilus_sinuatus_natur.jpg/1200px-Thanatophilus_sinuatus_natur.jpg) B) mintán való előfordulása.

2020. 08. 14. A hőmérséklet 29 Celsius-fok volt, a páratartalom 52%. Napi átlaghőmérséklet: 20,5 Celsius-fok. A tetemrészlet a kihelyezését követő 4 napon még mindig a kezdődő, késői bomlás stádiumában volt. A kültakaró merev, rugalmatlan, szalonnabőryszerűen kiszáradt, barnás-vörhenyesen beivódott, a tetemrészleten a *mumifikáció makroszkópos* jelei figyelhetők meg. A *subcutan* zsírszövet a magas hőmérséklet miatt elfolyósodott, a minta dohos szagot árasztott, mely a tetemrészlet egészére is jellemző. Az intenzív, erős dögbűz a kihelyezés utáni negyedik napon már nem volt tapasztalható. A mintán különböző korú, főként második (L_2) és harmadik lárvastádiumban (L_3) lévő *L. sericata*-lárvák azonosíthatók. A nagyobb méretű harmadik stádiumos lárvák már nem táplálkoznak intenzíven, szemben a második stádiumban lévő példányokkal, melyek intenzíven mozognak, és többnyire a csontvelőüregben helyezkednek el.

A második stádiumban lévő lárvák (L_2) 7 mm hosszúak, a harmadik stádiumban lévő lárvák (L_3) a 10 mm-es hosszúságot érték el a vizsgálat negyedik napján. A harmadik stádiumban lévő lárvapéldányok (L_3) cuticulája barnás színű, kellő táplálékbevitelüket jelte, hogy gyomortartalmuk átütött a kültakarón. A lárvák cuticulájának barnás elszíneződése a kezdeti pupariális stádium állapotát is jelzi. Az ebben a stádiumban lévő lárvák inkább már a tetem körül helyezkednek el. Kifejlett légyfajok már egyáltalán nem látogatják a tetemrészletet, más lárvákkal táplálkozó, ragadozó vagy dögevő rovarok sem voltak azonosíthatóak. A korábban megfigyelt dögevő bogarak ugyan még jelen voltak a minta körül, de bogárpeték, illetve lárvák jelenléte nem volt azonosítható.

2020. 08. 15. A vizsgálati napon a hőmérséklet 28 Celsius-fok, a páratartalom 76%. Napi átlaghőmérséklet: 20 Celsius-fok. A kihelyezést követő 5. napon

(120 óra) a tetemrészlet már a késői bomlás szakaszában van, erősen dohos szagot áraszt. A lárvák által elpusztított légyszövetek alatti csontok szárazak, a *periosteum* sem egyeneműen borította a felszínt. A lárvák már nem táplálkoztak annyira intenzíven, mozgásuk lassú, keresték a hűvösebb helyet a tetem körül. Bábstádiumban lévő egyed a kihelyezést követő 5. napon nem azonosítottunk. A tetemrészletben lévő összes csontvelő eltűnt a lárvák táplálkozási tevékenysége következtében, de a velőüregben még lassan mozgó, harmadik stádiumban lévő (L_3) példányok előfordulnak.

2020. 08. 16. A hőmérséklet 28 Celsius-fok, a páratartalom 49%. Napi átlaghőmérséklet: 20,2 Celsius-fok. A kihelyezést követően 144 óra (6 nap) telt el. Az előző éjjel jelentős esőzés volt. A lárvák sokkal mozgékonyabbak, ismételten intenzív táplálkozást mutatnak. *Puparialis* stádiumban lévő egyedek még nem találhatóak. Az intenzív táplálkozás azzal magyarázható (az előző napokhoz viszonyítva), hogy a *mumifikáció* jeleit mutató tetemrészlet az esőzés miatt *rehidrálódott*, a bőrszövet felpuhult. A puha szövetek pedig újra fogyasztható táplálékot biztosítottak a harmadik stádiumban lévő lárváknak. A tetem a *rehidrációt* követően ismételten erősebb dögbűzt árasztott, a megmaradt légyszövetek szinte levonhatók a csontokról. Feltételezés szerint a lárvák bábozódási folyamatát késleltetheti az, ha ismételten tudnak táplálkozni. A tetemrészlet körüli felpuhult talajt felásva azonban az is megállapítható volt, hogy néhány lárvát már a talajban is előfordult. Dögező bogarak nem voltak azonosíthatók a tetemen, de az esőzés után néhány *Formica rufa* ismételt aktivitást mutatott.

A következőkben választ kerestünk arra, hogy a *L. sericata*-lárvák milyen intenzitással táplálkoznak az éjszakai órákban, amikor a nappali hőmérséklethez viszonyítva sokkal hűvösebb van. A *forenzikus entomológia* szerint a lárvák nem táplálkoznak az éjszakai, hűvösebb órákban, hanem melegebb helyet keresnek. Ennek ellentmond, hogy hajnali 2 órakor a lárvák intenzív táplálkozási *habitust* és *mozgást* mutattak a tetemrészleten. Ekkor a hőmérséklet 18 Celsius-fok volt, mely 10 Celsius-fokkal kevesebb volt a nappal mért hőmérséklethez viszonyítva.

2020. 08. 17. A hőmérséklet 26 Celsius-fok, a páratartalom 58%. Napi átlaghőmérséklet: 19,7 Celsius-fok. A kihelyezést követő 168 óra múlva (7. nap) a tetem előrehaladott késői bomlás szakaszában volt, az ízületi szalagokat érintő lárvahatások, illetve a bomlás miatt *postmortem disarticulatio* jeleit mutatta ott, ahol a friss stádiumban a *ligamentumok* még összetartották az ízületeket. A lárvák még mindig az intenzív táplálkozás jeleit mutatták, az ízületi résekben is jelen vannak. A tetem körüli bomlásos ázalékban, illetve az általuk alkotott habos közegben is nagy tömegben voltak jelen. Bebábozódott egyed nem találtunk, a környező talajt átkutatva a megelőző naphoz hasonlóan lassú mozgású lárvák már azonosíthatók a talajban. Méretüket tekintve tovább növekedtek, a legnagyobb méretű egyed a kihelyezést követően egy héttel 14 mm hosszúságú volt.

2020. 08. 18. A vizsgálat idején a hőmérséklet 20 Celsius-fok, a páratartalom 75%, az időjárás szeles, esős. Napi átlaghőmérséklet: 18,9 Celsius-fok. A

kihelyezést követő 192 óra elteltével (8. nap) a tetemrészleten lévő lágyszövetek a nagyfokú fizikai megsemmisülés jeleit mutatták. A *L. sericata*-lárvák még mindig táplálkoztak, az 1 mm széles, ovális alakú lárvák táplálkozásuk során a felpuhult bőrt is átfúrják. A tetemrészlet körüli talajt megvizsgálva a talajban előforduló lárvák száma lassan, de fokozatosan növekszik. *Puparialis* stádiumban lévő egyedek továbbra sem azonosíthatóak. Néhány kifejlett *L. sericata* ismételten felbukkant a tetemrészleten.

2020. 08. 19. A hőmérséklet 27 Celsius-fok volt, a páratartalom 47%. Napi átlaghőmérséklet: 19,9 Celsius-fok. A kihelyezés után 216 órával (9. nap) a tetemrészlet nem áraszt kifejezetten erős dögbűzt, inkább erjedtebb, átható szag érezhető körülötte. A szabaddá váló csontrészletek a napsütés okozta *expozíciónak* kitéve kezdtek kiszáradni, a rothadásos ázalékkal érintkező részen a *perioosteum* barnásan beivódott. A *L. sericata*-lárvák közül mindegyik a harmadik lárvastádiumban (L_3) volt, de közülük néhány kisebb méretű egyed még mindig táplálkozott. A táplálkozó egyedek a tetem alatti részeket keresték fel, illetve befúrták magukat a még meglévő lágyszövetek közé. A megelőző vizsgálati naphoz képest néhány lárvát szemmel láthatóan nagyobb lett, mely inkább szélességükre vonatkoztatva szembetűnő. A kültakarójuk barna színű, gyomortartalmuk erősen átüt a kültakarójukon.

2020. 08. 20. A hőmérséklet a vizsgálat idején 29 Celsius-fok, a páratartalom 42%. Napi átlaghőmérséklet: 23,5 Celsius-fok. A tetemrészlet a *skeletonisatio* stádiumában volt, a lárvák nagyfokú táplálkozása miatt a lágyszövetek 70%-a már eltűnt. Bábozódott egyed nem azonosítható ezen a napon sem, a még megmaradt bőrt, illetve ízületi szalagokat még mindig fogyasztják a lárvák. Érdekességként megemlíthető, hogy a kihelyezést követő 10. napon (240 óra elteltével) ismételten azonosíthatóak voltak első stádiumos fejlődési fázisban (L_1) lévő lárvák, melyek szintén az *L. sericata* fajhoz tartoztak. Ez a második generációja lehetett a fajnak ugyanazon a mintán, de már kétséges volt, hogy számukra elegendő-e a megmaradt *nekromassza*, valószínűsíthető volt, hogy csak egy részük bábozódik majd be.

2020. 08. 21. A hőmérséklet 31 Celsius-fok, páratartalom 36%, erős napsütés volt ezen a napon. Napi átlaghőmérséklet: 20 Celsius-fok. A tetemrészlet már masszaserű, az anatómiai struktúrák szinte felismerhetetlenek, a bomlás az erőteljes erjedés szakaszában van. A minta erős záptojásszagot árasztott. A tetemrészleten már csak a fiatal, első lárvastádiumban lévő egyedek (L_1) mutatnak táplálkozási magatartást. A kihelyezést követő 11. napon (264 óra elteltével) a harmadik stádiumban lévő lárvák (L_3) már valamennyien a tetemrészlet körüli talajba ásták magukat, és kb. 4-5 cm mélyen a talajban helyezkedtek el. Mozogásuk lelassult, a testszegmentumaik összehúzódtak, cuticulájuk erősen barnás színű. Ezen magatartási, illetve morfológiai jellegek egyértelműen a hamarosan bekövetkező bábozódást *jelzik*. Közvetlenül a *puparialis* szakasz előtt a mérések alapján a lárvák hossza 16-18 mm, szélességük 4-5 mm.

2020. 08. 22. A hőmérséklet 31 Celsius-fok, a páratartalom 46%. Napi átlaghőmérséklet 24,5 Celsius-fok. A tetem erősen erjedő szagot áraszt, *parciálisan ske-*

letonisált. A lárvák közül már csak nagyon kevés figyelhető meg a tetemrészleten. Átvizsgálva a talajt már pupariális stádiumban lévő egyedek is megfigyelhetők voltak a kihelyezést követő 12. napon (288 óra elteltével). A pupák méretükben eltérnek egymástól, egyaránt voltak kisebb és nagyobb méretűek is közöttük (4. kép). A kisebb méretű bábok feltehetően a második generációjuk közül alakulhattak ki, amelyek számára a nagyobb részben már lebomlott tetemrészlet nem nyújtott elegendő táplálékforrást. Ezek a táplálékforrás hiányának következtében kisebb méretű lárvaként bábozódtak be. Ezekből a második generációs lárvákból kifejlődő példányoknak nincs forenzikus jelentősége.

2020. 08. 23. A hőmérséklet 27 Celsius-fok, a páratartalom 29%. Az időjárás napos, az átlaghőmérséklet 20,5 Celsius-fok. A tetemrészlet a vizsgálatot követő 13. napon (312 óra elteltével) már csaknem 90%-ban elbomlott, csupán néhány kiszáradt bőrmaradvány, illetve ízületiszalag-részlet borította a csontokat. A nitrogénvegyületek bomlásának következtében dohos szagot áraszt. A maradványon már egyáltalán nem található táplálkozó lárvák, mivel mindegyikük a környező talajrészletbe migrált, s a legtöbbjük már be is bábozódtott. Dögbogarak közül a *Thanatophilus sinuatus* egy példánya volt jelen, de szaporodására utaló jelet nem mutatott. A kiszáradt maradványokon, illetve a környező talajszemcsék között néhány *Formica rufa*-példány fordult elő. A bebábozódtott egyedek esetében a PMI (*post mortem intervallum*) minimális része nem adható meg olyan pontossággal, mint a lárvák esetében. A *forenzikus entomológia* szerint minél sötétebb egy *pupa*, annál idősebb.

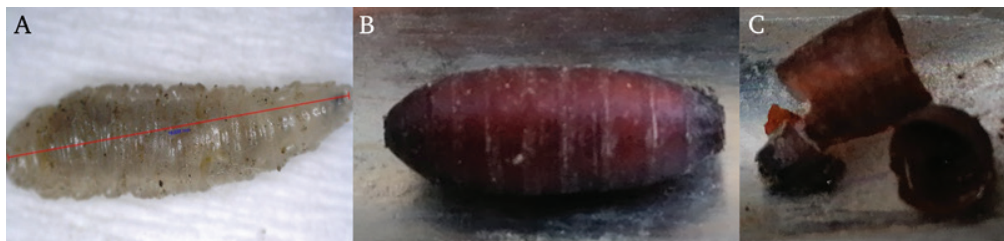
2020. 08. 24. Az átlaghőmérséklet 22 Celsius-fok, a páratartalom 33%, erős napsütés jellemezte az időjárást. A tetemrészlet a 14. napon (336 órával a kihelyezést követően) *entomofaunisztikai* szempontból már csak a dögbogarak táplálékforrása. Nagy számban fordult elő a tetemrészleten a Cleridae családba tartozó *Necrobia rufipes*. A faj szakirodalmi adatok szerint *necrophag*, illetve *carnivora* életmódot egyaránt folytat, élelmiszeripari termékekben (füstölt húskok stb.) is előszeretettel szaporodik. A kihelyezett mintán óvatos magatartási mintázatot mutatott, a tetemrészlet minimális mozgására érzékenyen reagált, elrepült, vagy a mumifikálódott bőrmaradványok közé rejtőzött. Annak ellenére, hogy ragadozó táplálkozást is folytat – ismert róla, hogy légylárvákat is fogyaszt –, megfigyeléseink szerint a mintán nem a *L. sericata*-lárvákat és -bábokat kereste fel, hanem a kiszáradt bőrmaradványokat fogyasztotta. A faj szaporodására utaló jeleket nem lehetett azonosítani.

A *Necrobia rufipes* (Fabricius, 1781) irodalmi adatok szerint is nagy számban lehet jelen a kiszáradt maradványokon, és ilyenkor számos *arteficialis* jelenséget okozhat (vagy éppen tehet tönkre). Mivel a táplálkozása során képes tömeges járatokat rágni a *mumifikálódott* bőrön („ami lövési sérülésekre megtevesztően emlékeztethet”), ezért a *forenzikus entomológiában* nem egyértelműen (eltérően) ítéltető meg a jelentősége. A fajról leírták, hogy több ezer éves egyiptomi múmiákat is kolonizáltak *archeológiai* feltárását követően (korábban *Necrobium mumiarum* Hope, 1834 néven volt ismeretes), így a régészet „kártékony fajként” tartja számon.

2020. 08. 25. A hőmérséklet a vizsgálatkor 28 Celsius-fok, az átlaghőmérséklet 22,5 Celsius-fok, a páratartalom 34%. A tetemrészleten néhány *Necrobia rufipes*, illetve a Silphidae családba tartozó *Thanatophilus sinuatus* volt kimutatható, de a szaporodásukra utaló jelek nem voltak kimutathatóak. A *L. sericata*-bábok *cuticulája* sötétebb az elmúlt napokhoz képest, a színváltozás a kronológiai öregeddéssel fokozódik. A vizsgálatok során is tapasztalható volt az, hogy az idősebb példányok *cuticulája* nemcsak sokkal sötétebb, de az idősebb példányok bábjai nagyobbak is. A 15. napon, 360 órával a kihelyezést követően már aktív rovartevékenység nem észlelhető, a dögbogarak is elég óvatos viselkedést mutatnak a mintán. A tetem dohos szagot áraszt, a napsütésnek kitett csonthártyarészletek kezdenek kiszáradni, így megindult a *skeletalis degradáció*, melyet *diagenezisnek* neveznek a *forenzikus és tafonómiai* szakirodalomban.

A vizsgálatok minden lárvaegyed bebázódása után továbbra is napi szinten folytatódtak, de már csak a *forenzikus* szempontból fontos változások rögzítésére került sor, melyekből két vizsgálati nap eredménye volt figyelemre méltó.

2020. 08. 30. A kihelyezést követő 480 óra elteltével (20. nap) már azonosíthatóak voltak az *L. sericata* üres bábjai. A kihelyezést követő 20 nap elteltével az első generáció kifejlődött. *Forenzikus* szempontból ezek az egyedek a legfontosabbak, hiszen az *L. sericata* első generációjához tartoznak, lárvaállapotukat tekintve a tetemen a friss stádiumban is jelen voltak, vagyis elsőként ők voltak (illetve lehettek) a „*halál szemtanúi*” (5. ábra).



5. ábra. *L. sericata* lárvája és bábja. A) Az *L. sericata* harmadik fejlődési fázisban lévő lárvája (L_3), B) bábja, C) az üres báb a kifejlődést követően.

2020. 09. 01. A kihelyezést követően 528 óra múlva, a 22. napon sikerült azonosítani néhány *Necrobia rufipes*-petét is, melyek a talajhoz közel helyezkedtek el egy bőrrészleten. A további vizsgálatok során, mely még több hétig tartott, figyelemre érdemes esemény nem történt, de megállapítható volt, hogy a kevés *Necrobia rufipes*-pete nem fejlődött tovább, lárvák nem alakultak ki belőlük.

Vizsgálati eredmények, következtetések

Az elpusztult állati szervezetek, a tetemek ökológiai szempontból múlandó tápanyagforrást képviselnek, és számos más élőlényre (gerinces és gerinctelen) gátló „elfogyasztási hatással” bírnak. Ez alól a *necrophag* szervezetek képeznek kivételt, amelyek ez által táplálékuk megszerzése során *kompetíciós* előnyre tesznek szert. A tetem ökológiája egy központi koncepcióegység, amely energetikailag összeköt minden élőlényt, mely kapcsolatba kerül vele. A *necrophag* szervezetek közül kiemelt jelentőségűek a rovarok.

A vizsgálatok időtartama alatt egy faj, a *L. sericata forenzikus* tevékenysége volt részletesebb is elemezhető. Más fajok is kimutathatóak voltak, de csak a *L. sericata* mutatott akkora kolonizációs készséget, hogy a mintaként kihelyezett tetemrészleten aktívan szaporodni is tudott.

A vizsgálatok alapján a *L. sericata* a minta kihelyezést követően 25 perc múlva jelent meg a mintaként szolgáló tetemrészleten.

Elsőként a minta kihelyezését követően 24 óra elteltével helyezte el petéit a kísérleti tetemrészlet felületén. A petékből első fázisú lárvák (L_1) a 2. napon (24 óra múlva), a második fázisú lárvák (L_2) 3 nap (72 óra) múlva, majd a harmadik fázisú lárvák (L_3) a 4. nap (96 óra) elteltével fejlődtek ki. A mindhárom fejlődési fázisban lévő lárvák intenzív táplálkozásának következtében az első bebábozódásukig szinte teljes egészében elfogyasztották a kihelyezett minta lágy részeit.

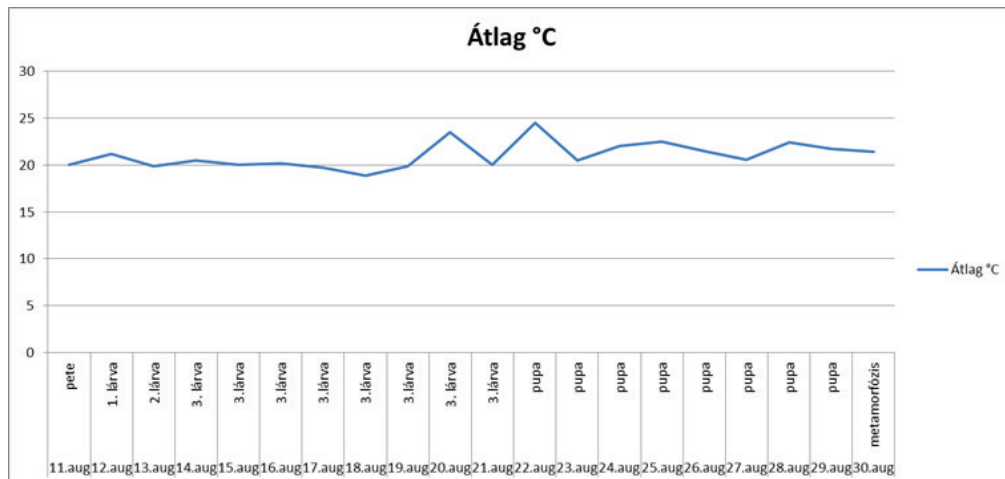
A bebábozódás 12 napot (288 óra) követően kezdődött el, a talajban bábozódás fokozatosan ment végbe, a 19. napon (356 óra) fejeződött be, az adult egyedek 20 nap (480 óra) elteltével fejlődtek ki (6. ábra).

A *L. sericata*-lárvák táplálkozásuk alatt elfogyasztották a kihelyezett mintatekem nagy részét, ennek következtében táplálékforrás már nem vagy csak korlátozott mennyiségben volt elérhető a későbbiekben a 15. napon (460) megjelenő *necrophag* rovarok számára, amelyek közül *Ablattaria laevigata*, *Sarcophaga carnaria*, *Thanatophilus sinuatus*, *Necrobium rufipes* fajokat sikerült azonosítani. Közülük a *Necrobium rufipes* néhány petét elhelyezett ugyan a tetemrészleten, de szaporodási kísérletük sikertelennek bizonyult.

A *L. serricata* faj teljes metamorfózisa vizsgálatok során 20 napot vett igénybe 20 Celsius-fok feletti átlaghőmérsékleteken.

Vizsgálati eredmények összevetése a nemzetközi kutatások adataival

A kísérletnél használt tetemrészleten a vizsgált faj két generációs fejlődést mutatott. A *L. sericata* faj teljes metamorfózisa a vizsgálatok során 20 napot vett igénybe 20 Celsius-fok feletti átlaghőmérsékleteken.



6. ábra. A *L. sericata* egyedfejlődése és az átlaghőmérséklet alakulása a metamorfózis időszaka alatt.

Vizsgálati eredményeink jó megegyezést mutatnak az irodalmi adatokkal. „Ha egy holttest esetében üres bábokat találunk, akkor légyfajok esetében a halál megközelítőleg 20 nappal ezelőtt állhatott be, 20 Celsius-fok feletti átlaghőmérsékleten” (TARONE, A. M. et al. 2001). Megjegyzendő azonban, hogy ettől kisebb-nagyobb mértékben eltérő eredményeket is találhatunk a nemzetközi irodalmakban. Az esetleges kisebb-nagyobb eltéréseket a környezeti tényezők befolyásolhatják.

A *Lucilia sericata* egy kozmopolita faj, melynek fejlődését, a többi rovarhoz hasonlóan, *biotikus* és *abiotikus* tényezők is nagymértékben befolyásolják. A *L. sericata* hűvös éjszakai körülmények között is petézhet, amely nem jellemző a Calliphoridae családba tartozó, hozzá közel álló rokon fajokra. Ez a viselkedése nem gyakori, mivel a napnyugta után rövid idő áll rendelkezésre a peték lerakására. A kutatók feltételezik, hogy a területet megvilágító mesterséges fények is szerepet játszhatnak a faj napnyugtát követő petezésében (CATTS és GOFF 1992, BALDRIDGE et al. 2006).

A lárvák fejlődését is számos más tényező befolyásolja, beleértve az élelmi-szer-forrást (tetem) és a páratartalmat, hőmérsékletet stb. (TARONE et al. 2006).

L. Sericata-lárvák fejlődésének minimális hőmérsékleti határa 8 °C és 10 °C, és maximális hőmérsékleti határa 35 °C és 37 °C. Ez alatti és feletti hőmérsékleten *metamorfózisa* nem teljes, fejlődésében zavarok léphetnek fel. (PRUNA et al. 2019)

A *L. sericata* eltérő hőhatású viselkedést mutat az elterjedési területén, és teljes *metamorfózisának* idejében a különböző *zoogeográfiai régiókban* is eltérések lehetnek (GRASSBERGER, M. and C. REITER 2001).

A *L. serricatának* évente 3-4 generációja is kifejlődhet, a generációk átfedhetnek (ANDERSON és KAUFMAN, 2011). Kétgenerációs (vagy alkalmanként többgenerációs), eltérő fejlődési fázisban lévő lárvák egyszerre, együtt is előfordulhatnak egy tetemen. A lárvák 3-4 napig érlelődnek, az élelmiszerforrás (tetem jelenléte) mellett a környezet páratartalma is befolyásolja a lárvaállapotban töltött idő tartamát. Amint eléri a harmadik fázisú stádiumot (L_3), a lárvák elhagyják a táplálékforrást, és a talajba fúródva 7-10 nap alatt bábozódnak be. A báb fejlődése 21 °C-on kb. 10 nap, 27 °C-on 7 nap (ANDERSON 2000).

A *L. sericata*-báb talajban elfoglalt helyzetének átlagos mélységét a talaj szerkezete is befolyásolja. Tömörítetlen talajban 4,4 cm, nagy tömörítésű talajban 0,5 cm mélyre fúrja be magát. A magas tömörítésű talajban a bábfejlődése 10,5–18,8 órával eltolódhat (CAMMACK, J. 2009). Cammack szerint fontos a talaj egyéb tulajdonságainak a *forenzikus* rovarok fejlődésére gyakorolt hatásával az igazságügyi rovaroknak is foglalkoznia.

WARREN J. et al. (2018) vizsgálati eredményei szerint a *L. sericata metamorfózisidejének* alakulásában a tetem (és a tetem egyes szerveinek) hústípusa is szerepet játszhat. A vizsgálataik során a marha máján és szívéen, a sertés máján és szívéen 20,6 °C-os átlaghőmérsékleten nevelt *L. sericata metamorfózisa* 20 napig tartott.

A környezeti változók összességében nem figyelmen kívül hagyható szerepet játszanak a *L. sericata metamorfózisában*, ezáltal a tetem lebomlásának folyamatában, ami hatással van a tápanyagok *necrophag* lebontókon keresztüli körforgásának sebességére.

Következtetések

A bűnügyi helyszínek vizsgálata során fontos szempont a környezeti tényezők vizsgálata is. A *necrophag* rovarok *taxonómiáján* és *morfológiáján* túl ezeknek a rovarfajoknak a *forenzikus* ökológiájára és *etológiájára* is figyelmet kell fordítani.

A *necrophag* rovarok kolonizációs képességét a rendelkezésre álló táplálékforrás (tetem) és az ökológiai tényezők együttesen határozzák meg. A tetem is környezeti tényezőnek tekinthető a *necrophag* rovarok számára. A tetem bomlása számos *interakciót* tartalmaz az azt fogyasztó *organizmusok* és a környezet között. A tetemen lévő lágyszövetek elbomlása nemcsak kémiai folyamat, hanem biológiai is, biológiai aktivitás nélkül a kémiai bomlás nagy része nem következne be. Egy tetem jelentős hatással lehet a környezetre, mely összefügg a testmérettel, de már egy egér méretű tetem is nagyszámú rovar csalogathat maga köré, a tetem másodlagos szukcessziót eredményezhet közvetlen környezetének rovarfaunájára, aminek *forenzikus* szempontból is nagy jelentősége van.

A vizsgálatokból levonható legfontosabb következtetés az, hogy az igazságügyi rovarügyi vizsgálatoknak is komplexnek és átfogónak kell lennie. A vizsgálatoknak nemcsak a rovarok *morfológiai* és *taxonómiai* jegyeire kell kitérnie, hanem azok ökológiai, magatartási jegyeit is tanulmányozni kell. Egy helyszín vizsgálata során továbbá talajtani, botanikai, *tafonómiai* vizsgálatokat is kell végezni, hiszen a legpontosabb eredményeket a halál időpontjára vonatkozóan ezek együttes vizsgálatának eredményei alapján nyerhetjük.

Irodalomjegyzék:

- APPERSON, C. S., ARENDS, J. J., BAKER, J. R., CARTER, C. C., PAYNE, C. S. (2011). Blow flies. *Insect and Related Pests of Man and Animals*. http://ipm.ncsu.edu/ag369/notes/blow_flies.html (30 August 2011).
- ANDERSON, G. S. (2000). Minimum and maximum development rates of some forensically important Callophoridae (Diptera). *Journal of Forensic Science* 45, 824–832.
- ANDERSON, M., KAUFMAN, P. (2011). „Common Name: Common Green Bottle Fly Sheep Blow Fly” (On-Line) Featured & Creatures Entomology and Nematology http://entnemdept.ufl.edu/creatures/livestock/flies/lucilia_sericata.htm. Megtekintve: 2020. 12. 29.
- BALDRIDGE, R. S., WALLACE, S. G., KIRKPATRICK, R. (2006). Investigation of nocturnal oviposition by necrophilous flies in central Texas. *Journal of Forensic Science*, 51, 125–126. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1556-4029.2005.00022.x>
- BENECKE, M. (2001). A brief history of forensic entomology. *Forensic Science International*, 120(1-2), 2–14. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0379-0738\(01\)00409-1](https://doi.org/10.1016/S0379-0738(01)00409-1)
- BROUARDEL, P. (1897). De la détermination de l'époque de l'naissance et de la mort d'un nouveau-né, faite à l'aide de la présence des acares et des chenilles d'aglosses dans un cadavre momifié (Détermination of the postmortem interval/time of birth of a new-born child by use of larvae from the genus *Aglossa* on a mummified corpse), *Ann. Hyg. Pub. Med. Leg.* 2, 153-158
- CAMMACK, J. (2009). „Effects of Parasitism and Soil Compaction on Pupation Behavior of the Green Bottle Fly *Lucilia sericata* (Meigen) (Diptera: Calliphoridae).” *All Theses*. 644. https://tigerprints.clemson.edu/all_theses/644
- CATTS, E. P., GOFF, M. L. (1992). Forensic entomology in criminal investigations. *Annual Review of Entomology*, 37, 253–272.
- DEKEIRSSCHIETER, J., VERHEGGEN F., LOGNAY, G., HAUBRUGE, E. (2011). HAUBRUGE: Large carrion beetles (*Coleoptera, Silphidae*) in Western Europe: A review. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 15(3), 435–447.

- FISHER, P., WALL, R., ASHWORTH, J. (1998). Attraction of the sheep blowfly, *Lucilia sericata* (Diptera: Calliphoridae) to carrion bait in the field. *Bulletin of Entomological Research*, 88(6), 611–616. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0007485300054274>
- GRASSBERGER, M., REITER, C. (2001). Effect of temperature on *Lucilia sericata* (Diptera: Calliphoridae) development with special reference to the isomegalen- and isomorphen-diagram. *Forensic Science International*, 120(1-2), 32–36. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0379-0738\(01\)00413-3](https://doi.org/10.1016/S0379-0738(01)00413-3)
- HOFMANN, O. (1886). Observations de larves de Dipteres sur des cadavres exhumes (Observations on Diptera larvae on exhumated corpses), C. R. Seances Soc. Ent. Belg. 74, 131–132. (in French)
- HOROSZKIEWICZ, S., (1902) Casusistischer Beitrag zur Lehre von der Benagung der Leichen durch Insecten (A case report concerning the feeding of insects on human corpses), Vjschr. Ger. Med. (3 Folge) 23, 235–239.
- KENYERES BALÁZS (1925–1926): A törvénytudományi orvostan tankönyve I–II. Budapest, Magyar Orvosi Könyvkiadó Társulat.
- KLINGELHOFFER, Zweifelhafte Leichenbefunde durch Bena-gung von Insekten (Misinterpretation on the cause of death as a result of insects feeding on corpses), Vjschr. Gerichtl. Med. 25 (1898) 58–63 (in German)
- LECLERCQ, M. (1968). Entomologie en Gerechtelijke Geneeskunde (Entomology and legal medicine). *Tijdschr. Geneeskunde*. 22, 1193–1198 (in Flamish).
- LECLERCQ, M., QUINET, L. (1949). Quelques cas d'application de l'entomologie a la determinaton de l'epoque de mort (Several cases concerning the application of entomology on determination of postmortem interval). *Ann. Med. Leg.* 29, 324–326 (IN FRENCH)
- MASCHKA, J. (1881). Angeblicher Tod eines Kindes infolge von Verletzungen. Naturliche Todesart. Entstehung der Verletzung nach dem Tod durch Ameisenbisse (Alleged death of a child due to injuries. Natural cause of death. Injury patterns caused by ant bites), *Vjschr. Ger. Med. N.F.* 34, 193–197 (in German)
- MOTTER, M. G. (1898). A contribution to the study of the fauna of the grave. A study of on hundred and fty disinterments, with some additional experimental observations, *J. N. Y. Entomol. Soc.* 6, 20–233.
- MEGNIN, P. (1896). Note sur une collection d' insectes des cadavres interessants a connatre au point de vue medico-legal, offerte au Museum, *Bull. Mus. Hist. Nat.* 10, 187–190. (in French)
- MEGNIN, P. (1894). La faune de cadavres. Application de l'entomologie a la medicine legale, *Encyclopedie scienti®que des Aides-Memoire*, Masson, Paris Gauthier-Villars, Paris (in French)

- NUORTEVA, P., ISOKOSKI, M., LAIHO, K. (1967). Studies on the possibilities of using blowflies (Dipt.) as medicolegal indicators in Finland. 1. Report of four indoor cases from the city of Helsinki, *Ann. Entomol. Fenn.* 33, 217–225.
- NUORTEVA, P., SCHUMANN, H., ISOKOSKI, M., LAIHO, K. (1974). Studies on the possibilities of using blowflies (Dipt., Calliphoridae) as medicolegal indicators in Finland. 2. Four cases where species identification was performed from larvae, *Ann. Entomol. Fenn.* 40, 70–74.
- Noutcha J. I., M. Aline E. (2019). Succession Patterns and Diversity of Arthropods Associated with Decomposing Domestic Rabbit (*Oryctolagus cuniculus* L, 1758) in Different Habitats. *Environment and Ecology Research*, 7(6), 303–312. DOI: <https://doi.org/10.13189/eer.2019.070601>.
- PRUNA, W., GUARDERAS, P., DONOSO, D. A., BARRAGÁN, Á. (2019). Life cycle of *Lucilia sericata* (Meigen 1826) collected from Andean mountains. *Neotrop. Biodivers.* 5, 3–9. DOI: <https://doi.org/10.1080/23766808.2019.1578056>.
- REINHARD, H. (1882). BEITRÄGE ZUR GRABERFAUNA (CONTRIBUTIONS ON THE FAUNA OF GRAVES), VERH. K. VERH. K. & K. ZOOL.-BOT. GES. WIEN 31 207–210 (IN GERMAN)
- RUEDA, L. C., ORTEGA, L. G., SEGURA, N. A., ACERO, V. M., BELLO, F. (2010). *Lucilia sericata* strain from Colombia: Experimental colonization, life tables and evaluation of two artificial diets of the blowfly *Lucilia sericata* (Meigen) (Diptera: Calliphoridae), Bogota, Colombia strain. *Biological Research*, 43, 197–203. DOI: <https://doi.org/10.4067/S0716-97602010000200008>
- ROULSTON, T. H., CANE, J. H. (2000). Pollen nutritional content and digestibility for animals. *Pl Syst Evol* 222, 187–209. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00984102>
- TARONE A. M., FORAN D. R. (2006). Components of developmental plasticity in a Michigan population of *Lucilia sericata* (Diptera: Calliphoridae). *Journal of Medical Entomology* 43, 1023–1033.
- TARONE, A. M., PICARD, C. J., SPIEGELMAN, C., FORAN, D. R. (2011). Population and temperature effects on *Lucilia sericata* (Diptera: Calliphoridae) body size and minimum development time. *Journal of Medical Entomology*, 48(5), 1062–1068. DOI: <https://doi.org/10.1603/me11004>
- SÓTONYI P. (2011). Igazságügyi orvostan (negyedik bővített kiadás, ISBN 978 963 331 174 5) Semmelweis Kiadó, Budapest www.semmelweiskiado.hu
- Swartz D. (1934). *Haláljelenségek, különös tekintettel a holttesten található sérülések keletkezésének meghatározása*. Budapest, M. Orvosi KvK. Társ.
- WARREN, J.-A., RATNASEKERA, T. D. P., CAMPBELL, D. A. and ANDERSON, G. S. (2018). Hyperspectral measurements of immature *Lucilia sericata* (Meigen) (Diptera: Calliphoridae) raised on different food substrates. *PLoS ONE* 13(2): e0192786. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0192786>

FIBECZ ÉVA ANIKÓ

GÖDÖLLŐ SZELEKTÍV HULLADÉKGYŰJTÉSE

*Eszterházy Károly Egyetem, TTK, Biológia BSc szak,
3300 Eger, Leányka u. 4.*

Összefoglaló

A Zöld Híd B.I.G.G. Nonprofit Kft. (Zöld Híd Kft.) hatékony szelektív hulladékgyűjtéssel és minél többretűbb, lehetőleg helyi újrahasznosítással igyekszik védeni környezetünket. Fő céljuk a lerakott hulladék mennyiségének csökkentése.

A Zöld Híd Kft. adatai azt mutatják, hogy a zsákos rendszerrel hatékonyabban lehet a szelektív hulladékot gyűjteni, mint hulladékszigetek segítségével, ráadásul a zsákos rendszerrel gyűjtött hulladék tisztább, és kevesebb illegális szemétkerakással jár. Hátránya, hogy csak családi házas övezetben alkalmazható. A zsákos rendszer bevezetésével a szelektív hulladék mennyisége 2014 és 2017 között folyamatosan nőtt. Ezt a növekedést nem követte a kommunális hulladék csökkenése, mivel a lakosok a félig üres kukákba egyéb hulladékot, például elektromos eszközökből származóakat vagy építési törmeléket raktak. A zöld hulladék mennyisége is évről évre gyarapszik, hasznosítása azonban még jórészt megoldatlan.

Tapasztalatom alapján a hulladékfeldolgozó társaságok feladatai igen nehezek, sikeres működésükhöz elengedhetetlen a lakosság megfelelő hozzáállása. Ahhoz, hogy a hasznosítatlan hulladék mennyiségét csökkenteni tudjuk, nemcsak a lakosság vásárlási, fogyasztási és személtelési szokásait kell megváltoztatnunk, hanem magát a gyártási folyamatot is optimalizálni kell, hogy minél kisebb mennyiségű szemét keletkezzen.

Kulcsszavak: *hulladékgazdálkodás, szelektív hulladék, zöld hulladék*

Elfogadva: 2021. 01. 31.

Elektronikusan megjelent: 2021.

ÉVA FIBECZ

SELECTIVE WASTE COLLECTION IN GÖDÖLLŐ

*Eszterházy Károly University, Faculty of Natural Sciences, Biology BSc;
3300 Eger, Leányka u. 4.*

Abstract

The aim of Zöld Híd B.I.G.G. Nonprofit Ltd (Zöld Híd Ltd which translates to „Green Bridge”) is to protect the environment, by introducing effective selective waste collecting system and recycling technology. In order to avoid landfilling by communal waste, they are about to recycle as much material, as possible, furthermore they are trying to solve the recycling of the green waste on site.

I have received the data regarding the quantity of the waste, collected by the Zöld Híd Ltd. between 2014 and 2017, in a weekly breakdown. The chart represents the quantities of municipal-, selective-, and green waste that had been collected by them, as well as the waste collected at the selective islands per settlements. The efficiency of selective waste collection increased by using bags for the different waste types. This solution works only for residential areas with single-family homes. In housing estates the less effective selective waste islands could be used. Although the amount of selective waste increased between 2014 and 2017, interestingly this increase was not mirrored by the decrease of communal waste. According to the interviews, residents started dumping other waste into their half empty bins, like electronical or construction materials. The quantities of the green waste collected by Zöld Híd thrives year by year, especially after the introduction of special bags for it. Although the amount of green waste increases, its further use is mainly unresolved.

Based on my experience, the task of waste-managing companies in Hungary is far from easy, and their succes is higly dependent on the attitude of residents. To decrease the amount of the stored waste even further, the shopping and consumptional habits of people as well as the production methods should be changed.

Keywords: *green waste, selective waste, waste management*

Accepted: 2020. 01. 31.

Published online: 2021.

Bevezetés

„A szemét túl értékes ahhoz, hogy csak úgy elhajítsuk, úgyhogy alternatív megoldásokat kell találnunk az ismételt felhasználására.”

Nicolas Mallo

Hulladék és szemét között különbséget kell tenni, mert a hulladék egy lehetőség, a szemét gond. A hulladékgazdálkodás olyan terület, ahol elengedhetetlen a folyamatos fejlődés, az új technológiák alkalmazása és a korszerűsítés. A keletkező hulladékok ártalmatlanítása, lerakása, újrahasznosítása sok problémával jár, ezekből adódóan folyamatosan konfliktusokat kell kezelni. Fontos megjegyezni, hogy a természet nem termel szemetet, hisz minden az ökológiai körforgás során újrahasznosul. Az ember által mesterségesen előállított szintetikus szerek, termékek viszont nem tudnak részt venni ebben a természetes körforgásban.

A szelektív hulladékgyűjtés mára már hétköznapi fogalommmá vált, a hulladék szétválogatása nem divatból vagy hobbiból kell hogy történjen, hanem a tisztább jövő érdekében. A szelektíven való gyűjtés, az újrahasznosítás, a tudatos környezetvédelem sem ad teljes megoldás a szemét problémájára, mert rengeteg olyan anyag van, amelyet nem lehet újrahasznosítani, de az újabb és újabb technológiák növekvő mértékű újrahasznosítást tesznek lehetővé. A Zöld Híd B.I.G.G. Nonprofit Kft. (zoldhid.hu) az újítók közé tartozik, folyamatos fejlesztéssel és új technológiák alkalmazásával próbálják a szemét minél nagyobb mennyiségét újra-felhasználhatóvá tenni, és ezzel hozzájárulni az élhető jövőhöz.

Hulladékkezelés

Környezetvédelmi szempontból hulladéknak tekintünk minden olyan ember által létrehozott anyagi terméket, amelyre az embernek már nincs szüksége. A hulladék szennyezi valamennyi környezeti elemet – talaj, víz, levegő –, és ezáltal a Föld minden lakosát érinti. Egyes alkotórészek beépülnek állati és növényi szervezetekbe, ott akkumulálódnak, és a táplálékláncon keresztül az embert károsítják. A hulladék fertőző betegségek okozója is lehet.

Hazánkban 2019-ben az elszállított települési hulladék mennyisége mintegy 3,25 millió tonna volt, ennek nagy része lerakott, depókba helyezett hulladék volt (1,86 millió tonna), 130 tonnát égetéssel hatástalanítottak, 1,38 millió tonnát hasznosítottak vagy mint alapanyagot, vagy mint energiaforrást (KSH). Az évente lerakott és nem újrahasznosított hulladék értéke több tíz milliárd forintba tehető (CsÖKE, 2011; HOLES, 2018).

Hulladékot csoportosíthatjuk halmazállapot, eredet és veszélyesség szerint. Halmazállapot szerint szilárd hulladéknak tekintjük a makroszkopikus részecskékből összetevődő szilárd halmazállapotú szerves és szervetlen anyagokat. Folyékony hulladék, amelyet nem vezetnek el és nem bocsátanak ki szennyvízel-

vezető hálózaton vagy szennyvíztisztító telepeken keresztül. Iszapszerű hulladék az egymástól különálló szilárd, finom szemcséjű részecskéket tartalmazó folyadékból kiülepedett vagy kiülepített anyagi rendszer. (ÁGOSTHÁZI és mtsai., 2001) Környezeti hatás szerint veszélyes hulladéknak minősül minden nemű anyag, ami az emberi egészségre vagy a környezetre káros hatással van, mint például tűzveszélyes palackok, vegyszerek, gyógyszerek, oxidáló szerek és mérgek (BULLA, 2001). A gyakorlati alkalmazás megkönnyítése érdekében a világon mindenhol listán sorolják fel az egyes hulladéktípusokat, számos rendszerezési elv alapján. Legegyszerűbben termelő és szolgáltató, illetve a fogyasztási szférában képződő termelési és települési hulladékokat különböztetünk meg. (NAGY és RÁCZ, 2002)

A hulladékok mennyiségének alakulását befolyásolhatják a gazdasági, a technológiai és a társadalmi normák. A hulladék mennyisége 2006 és 2019 között csökkent, de amin továbbra is változtatnunk kellene, az a lerakott hulladékok mennyisége, hiszen a hulladéknak még mindig több mint a fele kerül feldolgozatlanul, válogatatlanul a föld alá (KSH).

A hulladék a keletkezésétől lerakásáig hosszú utat járhat be. A hulladékpiramis jól szemlélteti a legjobb utat a hulladék számára (1. ábra). A települési hulladék jelentős részét a csomagolási hulladék teszi ki, emiatt keletkezésének megelőzése szinte lehetetlen. Csak a gyártás során keletkező feleslegek mennyiségét lehet csökkenteni (SZEDER, 2000).



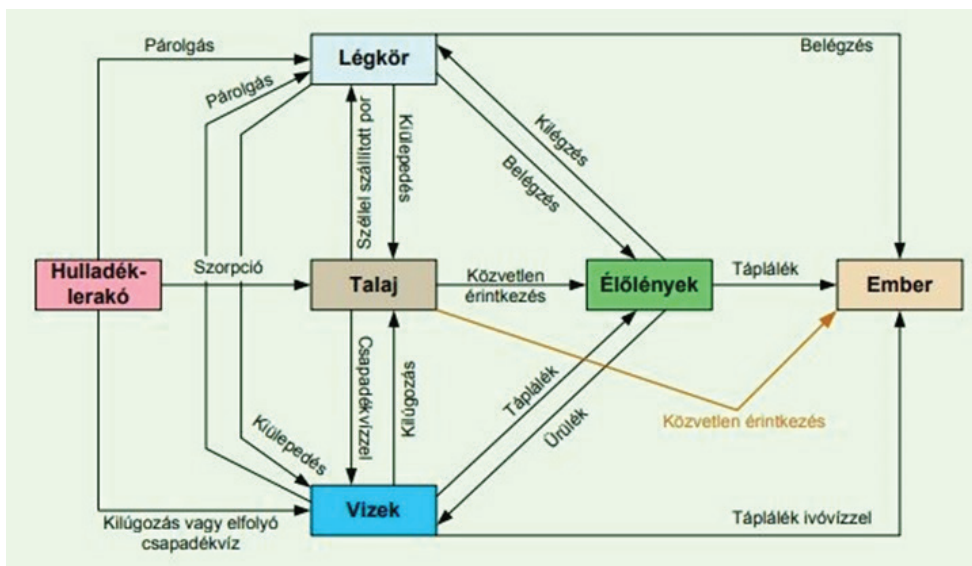
1. ábra. Hulladékpiramis.

Általánosságban szemlélteti a hulladék életútját. A piramis alján a lerakás látható, mert az általunk termelt hulladékok többsége hasznosítás nélkül egyből depókba kerül.

Ideális esetben a piramis szintjei fordítva lennének, és a lerakott mennyiség lenne a legkevesebb. A piramis csúcsán a hulladékképződés megelőzése áll, mert ha nincs hulladék, akkor nincs is mit lerakni.

A hulladék környezeti hatásai

Jelentős probléma a nem megfelelően kezelt hulladék a természetkárosító hatása. A hulladék szennyezi a légkört, a talajt, a vizeinket. Egyes alkotórészek beépülnek állati és növényi szervezetekbe, és közvetetten okoznak hátrányt az emberek számára (2. ábra).



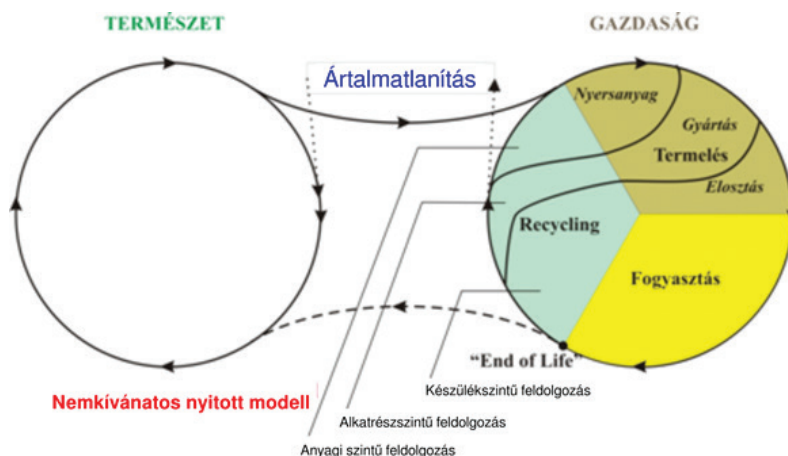
2. ábra. Lerakott hulladék környezeti hatásai.

A lerakott hulladék szennyezési útjai láthatók. A víz-, talaj-, valamint légköri szennyezéssel sérül az állat- és növényvilág, és végül az ember is.

A hulladéklerakók környezetkárosító hatásainak elkerülését megfelelő kialakításukkal lehet elkerülni. A depóknak záró- és aljzatszigetelő rendszere van, és a kettő együttes hatása körbezárja a hulladékot, így nem történhet meg a szivárgás. A szennyező anyagok, mint a csurgalékvíz, ellenőrzött elvezetőrendszeren keresztül léphetnek csak ki. Magyarországon az aljzatszigetelés kialakításának követelményeit a 20/2006.(IV.5.) KvVM rendelet 1. sz. melléklete szabályozza (NAGY és RÁCZ, 2002; CSŐKE, 2011).

A természetben zajló hulladékátalakulási körfolyamatok lehetnek egészen rövidek – például egy banánhéj három-négy hét alatt bomlik le –, de akár több száz vagy millió évig tartóak is. Ezeket a természetes folyamatokat azonban az emberi tevékenység erősen megzavarja. Az elmúlt években egyre inkább terjedő szemléletmód, a fenntarthatóság oly módon próbálja megoldani ezt a problémát, hogy a gazdasági folyamatokat ki akarják zárni a természetből, önálló körfolyamatba zárva. A „körforgási modell” jól szemlélteti a visszaforgási szintek prioritásának fontosságát (3. ábra). Példának vehetjük a számítógép processzorának újrahasznosítását. Elsősorban inkább a magas nemesfémtar-

talma miatt mint anyag hasznosítják újra, kevésbé használjuk újra mint alkatrészt. Pedig ha alkatrészként hasznosítanánk, akkor csökkenthetnénk a körforgásban lévő anyag mennyiségét (NAGY és RÁCZ, 2002).



3. ábra. Körforgásmodell

Bemutatja egy elektronikai eszközön, a processzoron keresztül, hogy nem csak anyagában lehet egy terméket újrahasznosítani. Javítás révén kis költséggel sokkal nagyobb mértékben újrahasználható, és hulladékká válásának ideje is később következik be.

A gazdaság körforgásban láthatóak az újrahasznosítás egyéb módjai, mielőtt életútja véget ér ('end of life'), és ártalmatlanítás után bekerül a természet körforgásába (NAGY és RÁCZ, 2005)

Hulladékgazdálkodási törvény, hulladékgazdálkodási terv

A megfelelő hulladékgazdálkodást számos előírás, szabályrendszer segíti. Szabályok rendelkeznek a hulladékégetésről, a hulladéklerakásról, a hulladékhasznosításról és a szelektív hulladékgyűjtésről is. A 2012. évi CLXXXV. törvény szerint a hulladékgazdálkodás alapelvei a következők: újrahasználat és az újrahasználatra való előkészítés, kiterjesztett gyártói felelősség, önellátás, közelség, szennyező fizet, biológiailag lebomló hulladék hasznosítása, költséghatékony hulladékgazdálkodási közszolgáltatás biztosítása, keresztfinanszírozás tilalma (2012. évi XLIII. törvény). A törvény továbbá kiterjed a környezet és az emberi egészség védelmére is. A hulladékgazdálkodási törvény céljainak elérését a hulladékgazdálkodási tervek az alapelvek érvényesítésével segítik elő. Az Országos Hulladékgazdálkodási Tervet (OHT) hat évre készítik el, és két évente beszámolót állítanak össze az abban foglaltak végrehajtásáról. A hulladékgazdálkodási terveket a területen lévő helyi önkormányzatokkal, a hatóságokkal, az érdekképviseleti szervezetekkel és a környezetvédelmi társadalmi szervezetekkel együtt kell elkészíteni (CSÖKE, 2011, NAGY és mtsai., 2011).

Szelektív hulladékgyűjtés

Szelektív hulladékgyűjtésnek nevezzük azt a folyamatot, amikor a hulladék-termelőknél keletkező, számukra már feleslegessé vált anyagokat külön-külön gyűjtik, és további hasznosításra, ipari feldolgozásra kerülnek. A szelektív hulladékgyűjtésnek egyik feltétele a jogi szabályozás támogatása, a visszanyert összetevők ipari hasznosítása, kereskedelmi értékesítése és a veszélyes hulladékok ártalmatlanítása (CSÖKE, 2011; HOLES, 2018). A szelektíven gyűjtött hulladékot újrahasználni és újrahasznosítani is lehet. Az előbbinél az adott terméket az eredeti céljára használják. Ez a legkedvezőbb forma, hiszen ilyenkor csak a körforgási ciklusból történő végleges kilépésnél keletkezik hulladék. Újrahasznosításnál a hulladéknak vagy annak valamely összetevőjének a termelésben, illetve szolgáltatásban történő felhasználását értjük (KARDOS, 2014).

A gyűjtés az alábbi módokon, illetve ezek kombinált megoldásaival valósulhat meg:

- lakóházon belüli gyűjtéssel;
- gyűjtőszigetekkel;
- hulladékudvarokkal;
- mobilis, akciószerű veszélyeshulladék-gyűjtéssel;
- kereskedelmi létesítményekben történő hulladéklerakással (Csöke, 2011).

Az alkalmazott módszerek függnek a terület jellegétől (családi házas-kertes vagy lakótelepi övezet-e), a hulladék mennyiségétől, fajtájától, a szállítás gazdaságosságától, a hulladékkezelő létesítmény távolságától és adottságaitól. Egy családi házas övezetben a gyűjtőedények a telken belül is elhelyezhetők, csak üvegyűjtésre van szükség a gyűjtőszigeteken, illetve a zöldhulladékok gyűjtése is megoldható. Nagyobb méretű városban, ami zárt beépítésű lakótelepes kialakítású, ott hely hiányában a gyűjtőszigetek a legalkalmasabbak, és a szerves hulladékok gyűjtésére nincs lehetőség.

A szelektív gyűjtésnél az alábbi szempontokat kell figyelembe venni:

- a hulladék keletkezési helyéhez minél közelebbi, kényelmes elkülönítést biztosító gyűjtőhelyeket kell kialakítani;
- a kialakítás rugalmasan tudjon alkalmazkodni az igényekhez;
- kivitele esztétikus, környezetbe illő legyen (CSÖKE, 2011).
- A szelektív hulladék gyűjtése a közszolgáltatási hulladékelszállítást kiegészítheti (additív eljárás), vagy a két forma szervesen együttműködve (integrált eljárás) is megjelenhet. Az előbbi formái az utcai gyűjtés, központi gyűjtőhelyen kihelyezett konténerekbe történő gyűjtés. Az integrált eljárásnál anyagtartályokban egy vagy több komponenst gyűjtjenek (Olesák, 2000)

Lakóházon belüli gyűjtés

Otthonunkban leggyakrabban hatvantól kétszáznegyven literes hulladékgyűjtő edényekben vagy zsákokban tudjuk külön válogatni a hulladékot. A zsákos rendszer könnyen alkalmazható a papír-, műanyag és zöldhulladékok elkülönítésére. A hulladék gyűjtésére szolgáló zsákok a közszolgáltatótól vásárolhatók meg, melynek árában általában benne van az elszállítási költség is (4A. ábra). A zsákok különböző színűek, illetve a zöldhulladékgyűjtők biológiai úton gyorsabban lebomló anyagból készülnek.

A zsákos módszer előnyei:

- a zsákok a hulladékkal együtt hasznosításra-ártalmatlanításra kerülnek, így nem kell külön kezelni vagy tisztítani azokat,
- nem igényel speciális hulladékgyűjtő edényt és járművet,
- higiénikus, por- és bűzmentes,
- a változó mennyiségű szelektív hulladékhoz jól igazítható.

A zsákos módszer hátrányai:

- nem minden típusú hulladék gyűjtésére alkalmas,
- a zsákok kialakítása, beszerzése költséges,
- a megtelt zsákokat minél előbb el kell szállítani és helyettük újat biztosítani.

Az edényes rendszer előnye a zsákos szemben, hogy itt csak egyszer kell megvásárolni a gyűjtőket. Azonban ezek elszállítása már más rendszert igényel, mert általában lassabban telnek meg (4.C ábra). Ez a rendszer jobban alkalmazható a társasházak esetében. Itt oda kell figyelni az edények tisztaságára, sérülés esetén cseréjére, valamint a rajta található utasítások olvashatóságára.

Ami mind a két rendszer esetében fontos, hogy a lakosságot megfelelően tájékoztassák a gyűjtés idejéről és szabályairól. Így a lakosság a szállítás előtt mindig ki tudja helyezni a szelektíven gyűjtött hulladékot (Csöke, 2011).

Gyűjtőszigetek

A nagyvárosokban leggyakrabban alkalmazott szelektív gyűjtési forma. Azonban ezzel is van a legtöbb gond, mert nagyon gyakori az illegális személtre rakás és ebből adódóan a szennyezet hasznos anyag.

A 2000; 5/2002. (X. 29.) KvVM rendelet alapján a gyűjtőszigeteken minimum három másodnyersanyagként hasznosítható hulladékgyűjtő edényt kell kihelyezni. Ezek lehetnek papír-, műanyag-, üveg- (fehér, színes) vagy fémhulladék-gyűjtők (4B. ábra). A gyűjtőszigeteken veszélyes, valamint biológiailag lebomló vagy más emberi egészségre káros anyag nem gyűjthető. Egyes helyeken a szigetek mellett még használtruha- és cipőgyűjtő edényeket is találhatunk (Csöke, 2011).

A hulladékszigetek elhelyezésekor a szelektív hulladékgyűjtésnél ismertett szempontokat kell figyelembe venni. Fontos a megfelelő megközelíthetőség mind a lakosság, mind a gépi ürítést végző járművek számára, a rugalmasan bővíthető kialakítás és az esztétikus megjelenés (Csöke, 2011). Ilyen szigeteket leggyakrabban lakóköztereken, központi útkereszteződéseknél, közintézményeknél, iskoláknál, kereskedelmi és bevásárlóközpontok közelében szoktak kialakítani. A BIOKOM Kft. felmérése szerint a lakosok 250-350 méternél nagyobb távolságot nem hajlandók megtenni a szelektív gyűjtés érdekében (Kiss, 2005). Sok esetben ezért az üzembe helyezést követő kis időszakban egyes területeken a gyűjtőedények vagy akár szigetek számának növelése, vagy esetleges csökkentése, vagy más területre való áthelyezése szükséges. Az egyes településeken különböző típusú gyűjtőedényeket alkalmaznak. Van a rekeszes, amibe akár négy különböző frakciót is el lehet helyezni, és van az egy frakciós, ez a gyakoribb. Az edények anyaga lehet műanyag vagy fém, ezeknek átlagos térfogatuk 1-2,5 m³. A műanyagból készültek szebbek, esztétikusabbak, azonban sérülékenyebbek is, ezért a fém edények praktikusabbak.

Ugyanúgy, mint a házhoz menő rendszernél, itt is elengedhetetlen a lakosság megfelelő tájékoztatása. Itt talán még fontosabb a részletes információk feltüntetése, akár piktogrammal vagy szimbólumokkal segítve. Leggyakoribb kérdés a gyümölcsitalos kartonok, amik hol a műanyagban, hol a papírban, hol pedig a háztartási hulladékban kötnek ki. Ezek pontos gyűjtési szabályai a szolgáltatótól függően, ráadásul településenként változhatnak.

Hulladékudvarok

A hulladékgyűjtő udvarok a lakosságtól származó szelektíven gyűjtött, lomtalanításból származó frakciók és veszélyes hulladékok befogadására alkalmas zárt gyűjtőhelyek (4. D ábra). Az ilyen udvarokon azokat a hulladékokat tudjuk elhelyezni, amelyek sem az otthoni gyűjtőedényünkbe, sem a szigetek gyűjtőedényeibe nem helyezhetők. Itt történhet a begyűjtött szelektív hulladékok tárolása egészen addig, amíg tovább nem szállítják hulladékkezelő cégekhez.

A lakosság térítésmentesen, míg a vállalkozások átvételi díj ellenében vehetik igénybe az udvarokat. Szakképzett személyzet segíti az átvételt, és nyilvántartást vezetnek.



4. ábra. Szelektív hulladékgyűjtés rendszere.

A) Szelektív hulladékgyűjtésre szolgáló zsákok és a rajtuk található tájékoztató feliratok.

B) Szelektív sziget. Központi szelektív hulladékgyűjtésére kialakított szigetek, amik adott területenként vannak elhelyezve a hulladékok frakció szerinti gyűjtésére.

C) Szelektív gyűjtőedények. A hához menő szelektív hulladékgyűjtésre alkalmas kisméretű, 120 literes gyűjtőedények.

D) Hulladékgyűjtő udvar. Egy átlagos hulladékgyűjtő udvar, ahová a lakosság beszállíthatja a nagyobb mennyiségben összegyűjtött szelektív hulladékot, lomhulladékot, építésből származó és elektronikai hulladékot.

E) OptiBag zsákok. A svéd Envac Optibag AB által forgalomba hozott különböző színű hulladékgyűjtő zsákok. Minden színnek megvan a hozzá tartozó hulladéktípusa is, például kék a papír.

Az alábbi hasznosítható és veszélyes hulladékok gyűjthetők az udvarokban (CSÖKE, 2011):

„Másodnyersanyagként hasznosítható hulladékok:

- papír – újság-, hullám-, kartonpapír, italos kartondoboz;
- műanyag – üdítőitalos és ásványvizes palackok;
- üveg – fehér, színes;
- fém – italos, konzerves dobozok;
- textilhulladékok.

Lakosságtól származó veszélyes hulladékok:

- akkumulátor, szárazelem, gombelem;
- használt sütőzsiradék;
- fáradt olaj és csomagolóanyagai;
- növényvédőszeres göngyöleg;
- festék-, lakk-, hígítómaradékok és göngyölegeik;
- lejárt szavatosságú gyógyszerek;
- fénycsövek, izzók.

Darabos hulladékok:

- bútorlom;
- építési törmelék (maximum 1 m³);
- elhasználdott háztartási gépek – hűtőszekrény, mosógép, hajszárító;
- elektronikai hulladék – rádiók, televíziók, számítógépek és a hozzá tartozó perifériák, híradástechnikai berendezések;
- gumibroncs.

Különleges kezelést igénylő hulladékok:

- zöldhulladék.

A begyűjtött hulladékot egy évig lehet tárolni, kivéve a biológiailag lebomló hulladékot, mert annak tárolása maximum egy hét lehet. A veszélyes hulladékot szintén egy évig lehet tárolni az átvétel időpontjától kezdve. A hulladékudvarok minimális felszereltséget igényelnek. Ami szükséges, az a fedett és nyitott tárolóterek, a zárt hulladékgyűjtő edények, kétszáz kilogramm méréshatárral rendelkező hordozható mérleg, homok- és fűrészportároló, kéziszerszámok, egyéni védőfelszerelések, szilárd burkolat, ahol a hulladék tárolása és mozgatása zajlik, illetve kerítéssel és portával legyen ellátva és persze megfelelő világítással. Ötezer fős lakosság esetén minimum egy udvart kell létesíteni a 5/2002. (X. 29.) KvVM rendelet alapján. A hulladékudvarba való lerakásért nem szedhetnek díjkat, így annak finanszírozása történhet a lakosság által hulladékkezelésért beszedett díjakkól, az önkormányzatok támogatásából, valamint a szelektíven gyűjtött anyagok hasznosításából befolyó összegből (CSÖKE, 2011, NAGY és mtsai., 2011).

Mobilis, akciószerű veszélyeshulladék-gyűjtés

Általában évente pár alkalommal kerül megrendezésre a veszélyes hulladékok gyűjtése oly módon, hogy kijelölnek egy gyűjtőhelyet, vagy pedig tervezett gyűjtőjáratokkal szedik össze a hulladékot. Ilyenkor a lakosság által már nem használt olajok, lakkok, hígítók, elemek, akkumulátorok kerülnek leadásra. Ezen frakciók tárolását a külön erre kialakított edényekben oldják meg.

Kereskedelmi létesítményekben történő hulladéklerakás

Magyarországon egyre több üzlet és áruház ad otthon az újrahasznosításnak. Elektronikai üzletek új eszköz vásárlása esetén vállalják a régiek az átvételét, gyógyszerárakban leadhatók a lejárt szavatosságú vagy feleslegessé vált gyógyszerek. Kisebb üzletekben elhasznált akkumulátorok és elemek visszavételére van lehetőség.

A szelektív hulladékgyűjtés kialakítása

A szelektív hulladékgyűjtéshez használt edények, zsákok ürítése és a konténer cserélése alaposan megszervezett logisztikai munkát igényel. A zöldhulladék gyakoribb elszállítását igényel, mint a műanyag vagy a fémhulladék, a bomlás miatt. Figyelembe kell venni a gyűjtőszigetekenél a lakosságot is, hogy milyen hamar telnek az edények, mert ha már tele vannak, akkor sok esetben mellé rakják a hulladékot. Ez mind egészségügyileg, mind a köztisztaság szempontjából, mind a látvány szempontjából nem a legkedvezőbb. Ilyen esetek elkerülésére érdemes a gyűjtőkre vagy akár egy külön táblára kiírni egy bármikor hívható számot, amin ürítési igény adható le.

Hazánkban minden önkormányzat maga határozza meg, hogy milyen formában vezeti be a szelektív hulladékgyűjtést. Leggyakrabban a gyűjtőszigetes rendszer kiépítését választják, de bizonyos településeken a házhoz menő rendszert részesítik előnyben.

A gyűjtőszigetes rendszernél nagy a kockázat a rongálásra, illetve az illegális hulladéklerakásra, ami sokszor kezelhetetlenné válik. A szigetes gyűjtések esetén szinte mindig tartalmaz 15-20% idegen anyagot a hulladék, míg a házhoz menő rendszernél ez elenyésző. Ezek elkerülése érdekében több településen is átálltak a háztartásonkénti gyűjtésre, és csak bizonyos övezetekben, a lakótelepeken hagyták meg a gyűjtőszigeteket.

Az üveg gyűjtése azonban mindenhol központilag van kialakítva, adott területenként egy gyűjtő elhelyezve, figyelembe véve a ráhordási arányt.

Azok a települések, ahol még nem épült ki a szelektív gyűjtés, ott inkább a házhoz menő rendszert ajánlják a fenti problémák elkerülése végett.

A szelektív gyűjtés kialakítására ötleteket lehet meríteni a külföldi országoktól is. A svéd Envac Optibag AB optikai válogatórendszere egy új megközelítés a hulladékok szétválogatásában. Ennek alapja, hogy különböző színű zsákokat alkalmaznának aszerint, hogy a hulladék keletkezési helyét különböző színnel jelölnék. Így elegendő lenne egy gyűjtőjárat, és lehetne keverve gyűjteni a hulladékot (4E. ábra). Ezt a módszert egy nagyon jó ötletnek tartom, azonban a zsákok tartalmát illetően a lakosoknak van a legnagyobb szerepe. A kiépítése költséges – a zsákok biztosítása, maga a válogató –, de talán a leghatékonyabb és legtisztább gyűjtést így lehetne elérni.

A szelektív hulladékgyűjtés egyre elterjedtebb, szinte már kötelező. Ahhoz, hogy ez így is maradjon, a lakosságot folyamatosan tájékoztatni kell, és érvelni kell mellette. A fenntarthatóság fontosságára való nevelést már az óvodában el kell kezdeni, ha otthon még nem is gyűjtenek szelektíven, az óvodából hazavitt tudást már a kisgyermek is át tudja adni a szüleinek. Nemcsak elméleti síkon van szükség az oktatásra, hanem a gyakorlati részét is meg kell ismeriük. Tudniuk kell, melyik színű edénybe mit helyezhetnek, hogyan lehet akár otthon a kis zöldségeskertben komposztálni. Meg kell tanulniuk az anyagokat újrahasználni, például egy zacskót nem csak egy bevásárlásnál használhatnak, hanem mindig vihetik magukkal. Megtanulhatják, hogy akár saját maguk is készíthetnek játékokat egyes hulladékokból.

Az óvodai és a kisiskolásoknak tervezett oktatóprogramok talán a legfontosabbak, hogy a következő generáció körében kialakuljon a környezettudatosság. A Zöld Híd B.I.G.G. Nonprofit Kft. rendelkezik ilyen oktatóprogrammal az óvodások, az iskolások, de még a felnőttek számára is.

A hulladékkezelés mechanizmusai

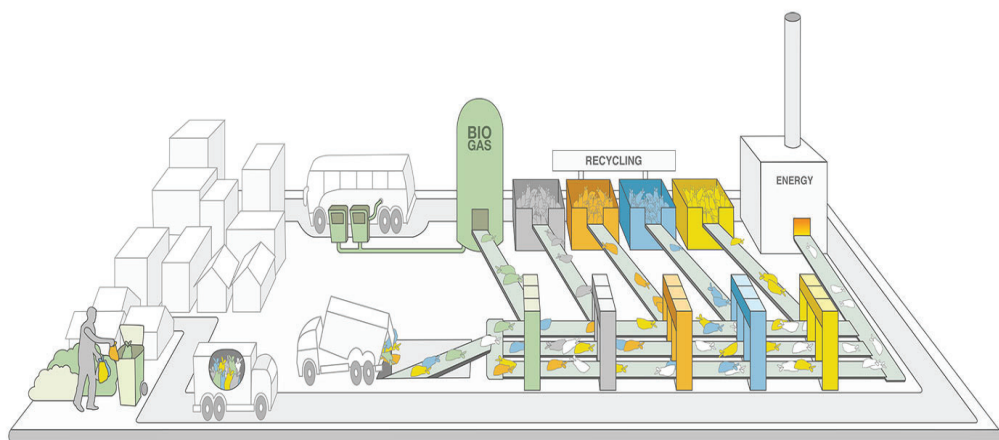
A hulladék megfelelő kezelése közös érdekünk (ZAMAN és ASHAN, 2020), hasznosításakor a hulladék nyersanyagként vagy energiaforrásként szolgál, és csökken az a mennyiség, amelyet lerakóban kell ártalmatlanítani.

A hulladékok hasznosításához, kezelésükön túl, a következő eljárásokat alkalmazhatjuk:

- újrafeldolgozás – a hulladék egészének újbóli vagy ismételt felhasználása;
- visszanyerés – a hulladék valamely összetevőjének leválasztása, majd alapanyaggá alakítása;
- energetikai hasznosítás – a hulladék energiatartalmának kinyerése, illetve felhasználása;
- komposztálás – a bio-, illetve zöldhulladék biológiai úton szerves anyaggá történő átalakítása (zoldhid.hu).

Az összegyűjtött vegyes hulladékok feldolgozásakor a beérkező gyűjtőjárművek a felhordó szalagokra ürítik tartalmukat. A hulladék előaprításra kerül, majd mágnes segítségével eltávolítják belőle a fémeket. Ezt követően a pálcás rezgőrostán kiszűrik a száz milliméternél kisebb frakciókat, és a fennmaradó hulladékot légosztályozás útján szétválasztják. A mechanikai kezelés után a nem hasznosítható hulladék megfelelő szigeteléssel ellátott depókban lerakásra kerül (5. ábra).

A munkafolyamat minden része gépiesített, de emberi beavatkozás is szükséges, problémát jelent a válogatórendszernek a nagyobb fémdarabok, szövegek (például szőnyegek) és más nem rostálható anyagok jelenléte, emiatt két munkás előválogatja a hulladékot (FARKAS és HARTMAN, 2016).



5. ábra. A hulladékkezelés mechanizmusa.

A Zöld Híd B.I.G.G. Nonprofit Kft. hulladékkezelő mechanizmusa látható a képen.

A begyűjtött hulladékok kézi válogatáson, mechanikai előkezelésen, illetve biológiai kezelésen esnek át attól függően, hogy milyen frakcióról beszélünk. Ezt követően a nem hasznosíthatóból RDF-aprított fűtőanyag, a zöldhulladékból komposzt lesz. A hasznosítható anyag továbbszállításra kerül, és az ezek után fennmaradó hulladék pedig lerakásra. A százalékos megoszlások jól megfigyelhetők.

A társadalomnak kötelezettsége a természeti erőforrások védelme, amit a mindennapokban például a hulladékok szelektív gyűjtésével tudunk elérni. Jelenleg a lakossági hulladéknak csak 5-7%-át tudjuk hasznosításra továbbadni, pedig hazánk európai uniós vállalása az Európa 2020 stratégia szerint az 50% elérése (Az Európai Unió Lapja, 2018).

A Zöld Híd a szelektív hulladékok begyűjtésével, majd előkészítésével olyan társaságok tevékenységét támogatja, amelyek újrafeldolgozás, illetve visszanyerés révén hasznosítanak egyes hulladékfajtákat. Energetikailag aprított fűtőanyagot (RDF-et) állítanak elő, az Ökörtelek-völgyi lerakónkban összegyűjtik a biogázt, és emellett komposztálással is foglalkoznak. A zsákos rendszer bevezetésénél a lakosság számára olyan zsákokat biztosítottak, amelyeken jól láthatóan feltüntették, hogy mi kerülhet a zsákokba (6A. ábra). A szelektív hulladékot a gyűjtési napokon egyszerűen a vegyes hulladékot gyűjtő edény mellé kell kihelyezni (6B. ábra). A zöldhulladék gyűjtését hasonló módon oldották meg. A felhasznált zsákok hő és UV hatására szétesnek, így a zsákok bedarálhatóak a komposztba (6C. ábra).

A SZELEKTÍV HULLADÉK

CSAK AZ ALÁBBI HULLADÉKOKAT DOBJÁK BELE!

MŰANYAGHULLADÉK:

- ásványvízes, üdítőitalos PET palack, kupakkai, címkévei, **összelapítva**
- kozmetikai és tisztítószeres flakon, **kiöblítve**
- tiszta fólia (szatyor, zacskó, zsugorfólia)

FÉMHULLADÉK:

- alumínium italdoboz, **összelapítva**
- fém konzervdoboz és egyéb fém élelmiszer-csomagoló anyag, **összelapítva**

PAPÍRHULLADÉK:

- újságpapír, kisebb papírdoboz összehajtv (a nagyobb kartondobozokat a gyűjtőnapokon a zsák mellé helyezték)
- tiszta csomagolópapír és reklámkiadvány

ITALOSKARTON-DOBOZ:

- tejes, gyümölcsleves többretegű italoskartondoboz **tiszán és összelapítva**



NE DOBJA BELE!

- **üveg hulladék!!!**
- pelenkák
- hungrocell, szigetelő-anyagok
- tűz- és robbanásveszélyes hulladékok
- veszélyes anyagot tartalmazó hulladékok
- élelmiszer-maradványt tartalmazó hulladékok
- biológiailag lebomló hulladék

B



C

BIOHULLADÉK

- **PARKOK, KERTEK HULLADÉKA:** falevél, elpusztult növények maradványa, gyomok, fűkaszálék, nyessedékek
- **GALLY, ÁGAK:** összekötegelve az 1 m-nél nem hosszabb, 6 cm-nél nem vastagabb (zsákok mellé helyezhető)
- **KONYHAI ELŐKÉSZÍTÉS HULLADÉKAI:** zöldség- és gyümölcskehéj, levél
- **KÁVÉZACC, TEAFILTER**

(max. 20 kg)



TILOS BELEDOBNI!

- **MINDEN, BIOLÓGIAILAG LE NEM BOMLÓ HULLADÉK:** csomagolóanyagok, vegyes települési hulladék, üveg
- **BIOLÓGIAILAG LEBOMLÓ, DE TILOS:** papír, egész kenyér, főtt ételek maradvékai, állati eredetű élelmiszer és tetemek

D



6. ábra. Zsákos rendszerű szelektív hulladékgyűjtés.

A) Szelektív zsák felirata. A szelektív hulladékgyűjtésre alkalmas zsákokon található felirat, ami tájékoztatást ad arról, hogy mi kerülhet, és mi nem kerülhet a zsákba. B) Kihelyezett szelektív zsákok. A gödöllői lakosok által a saját kommunális edényeik mellé kihelyezett, szelektív hulladékkal teli zsákok. C) A zöld zsák felirata. A Zöld Híd Komposzt által forgalomba hozott biológiai hulladék gyűjtésére alkalmas zsákok feliratozása látható. D) Kihelyezett zöld zsákok.

Amire fokozottan oda kell figyelni, hogy a megadott súlyhatárt ne lépjük túl, mert különben a zsák kiszakadhat.

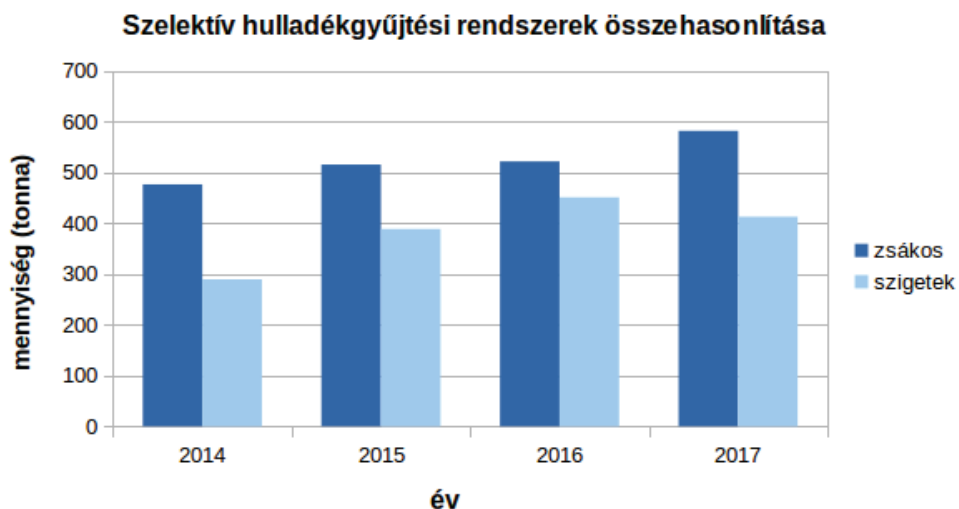
A Zöld Híd Kft. hulladékgazdálkodási tevékenységének vizsgálata

A Zöld Híd Régió Környezetvédelmi és Hulladékgazdálkodási Nonprofit Kft. (továbbiakban Zöld Híd Kft.) az ország egyik legnagyobb, önkormányzati tulajdonú hulladékgazdálkodási közszolgáltatója. A 2010 júniusában átadott két központtal (Nógrádmарсал, valamint Ökörtelek-völgy) működő hulladékkezelő elsődleges feladata a szelektív hulladékgyűjtés volt, de 2011-től néhány településen megkezdte a vegyes hulladék gyűjtését is. 2019. április 1-jétől kilencvenhét település közel háromezrezer lakosának közszolgáltatását biztosítja, mintegy háromszáz alkalmazottal, heti háromszázkilencvenegy gyűjtőjáratral végzi kilencvenhatezer címről a vegyes hulladék, a házhoz menő és gyűjtőszigetes szelektív hulladék begyűjtését, a házhoz menő vagy gyűjtőpontos zöldhulladékok elszállítását és évi egy alkalommal az ingyenes lomtalanítást. A Zöld Híd feladata egy komplex, regionális hulladékgazdálkodási rendszer működtetése korszerű technológiával.

A Zöld Hídtől megkaptam az általuk ellátott településeken begyűjtött hulladékok mennyiségének adatait a 2014-es évtől a 2017-es évet bezáródóan heti lebontásban. A táblázatban feltüntették az általuk gyűjtött kommunális hulladékot, szelektív hulladékot, zöldhulladékot, valamint a szelektív szigeten összegyűjtött hulladékot településenként és azon belül is a gyűjtőjáratokra szétkülönítve. Ezekből az adatokból én csak Gödöllő város adatait vettem figyelembe.

Szelektív gyűjtési rendszerek hatékonysága

Először a zsákos gyűjtési rendszert hasonlítottam össze a szelektív szigetek hatékonyságával úgy, hogy az összes frakciót egybevettem. Egyértelműen kirajzolódott az adatok alapján, hogy a szelektív hulladék mennyisége évről évre folyamatosan emelkedik mind a két gyűjtési rendszerrel (7. ábra). A zsákos rendszer előnye, hogy sokkal tisztább hulladékot kaptak, és az illegális hulladéklerakás mértékét is sikerült visszaszorítani.



7. ábra. A zsákos rendszerű hulladékgyűjtés hatékonysága a gyűjtőszigetes rendszerhez képes.

A zsákos rendszer bevezetésével a hasznosítható hulladék mennyisége növekedett, ráadásul a begyűjtött hulladék tisztább volt, és a gyűjtőszigetek környékére jellemző illegális személerakásból származó probléma is csökkent.

A zsákos rendszer hatékonyságát tovább vizsgálva kiválasztottam egy gyűjtési területet, ahol összehasonlítottam az ott összegyűjtött szelektív, valamint kommunális hulladék mennyiségét. A terület kiválasztásában segítségül kaptam a Zöld Hídtól a járattérképeket, melyeken pontosan fel van tüntetve, hogy melyik járat hol és mekkora területen gyűjt Gödöllőn belül. A járat kiválasztásánál kritériumként a következők szerepeltek:

- lehetőleg kertés házas övezet legyen;
- minél kevesebb panelház;
- nagyobb cég vagy vállalat ne legyen a területen.

A kilences járat útvonala volt az, ami az általam szabott feltételeknek megfelelt. Ez a járat egy új építésű lakóparkot fed le.

Az adatok összegzése után kapott eredményekből kimutatható, hogy a szelektív hulladék mennyisége évről évre nő, míg a kommunális hulladék mennyisége csökken (8. ábra).



8 ábra. Kertvárosi, családi házas övezetben keletkező hulladék összetétele.

Gödöllő városban a 9-es járat főleg családi házak szemét- és hulladékszálítását végzi. Láthatjuk, hogy legnagyobb mennyiségben válogatatlan, kommunális szemét keletkezik. Ennek mennyisége 2014 és 2017 között csökkent. A szelektíven gyűjtött hulladék mennyisége ebben a körzetben nem növekedett jelentősen. 2016-tól kifejezetten nagy mértékű a zöldhulladék mennyiségi növekedése, ez a zsákos rendszernek köszönhető, amely megkönnyítette a gyűjtést és az elszállítást is.

A háztartásonkénti szelektív gyűjtés valóban hatékonyabbnak bizonyul, mint a gyűjtőszigetes gyűjtés. Azonban továbbra is csak a kertés házas övezetben használható a zsákos rendszer.

A Zöld Híd tapasztalatgyűjtés céljából Gödöllőn néhány emeletes házban tervezi bevezetni a csomagolóanyagok zsákokba való gyűjtését. Ennek a programnak a kidolgozása még folyamatban van.

További érdekesség, hogy a zsákos rendszer bevezetésével a vegyes hulladék mennyiségének csökkenését várták. Ellenben ez nem teljesen történt meg, ami a 2017-es adatokból látszik is. A lakossági interjúk során kiderült, hogy ennek az oka az, hogy sokan úgy vannak vele, ha már kifizetik a kommunális hulladék elszállítását, akkor ne félig üresen vigyék el. Sok esetben ennek az lett a következménye, hogy lomokat, elektronikai hulladékokat és még építésből származó hulladékokat is elkezdtek behelyezni az edényekbe. Ezek kiszűrése igen nehéz, mert sok esetben az edény aljára teszik, majd arra pakolják rá a kommunális zsákokat. A kukák feltűrése egészségügyi okokból lehetetlen. Ilyen helyzetben a telephelyen történő válogatás nyújt némi segítséget.

A zöldhulladék mennyisége

A Zöld Híd által begyűjtött zöldhulladék mennyisége éves szinten folyamatosan növekszik, ahogy a 9-es járat adatai is mutatják (8. ábra). A 2014-es évtől kezdődően rögzítették az adatokat, de már 2006 óta gyűjtik házhoz menően.

Elmondható, hogy a gödöllői lakosság a 2016-os évtől kiugróan nagyobb mennyiségben kezdte el gyűjteni az otthonukban a biológiai úton lebomló hulladékot. Ennek oka a zöld zsákok forgalomba hozatala, amit bár meg kell vásárolni, de egyszerűbb benne a gyűjtés. A házhoz menő zöldhulladékgyűjtésnek is vannak előnyei és hátrányai. Előnye mindenképpen, hogy így végre nem elégetésre kerülnek a falevelek és a nyesedékek, hanem begyűjtésre. Hátránya viszont, hogy például egy kis vagy közepes méretű városban a kertvárosi övezetekben a lakosok nagy mennyiségben raknak ki zöldhulladékot. Az így begyűjtött, majd előállított komposzt sorsáról pedig a szolgáltatónak kell gondoskodnia. Ez nehéz, mert szigorúan szabályozva van a komposzt eladása-eladományozása, ebből adódóan a telepen folyamatosan csak gyűlik, de a hely fogy.

Ezen probléma megoldása az otthoni komposztálás lenne, melyben segítséget nyújthatna a hulladékkezelő cég. Akár mobil, helyszíni aprítást biztosíthatna a lakosoknak, segíthetne kiépíteni egy komposztálót a kertben, akár egységes komposztálók forgalomba hozatalát is vállalhatná. A házi komposztálás elsősorban a veteményes kiskerteket fenntartó családokban lenne igazán hasznos, de egy átlagos családi házban is tökéletesen felhasználható lenne az önmaguk által termelt komposzt, például virágföld gyanánt.

Egy ilyen program elindítása sok feladatot von maga után, azonban nagy mennyiségben csökkentené a Zöld Híd terhet. Nem kellene több kilométernyire elszállítani a zöldhulladékot, majd ott kezelni.

Ezzel a programmal elérhető lenne, hogy a zöldhulladék újrahasznosítása úgymond helyben megoldódjon. A jó minőségű komposzt így nem a cég udvarán gyűlne, nem égető erőművekbe kerülne, hanem visszakerülne a természetes körforgásba.

Egy hagyományos falusi településen már más a helyzet. Ott a termelőző zöldhulladékokat, konyhai előkészítési maradékokat egy kerti komposztálóba, trágyadombba gyűjtik, vagy az állatok eleségül szolgálhatnak. Emiatt nem kerül a szolgáltató által begyűjtésre, így hulladékként sem jelenik meg. Ez jó, hisz helyben megtörténik a komposztálás, a hulladék visszakerül az ökoszisztémába.

De falusi környezetben is kötelező a hulladékkezelő cégeknek a zöldhulladék-elszállítás biztosítása. Ezt általában egy központi helyen elhelyezett, cserélhető konténerrel oldják meg. Bár ezek lassan telnek meg, elszállításuk mégis gyakori rendszerességgel kell hogy történjen a lebomlás miatt. A zöldhulladékok szervesanyag-tartalmúak, amik aerob és anaerob úton bomlanak le. Ebből adódóan levet ereszhetnek, és kellemetlen szagúak lehetnek, ezt pedig köztisztasági és közegészségügyi okból meg kell előzni.

A vizsgálati eredmények összegzése

A szelektív hulladékgyűjtés hatékonyságát a házhoz menő zsákos rendszer mindenképpen növelte. Maga a szelektív hulladék mennyisége és minősége is sokkal jobb lett.

Azokon a területeken, ahol nem lehetett bevezetni a zsákos rendszert, például panelházak, társasházak, az ott megmaradt zöldszigetekről begyűjtött hulladék is tisztább lett. Ennek oka, hogy a szelektív szigetek mennyisége csökkent, ezért a szolgáltató sűrűbben tudja ellenőrizni, valamint üríteni a megmaradt edényeket. Az esetleges sérülésből vagy rongálódásból adódó hibákat is hamarabb tudja orvosolni, mivel több puffer (tartalék) kukájuk lett. Ezzel együtt megszűnt az a probléma is, hogy a túltelített gyűjtőedények mellé rakják a lakosok a hulladékot. Sok esetben az edények mellé kirakott kartonokat, zsákokat a szél, az állatok elszórták, illetve eső esetén szétáztak. Az összeszedésük időigényes, valamint nem túl kellemes munka. De a gyűjtőjárműveken dolgozó munkásoknak így már ezzel sem kell foglalkozniuk, és még gyorsabb munkát tudnak végezni.

A gödöllői lakosságról kijelenthető, hogy könnyen alkalmazkodtak a zsákos rendszer bevezetéséhez, és hasznosan együttműködnek a szolgáltatóval.

A zöldhulladék elszállított mennyisége évről évre egyre több, azonban a további sorsa még kérdéses. Ezen probléma elkerülése érdekében a korábban írt otthoni komposztálási programot ajánlanám.

A négy év összes adatát figyelembe véve megállapítható, hogy az újrahasznosítható hulladék mennyisége folyamatosan emelkedik, bár a kommunális hulladék mennyisége még mindig többeszerese a szelektív hulladéknak, és a szelektíven gyűjtött hulladék mennyiségének növekedése nem feltétlenül jár a kommunális hulladék csökkenésével. Az egyes hulladékkezelő cégek sikere nagyban függ a lakosság hozzáállásától is. Míg mi magunk nem teszünk a tisztább jövőnk érdekében, addig a hulladékkezelő cégek csak szinten tudják tartani a meglévő állapotokat. Nekünk kell gondolkoznunk és cselekednünk, oda kell figyelnünk arra, hogy mit vásárolunk, mit hogyan használunk, majd utána hová dobjuk ki. A Gödöllőn zajló szelektív hulladékgyűjtés sikere a Zöld Híd hulladékkezelő cég pontos és precíz munkájának köszönhető. Megfelelően tájékoztatják a lakosságot, minden feltétel biztosítanak a szelektív gyűjtésre, és oktatóprogramokat tartanak (zoldhid.hu).

Saját tapasztalatom és a Zöld Hídtől kapott információk alapján nincsen megkönnyítve Magyarországon egyetlen hulladékkezelő cégnek sem a dolga. Ettől függetlenül minden alkalommal, mikor az Ökörtelek-völgyi regionális hulladékkezelési központban jártam, az ott zajló munkák, a hulladékok kezelése a jogszabályoknak megfelelően zajlottak. A Zöld Híd törekszik arra, hogy óvni tudjuk a környezetünket. A hulladéklerakás elkerülése érdekében igyekszik minél több csomagolóanyagot újrahasznosítani. Igyekszik a zöldhulladék kezelését helyben megoldani, nem pedig több 10 kilométerre elszállítani.

Ahhoz, hogy a lerakott hulladék mennyiségét tovább csökkentsük, nemcsak a lakosság vásárlási és fogyasztási szokásait kellene megváltoztatnunk, hanem már a gyártásnál csökkenteni kellene a majdan keletkező hulladék mennyiségét.

Gödöllőn minden évben megrendezésre kerül a Nemzetközi Természetfilm Fesztivál, melynek keretén belül az „Újrahasznosítás és művészet” című kiállítást is meg lehet tekinteni (Thrashart). Ezen a kiállításon hulladékból készült szobrok és alkotások nézhetők meg. A kiállítás célja, hogy felhívja a figyelmet az ökológiai lábnyomra, valamint az emberi felelősségre. Úgy gondolom, több ilyen figyelemfelhívó programot kellene szervezni, mert ezek segítségével még több emberhez eljuthatna a fontos információ, hogy óvjuk meg a Földet a hulladéktól (trashart.hu).

Irodalomjegyzék

2012. évi CLXXXV. Törvény a hulladékgazdálkodásról:

<https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a1200185.tv> Letöltve: 2020. 09. 20.

ÁGOSTHÁZI, L., BARÓTFI, I., BORIÁN, Gy., CS. FELLEG, Á., PODA, J. (2001). *Környezetvédelmi alapismeretek*. II. Budapest; KvVM; 162.

BULLA, M. (2001). *Környezetvédelmi kihívások*. INFO-Társadalomtudomány; 52. 5–13.

CSÖKE B. (szerk.). *Hulladékgazdálkodás*. Környetmérnöki Tudástár, HEFOP 3.3.1-P-2004-0900152/1.0 azonosító-jú „A Felsőoktatás szerkezeti és tartalmi fejlesztése” című pályázat keretében Pannon Egyetem – Környezet-mérnöki Intézet, 2011.

AZ EURÓPAI UNIÓ HIVATALOS LAPJA (2018). Az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2018/851 irányelve a hulladékokról szóló 2008/98/EK irányelv módosításáról. L. 150/ 109-140. Letöltve: 2020. 09. 20.

FARKAS, B., HARTMAN, M. (2016). Összedönti a Zöld Hidat a hulladékgazdálkodás fejletlensége? <http://greenfo.hu/hirek/2016/02/21/osszedonti-a-zold-hidat-a-hulladeggazdalkodas-fejletlensege?referrer%3Drss> Letöltve: 2020. 09. 20.

HOLES ANNAMÁRIA (2018). *Magyarország környezeti állapota 2017*. OOK Press Kft. <http://www.hermanottointezet.hu/mka-2017>.

KARDOS, L. (2014). *Környezettechnológia*. Budapesti Corvinus Egyetem, Talajtan és Vízgazdálkodás Tanszék, előadás. <https://docplayer.hu/14241779-Kornyezettechnologia-dr-kardos-levente-adjunktus-budapesti-corvinus-egyetem-talajtan-es-vizgazdalkodas-tanszek.html>. Letöltve: 2020. 12. 30.

KISS, L. (2005). *A települési szilárd hulladékok gyűjtése, előkezelése, hasznosítása*, In: Nagy György (szerk.): *Hulladékgazdálkodási kézikönyv II.*, Környezetvédelmi kiskönyvtár 15.; 2005; Budapest; KJK-KERSZÖV Jogi és Üzleti Kiadó Kft.

- KSH: Központi Statisztikai Hivatal http://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_eves/i_ur010a.html Letöltve: 2020. 12. 30.
- LOVAS E. (2008). „Zöld úton a Zöld Híd program.” *Hulladékgazdálkodás felsőfokon* Gödöllői Hírek, XII. évf. 9. szám, 2008. május 9.
- NAGY, G., KOVÁCS, B., BURUZS, A., TORMA, A., VAGDALT, L., HORVÁTH, L. (2011). *Hulladékgazdálkodás*. TAMOP 4.2.5 Pályázat könyvei. https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0021_Hulladeggazdalkodas/adatok.html
- NAGY, G., P. RÁCZ, É. V. (2005). Hulladék megelőzés és hulladék csökkentés a tisztább termelés módszereinek alkalmazásával. *Lajosmizse; XI. Ipari Környezetvédelmi Konferencia és Szakkiállítás; 9–18.*
- OKTVF (2005). *Hazánk környezeti állapota*. Budapest, Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium; p. 123.
- OLESSÁK, D. (2000). *A hulladékok gyűjtése, átmeneti tárolása*. In: BARÓTFI ISTVÁN (szerk.): *Környezettechnika*. Budapest; Mezőgazda Kiadó.
- THRASART: Újrahasznosítás és Művészet. A nemzetközi Természetfilm Fesztivál Gödöllő kísérőprogramja. <https://www.trashart.hu/ujrahasznositas-es-muveszet/> Letöltve: 2020. 12. 10.
- SZEDER Z. (2000). *Elektronikai készülékek hulladékainak kezelése*. Budapest; BBS-E Bt.
- Zoldhid.hu: Zöld Híd B.I.G.G. Nonprofit Kft. <http://www.zoldhid.hu/> Letöltve: 2020. 04. 10.
- Zaman, A., Ahsan, T. (2020). *Zero-Waste: Reconsidering Waste Management for the Future*. Taylor and Francis ebooks.

KISZELY KINGA¹, SZALAY KRISZTINA²

KÖRNYEZETI ATTITÚD VIZSGÁLATA ALSÓ TAGOZATOS GYERMEKEK KÖRÉBEN

¹Tanító szak, Eszterházy Károly Egyetem Jászberényi Campus, ²Eszterházy Károly Egyetem Pedagógia Kar Jászberényi Campus 5100 Jászberény Rákóczi út 53.

Összefoglaló

Napjainkban az emberiségnek súlyos környezeti problémákkal kell szembenéznie. Ezen problémák megoldásában az egész társadalomnak komoly szerepe van, az egyes emberek cselekedetei önmagukban nem jelentenek megoldást. Vissza kell állítani a kiegyensúlyozott kapcsolatot ember és természet között. Ehhez azonban „ki kell nevelni” egy olyan generációt, amely aktív, a környezet iránt pozitív attitűd készlettel rendelkezik, és cselekedni is tud. A környezeti nevelés első színtere a család, később azonban, az intézményesített nevelés-oktatás során rendkívüli fontossággal bírnak a különböző intézmények, ezeken belül pedig a pedagógusok, akik segíthetnek a helyes attitűd kialakításában. Ebben a munkában az általános iskola alsó tagozatában vizsgáljuk a pedagógusok és a gyermekek környezettel szembeni attitűdjét és a környezeti nevelés hatásosságát. Megállapíthattuk, hogy a pedagógusok számára fontos a környezeti nevelés, az iskolák felszereltsége azonban nem minden esetben megfelelő. A 10-12 éves gyerekek lexikai tudása környezetvédelmi témákban jó, hozzáállásuk pozitív, különösen az élővilágot veszélyeztető hatásokkal tudnak azonosulni. Gyakorlatban azonban nem mindig alkalmazzák ismereteiket, valószínűleg szokásaikat még nagyban a családi minta határozza meg.

Kulcsszavak: *attitűd, fenntartható fejlődés, környezeti nevelés, környezettudatosság*

Elfogadva: 2021. 01. 15.

Elektronikusan megjelent: 2021.

KINGA KISZELY¹, KRISZTINA SZALAY²

MONITORING THE ENVIRONMENTAL ATTITUDE AMONG 10-12 YEARS OLD CHILDREN

¹Primary School Teaching BA, Eszterházy Károly University
Jászberényi Campus, ²Eszterházy Károly University, Jászberényi
Campus 5100 Jászberény Rákóczi út 53.

Abstract

Nowadays, we have to face many environmental problems therefore aiming a harmonious coexistence with nature became a priority. The whole society should participate in the development of a sustainable lifestyle and the preservation of the ecosystem. By reason of these facts, education of environmental awareness has a significant importance and environmental education has to start in childhood. That is why the education of natural sciences has a priority during the early years of the educational process. The main goal of this process to form an appropriate, positive attitude towards the environment. In our study we used a questionnaire to monitor the knowledge of children about environmental problems, and the environmental attitude of both primary school teachers and children. Primary school teachers were dedicated to develop a sustainable lifestyle in children and to explain them the importance of the protection of our environment, although they complained about the lack of appropriate visual aids and computation models. Children, aged between 10-12 possess a good lexical knowledge about environmental problems their attitude towards nature preservation and sustainable lifestyle is positive, however, their everyday activities do not always reflect this positive attitude. In that age they usually follow the family practice, therefore to compensate bad family habits, positive examples provided by their teachers are especially important.

Keywords: *attitude, environmental education, environmental awareness, sustainable development*

Accepted: 15. 01. 2021.

Published online: 2021.

Bevezetés

Az emberek életében mindig kiemelkedő jelentőséggel bírt az őket körülvevő környezet. Napjainkban kiemelten fontos a természet és az ember közötti kapcsolat, hiszen számtalan környezeti problémával szembesülünk. A kedvezőtlen folyamatok megállításában, az egyensúlyi állapotok visszaállításában a társadalomnak döntő szerepet kell vállalnia, ezért vált kiemelten fontossá a környezettudatosságra nevelés, amit már gyermekkorban el kell kezdeni (AGÁRDY, 1995; ALBERT, 2013). Emiatt a hazai oktatásban is megfigyelhető a természettudományos tantárgyak fontosságának növekedése (BIRÓ, 2012). A helyes környezeti attitűd kialakítása pedig a nevelés egyik fő céljává vált (LÜKŐ, 2003). Kutatásom célja, hogy a környezeti attitűd összetevőinek eltérő jelenlétét, illetve különböző környezeti problémákhoz történő eltérő emocionális viszonyulást és a környezeti nevelés eredményességét vizsgáljam.

A környezeti nevelésnek túl kell mutatnia az ismeretek átadásán, állampolgári nevelésnek és személyiségfejlesztésnek is meg kell valósulnia. Olyan oktatásra van szükség, amellyel a gyermekekben a fenntarthatóság elvét tükröző szemléletmód alakítható ki, és a gyerekek emocionális viszonyulása, cselekedetei is ezt az elvet támogatják (CZIPPÁN és mtsai., 2012; MAJOR, 2012; PAKSI, 2013).

Fenntarthatóság fogalma

„A fenntartható fejlődés olyan fejlődés, amely kielégíti a jelen generáció szükségleteit anélkül, hogy veszélyeztetné a jövő generációk esélyét arra, hogy ők is kielégíthessék szükségleteiket.” (LÁNG, 2008).

A fenntarthatóság három összetevőjeként az ökológiai, társadalmi és gazdasági egységet jelölik meg. Manapság negyedik összetevőként az embert is megnevezik, ami ilyen megjelölésben helytelen, hiszen a fenntartható fejlődés fogalma az egymást követő generációk közötti harmóniát tűzi ki céljául, tehát helyes megközelítésben a negyedik dimenzió az idő. Azonban a definíció nem tekinthető teljesnek, ugyanis a környezetvédelem és az erőforrások takarékos használata nem jelenik meg csak a közvetett értelmezésnél. A fenntartható fejlődést tulajdonképpen egy viszonyrendszerként kell értelmezni, amelynél a társadalom és a környezet együttesét kell figyelembe venni, és a folyamatos változásokhoz állandóan alkalmazkodni kell, ami csak úgy lehetséges, ha a rendszerek működési elveit tudatosítjuk, és azok szerint cselekszünk (SZLÁVIK, 2013).

A nemzetközi környezetvédelmi dokumentumok

A környezetvédelemmel kapcsolatos látásmód fejlődésének következtében a nemzetközi egyezmények területén is kiemelten foglalkoznak a környezeti hatásokkal. A társadalmat érintő közvetlen hatások mellett egyre inkább figyelembe veszik a természeti értékek megóvását, a földi környezet és erőforrásainak védelmét. A nemzetközi környezetvédelmi megállapodások létrejöttének oka, hogy gyakran olyan környezetet érintő problémákat, folyamatokat kell megelőzni vagy visszaszorítani, melyek az országhatárokon túlmutatnak, vagy olyan közös érdekelttségű régióra vonatkoznak, amelyre az országok fennhatósága nem terjed ki (BÁNDI és mtsai., 1994). A környezeti problémákat, mint a szennyezettség vagy az erőforrások kimerülése, először a Stockholmi Konferencián, 1972-ben említették meg, melynek hivatalos elnevezése: ENSZ Konferencia az Emberi Környezetről. Az ott született dokumentum a „Nyilatkozat az emberi környezetről” címet kapta. Mai napig érvényes döntések születtek, amelyeket hét főbb területre lehet osztani. Többek között, hogy a technika és a tudomány gyors fejlődésének köszönhetően a társadalom hatalmas mértékű változást idézett elő környezetében, viszont a jóléthez és a gazdasági fejlődéshez elengedhetetlen a környezeti értékek megőrzése és az emberi környezet fejlesztése. A felnövekvő generációk elengedhetetlen kötelezettsége a környezet megvédése, a problémák kiküszöbölése, amit gazdasági és szociális fejlődéssel párhuzamosan kell megvalósítani. A nemzeti kormányok felelőssége egy olyan környezetpolitika létrehozása, amely a hosszú távú célok elérését biztosítja, amihez szükséges az intenzív nemzetközi együttműködés. Ezt követően a környezetvédelem külön területté vált el az egyes országokban. A nyolcvanas éveket egy szemléletváltás jellemezte, rá kellett döbenniük, hogy a környezetromlás globális szinten megy végbe, a hatására bekövetkező problémák megoldása hosszú távú folyamat, összetett jellegük miatt, ugyanis természeti, gazdasági és szociális területeket egyaránt érintenek. 1984-ben kiadták a Közös Jövők Jelentést, amely hatására a fenntartható fejlődés került a középpontba. 1992-ben került sor a második világkonferenciára az ENSZ szervezésében Rio de Janeiróban. Több egyezmény került elfogadásra, melyek közül a biodiverzitás-védelmi és a klímaváltozási megállapodás létrejöttével a nemzetközi politika állást foglal a társadalom és a természet közötti kapcsolat meghatározásában. 2000 decemberében az ENSZ Közgyűlése kitűzte a következő konferencia időpontját 2002-re, Johannesburgba „Világcsúcs Konferencia a Fenntartható Fejlődésről” címmel, melynek célja a riói konferencia óta eltelt időszak kiértékelése, további kötelezettségek, célok, feladatok kijelölése a fenntartható fejlődés érdekében. Az ENSZ mellett az Európai Unió vezetői is határozott lépéseket tettek a környezet megóvása érdekében, 1997-ben elfogadták az Amszterdami Szerződést, mely nagy lépés volt az EU környezetpolitikájában, ugyanis az egyezmény kimondta a fenntartható fejlődés szükségességét (LÁNG, 2001).

A környezeti nevelés tartalma

A gyermekek fenntarthatósági eszmék irányában történő nevelése már a család szintjén el kell hogy kezdődjön. Ebbe a pedagógusoknak nincs beleszólása, viszont az intézményesített nevelés során a pedagógusoknak van kiemelt szerepe (ALBERT, 2013). A helyes környezeti attitűd kialakítása során rendkívüli fontossággal bír a kisiskoláskor, ekkor a szakismeretek életkornak megfelelő átadása, a pedagógus személye, pozitív attitűdje mély nyomot hagy a kisgyermekekben, amik egy életre szóló, a környezet megóvása szempontjából megfelelő viselkedés kialakításának alapja is (KÖNYA, 2018). A fenntarthatóságra nevelés hosszú, egész életen át tartó folyamatot ölel fel, ahol a tanulási folyamatban kiemelkedő szerepet tölt be a pozitív környezeti attitűd kialakítása, vagyis egy sajátos szemléletformálás, mely hatására cselekedni és elkötelezettséget vállalni kész állampolgárok kerülnek ki az iskolából, akik felelősségteljes döntéseket képesek meghozni gazdasági, társadalmi és ökológiai területeken egyaránt. A környezeti nevelés számos alapelvet és értéket jelenít meg, amely követett, illetve követendő példaként szolgál a társadalom számára. Az egyik legnagyobb prioritást élvező alapelv a környezeti nevelésben a rendszerszemlélet, vagyis hogy egyetlen környezeti problémát sem lehet egyetlen kiváltó okra visszavezetni, eszerint kiemelkedően fontos a részterületek szintézise. A fogalom másik értelmezése alapján azonban a holisztikus látásmód előtérbe helyezésére van szükség, hogy a világot egy egészként szemléljük, és észrevegyük, hogy bármilyen lokális cselekedet globális érdekeket szolgál. Ennek következtében a második alapelv, hogy a környezeti nevelésnek egyszerre kell lokálisnak és globálisnak is lennie. Eszerint olyan környezeti felelősséget kell kialakítani, aminek következtében helyi, vagyis lokális keretek között cselekvő, azonban a Föld mértékében gondolkodó egyén születik. Ebből adódóan egyszerre kell a jelenben élni és a jövőre gondolni, vagyis a jelen cselekedeteinek a jövő érdekeit egyaránt szolgálnia kell. A következő alapelv szerint a nevelésnek tevékenységorientáltnak kell lennie, ugyanis a környezeti problémák megoldása csak úgy történhet meg végérvényesen, ha a gondolkodás és a cselekvés együttesen valósul meg. A problémák komplexitásának következtében társadalmi szintű szerepvállalás szükséges, ami a társadalom együttműködése nélkül kivitelezhetetlen. Ezek érdekében az együttműködő képesség kialakítását és fejlesztését helyezik előtérbe. Napjaink környezeti problémái folyton megújulnak, így a megoldás módszereinek is követniük kell a változást, ehhez azonban elengedhetetlenek azok a képességek, készségek, melyek a divergens gondolkodást segítik, mint a problémamegoldó képesség és a kreativitás (VICTOR, 2010).

A kitűzött célok eléréséhez és a feladatok megvalósításához a tanulási és tanítási folyamat teljes megújulása szükséges (FÜZNE, 2002; HAVAS, 2001). A Köznevelési törvény 45. § (2) kijelöli, hogy a Nemzeti alaptanterv alapján az oktatási intézmények kötelesek egy pedagógiai program és helyi tanterv készítésére. Ennek alapján az 1998/99-es tanév már háromszintű tantervi szabályozással indult. Ennek következtében egyetlen magyarországi köznevelési

intézmény sem működhet környezeti neveléssel kapcsolatos feladatok megvalósítása nélkül. A Nemzeti alaptanterv a környezeti nevelés feladatai között kiemeli a társadalom előtt álló környezeti problémákat, az emberiség felelősségét és lehetőségeit (LEHOCZKY, 1999).

A környezeti attitűd és a környezettudatosság

A környezettel szembeni helyes attitűd kialakítása kiemelt fontossággal bír, hiszen az ember személyiségének legerőteljesebb összetevője az irányultság. Az attitűd olyan elméleti fogalom a szociálpszichológiában, amely az irányultságot jellemzi. Jelentős hatást gyakorol a személyiség viselkedésrendszerére. Az attitűdök kölcsönhatások során a személyiséget vezérlik három területen, az értelmi, érzelmi és viselkedési területeken. Az attitűdök kialakulásának fontos szerepe van a társas környezet kialakításánál, megismerésénél és az interakciók során (CSEPELI, 2001). Definícióját máig sem tudták egyöntetűen megfogalmazni, leggyakrabban használt fogalma alapján értékelő viszonyulást jelent. A meghatározás alapján lehet kedvező vagy elutasító, esetleg ellenséges, akár semleges viszonyulás. Fontos azonban, hogy ezek az értékelő viszonyulások minden esetben egy konkrét személyre, eseményre, dologra irányulnak. Az attitűdök intenzitásukat tekintve is különbözhetnek az egyén értékelése alapján. Az attitűdök többsége tanult. A tanulás folyamatában az egyén a tárgy kognitív reprezentációját alakítja ki. A kialakított reprezentáció kognitív, affektív és viselkedéses információkat tartalmaz, ez szoros kapcsolatban áll a meglévő tudással és ismerettel. A meglévő ismeretek a kognitív területre hatnak, így új információ megszerzése által változhat az attitűd. Így lehet az oktatási folyamat során kialakítani egy pozitív, nemcsak elfogadó, hanem cselekvő attitűdöt (MAJOR, 2012).

Célkitűzések

Dolgozatom célja a tanulók környezeti attitűdjének széles körű vizsgálata, valamint az ezzel szoros kapcsolatban álló környezeti nevelés hatékonyságának, eredményességének elemzése a pedagógusok szemszögéből. Ezek alapján a kijelölt célok eléréséhez az alábbi vizsgálatokat végeztem el:

A tanulók környezettudatának, emóciójának és viselkedésének felmérése, majd ezek összehasonlító elemzése.

A környezeti nevelés fontosságának és feltételeinek vizsgálata.

A kutatásban részt vevő pedagógusok környezetvédelmi elkötelezettségének feltérképezése.

Módszerek

A széles körű vizsgálat érdekében pedagógusokat és a diákokat egyaránt bevontam a kérdőívek kitöltésébe. A kérdőívek segítségével a pedagógusoknál a környezeti nevelés fontosságára és a rendelkezésükre álló eszköztárra kérdeztem rá. A gyerekek tudását, hozzáállását és mindennapi gyakorlati tevékenységeit is néztem környezetvédelmi problémákkal kapcsolatban. A pedagógusok köréből az alsós tanítók, illetve az ötödik és hatodik osztályban tanító tanárok kerülhettek a kitöltők közé. A kitöltő gyermekek kilenc és tizenegy év közötti, negyedik osztályos tanulók. A primer kutatási módszerek közül a kérdőíves felmérést választottam mindkét esetben. A pedagógusok kérdőívkitöltése önkitöltős formában az interneten keresztül történt, míg a tanulók kérdőbiztos általi felügyelet mellett végezték el a feladatot. A kérdések tartalmaznak funkciójuk alapján fő és kiegészítő kérdéseket, illetve a válaszlehetőségek szerint egy- és többválaszos zárt és önálló véleményt kifejtő nyitott kérdéseket egyaránt. A kérdőívet kitöltő tanulók az abonyi Gyulai Gaál Miklós Általános Iskola és Alapfokú Művészeti Iskola diákjai. A kiválasztott iskolában emelt szintű ének-zenei oktatás folyik egyes osztályokban. A megkérdezett tanulók között szerepelnek zenei tagozatos és normál tanítási rendszerű gyermekek egyaránt. Az iskolában kiemelt szerepet tölt be környezeti nevelés. A környezeti nevelés programjának legfőbb feladatai között szerepel a tanulók környezettudatos magatartásának kialakítása, az életkoruknak megfelelő környezeti ismeretek elsajátítása és a környezetvédelemhez szükséges képességek és készségek kialakítása. A program tartalmaz tanórai és a tanórán kívüli feladatokat egyaránt. A tanórákon végzett környezeti nevelés elsősorban az alábbi kötelező feladatokat tartalmazza:

- a helyi tantervben szereplő természetismereti tárgyak tananyagait;
- az 5–8. osztályokban az osztályfőnöki órákon feldolgozott témákat.

A tanórán kívüli feladatok:

- gyalog- vagy kerékpártúra a környék környezeti értékeinek felfedezésére;
- környezetvédelmi vetélkedők;
- szelektív hulladékgyűjtés;
- iskola környékének gondozása;
- környezeti megfigyelések;
- zöld napok (fák ültetése, madártetők készítése, szemétszedés).

Az Iskolai Környezetnevelési Program egyértelműen leszögezi, hogy az iskolában tanító valamennyi pedagógus kötelező feladata a környezeti nevelés. Az iskola pedagógusai ennek eleget téve pozitív környezeti attitűdjükkel és példamutató magatartásukkal, illetve szakmai tudásukkal szorgosan igyekeznek tanulóik környezettudatosságát fejleszteni (LEHOCZKY, 1999). Számtalan környe-

zetvédelemmel kapcsolatos programon vehetnek részt az ide járó tanulók. Többek között kiemelném a gyerekek által leginkább kedvelt papírgyűjtést, amit az intézmény egy tanévben kétszer is megrendez.

Eredmények

Környezeti nevelés a pedagógusok szemszögéből

A kérdőívet 105 tanító és 43 szakos tanár töltötte ki, döntő többségében legalább 11 év szakmai tapasztalattal. A kitöltők 70%-a 40 évesnél idősebb, és 93,9%-a nő volt, ami a pedagógusi pálya előregedését és elnőiesedését tükrözheti. A válaszadók oktatási intézményét tekintve minden településforma megjelent, de döntő többségük városban tanít, az eltérő településformák arányosan oszlanak meg. A kérdőívben kitértem az iskola fenntartójára, hiszen Magyarországon több típusú intézmény figyelhető meg, a beérkezett válaszok alapján 80%-uk állami fenntartású intézményben, 15%-uk egyházi és a maradék 5% alapítványi iskolában dolgozik. Az eredmények szempontjából fontos, hogy a válaszadók 37%-a ökoiskolában tanító pedagógus. A kitöltők 78%-a úgy ítélte meg, hogy az általa tanított tantárgy szoros kapcsolatban van a környezeti neveléssel.

Az általános kérdések után a kitöltők a környezeti nevelés közoktatásban betöltött szerepét pontozták 1-től 5-ig (1: nem fontos; 5: legfontosabb). A kitöltők 90%-a legalább hármast rendel a környezeti nevelés fontosságához (1. ábra). A helyi tantervekben még hangsúlyosabban jelent meg a környezeti nevelés, a megkérdezettek többsége 4-es értéket rendelt hozzá (1. ábra). Az eredmények alapján az oktatást szabályozó dokumentumok megfelelően tartalmazzák és hangsúlyosnak tekintik a környezeti nevelést.

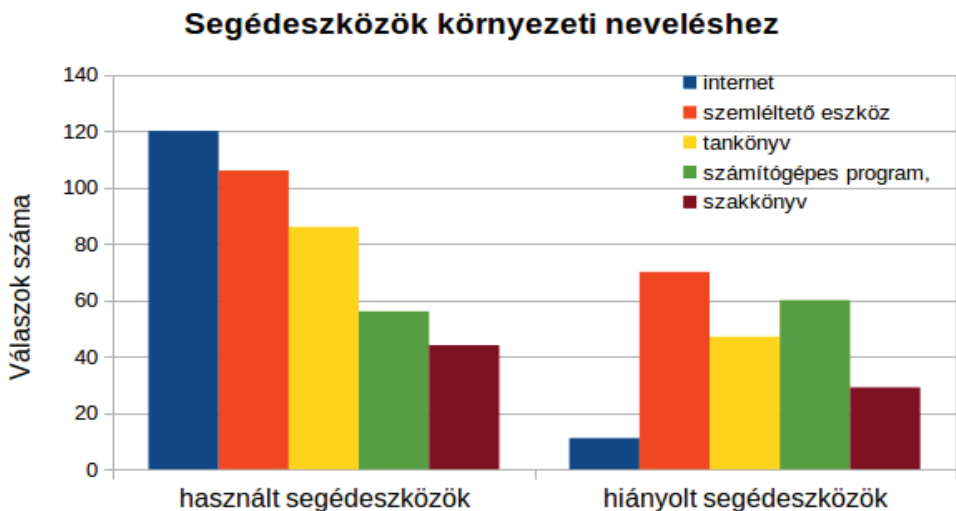


1. ábra. A környezeti nevelés fontossága a pedagógusok szerint.

A kérdőívet kitöltők 1–5-ös skálán (1: nem fontos, 5: legfontosabb) pontozták a környezeti nevelés fontosságát a közoktatásban (kék) és a helyi tantervekben (piros). Míg a közoktatásban a 3-as és 4-es értékeket közel azonos arányban választották, a helyi tantervénél egyértelműen a 4-es érték volt a leggyakoribb.

A válaszok alapján a környezeti nevelés hangsúlyosan jelenik meg a tantervben és a pedagógusok munkájában. A környezeti nevelés legfontosabb céljának a környezettudatos magatartás (89 válasz), illetve megfelelő környezeti attitűd (20 válasz) kialakítását tartották. Ennek ellenére arra a kérdésre, hogy az elmúlt hónapban hányszor foglalkoztak a pedagógusok környezeti neveléssel tanóráikon, a válaszadók 53%-a a soha vagy csak ritkán választ jelölte meg. Mindössze 6,8% volt azoknak az aránya, akik napi rendszerességgel foglalkoztak a témával tanóráikon.

A pedagógus-kérdőív további részében a környezeti nevelést támogató eszközöket, módszereket vizsgáltam. Az információs és kommunikációs technológiák fejlettségének következtében az IKT-eszközök oktatásban való megjelenése és elterjedése egyre hangsúlyosabb. Ennek eredményeként az oktatást támogató segédeszközök között, mint a szakkönyvek, tankönyvek, szemléltetőeszközök egyre népszerűbbé válnak a számítógépes programok és az internet használata. A beérkezett válaszok alapján a pedagógusok 91%-a az internetet használja legtöbbször oktatási segédeszközként, és szerencsére az internet kevés iskolából hiányzik már manapság. A pedagógusok szerint leginkább a szemléltetőeszközök és a számítógépes programok hiányoznak az oktatáshoz (2. ábra).



2. ábra. A környezeti nevelés oktatásához használt és hiányzó segédeszközök a pedagógusok véleménye alapján.

A környezeti neveléséhez leginkább használt segédeszközök az internet, a szemléltetőeszköz és a tankönyv. Szerencsére internet már majdnem mindenhol rendelkezésre áll, de a szemléltetőeszközöket sok pedagógus hiányolta az iskolákból. A másik leginkább hiányolt eszköz a számítógépes program volt, ez csak kevés iskolában található meg, ezért kevesen használják. Legkevésbé a megfelelő szakkönyvek hiányoznak.

Nyitott kérdésben arra voltam kíváncsi, hogy a kitöltő pedagógusok szerint mi lehet a környezeti nevelés motivációs bázisa. Az eredményeket kiértékelve két meghatározás rajzolódott ki, a pedagógusok személyes elhivatottsága, illetve a szakmai elkötelezettségük. Ennek tükrében értékeltem a következő kérdést, ami a pedagógusok környezeti neveléssel kapcsolatos továbbképzését mérte fel. A válaszadók, akik 42%-ban több mint 25 éve tanítanak, soha vagy csak egyszer vettek részt környezeti neveléssel kapcsolatos továbbképzésen.

Összességében a pedagógus-kérdőív tükrében kijelenthető, hogy a környezeti nevelés elméleti rendszere, szabályozása megvalósul, azonban a gyakorlati tevékenységek hiánya, a rendelkezésre álló eszközök és módszerek nem megfelelő biztosítása kíséri a környezeti nevelés oktatását.

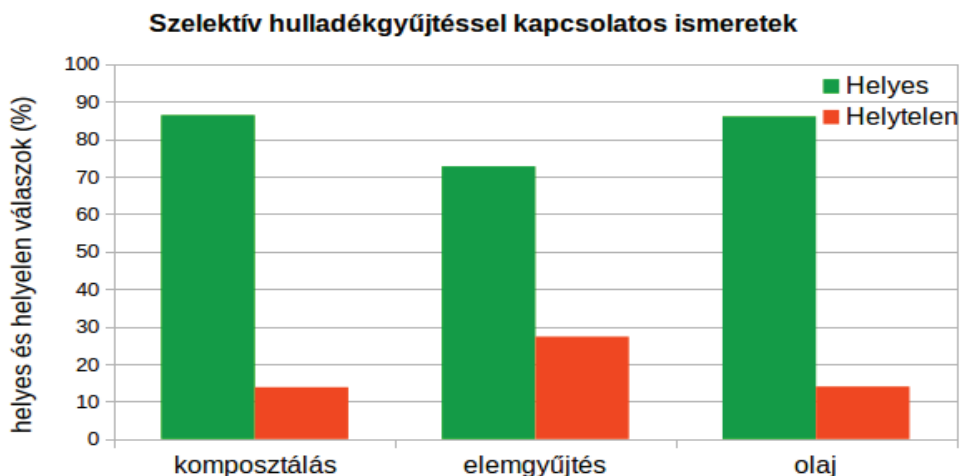
A diákok környezeti attitűdjének vizsgálata

A tanulói kérdőív felépítésénél több szempontot is figyelembe vettem: igazodtam a tanulók életkori sajátosságaihoz, emellett a környezettudatos attitűd három összetevőjének megfelelően állítottam össze a kérdéseket úgy, hogy az eltérő környezeti problémák közötti különbség is értékelhető legyen. A kérdőívem harminc kérdést tartalmazott, az első tíz kérdésben a tanulók környezeti tudását mértem fel, a következő tíz kérdés a környezethez való viszonyukat vizsgálta, az utolsó tíz kérdés pedig a környezetvédelem iránti tevékenységeiket tükrözte. A kérdőív kitöltésére negyvenöt perc állt rendelkezésre, és kérdezőbiztos segítette a munkájukat. A kitöltő tanulók kilenc és tizenegy éves, negyedik osztályos diákok voltak.

A diákok tudására vonatkozó kérdéseknél általánosságban megfigyelhető volt, hogy többségében a környezettudatos viselkedés szempontjából helyes válaszokat jelölték meg, pedig a kérdések több területet is felöleltek, megválaszolásukhoz széles körű tudásra volt szükség. Olyan globális környezeti problémákat érintő kérdéseket tettem fel a tanulóknak, amelyek például a hulladékgazdálkodással, az állatok élőhelyének veszélyeztetettségével, a Föld ivóvízkészletének fogyatkozásával, a természetes növényzet megőrzésével és az energiagazdálkodással voltak kapcsolatban.

Manapság globális problémává vált a hulladékgazdálkodás, az egyre növekvő hulladék mennyisége, annak szállítása, kezelése, deponálása miatt. A hulladék csökkentésének érdekében lokális változásokra van szükség. A legfontosabb, hogy ne termeljünk szemetet, de ha mégis, az szelektíven gyűjtve az újrahasznosítás jegyében történjen. Első kérdésem a háztartási hulladéokra vonatkozott.

A tanulók 77,3%-a szerint, ha csak azt vesszük, amire szükségünk van, illetve ha minőségi, hosszú élettartalmú termékeket vásárolunk, akkor lehetséges a háztartási hulladék mennyiségének csökkentése. Fontosnak tartották a szelektív hulladékgyűjtést is, 90% szerint ez lehetőséget ad az újrahasznosításra. A negyedik osztályos gyerekek 86,4%-a határozta meg helyesen, hogy mi a komposztálás, 72,7%-a tudta, hogy a használt elemeket elemgyűjtőbe kell elhelyezni, és 86% tudta, hogy a használt olajat külön kell gyűjteni (3. ábra). Az utolsó kérdéskor meglepő volt, hogy 14% szerint a használt olaj WC-be öntése a helyes eljárás, valószínűleg a használt olaj szelektív gyűjtése még nem eléggé terjedt el a háztartásokban.



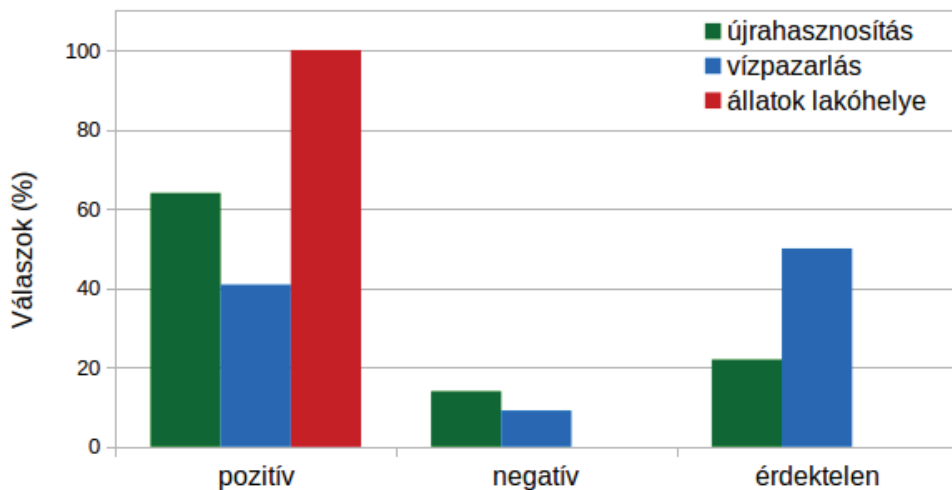
3. ábra. A 10–12 éves gyerekek szelektív hulladékgyűjtéssel kapcsolatos ismereteinek tesztelése.

A negyedik osztályos gyerekek többsége ki tudta választani a komposztálás helyes definícióját (komposztálás), tudta, hogy a használt elemeket (elemgyűjtés) és az olajat (olaj) külön kell összegyűjteni.

Össességében a hulladékgazdálkodást érintő elméleti kérdésekre a tanulók jelentős többsége helyesen válaszolt, de megfigyelhető, hogy az olyan elméleti kérdésekre, amelyek szoros kapcsolatban állnak a gyakorlati attitűddel, több helytelen válasz is érkezett, ami a napi tevékenységeikkel, a látott szülői mintával állhat szoros kapcsolatban.

Az átfogó kutatás érdekében ebben a témában is tettem fel a tanulók emócióját tükröző kérdéseket. Míg az elméleti tudásukat érintő kérdésekre többségben a tanulók a megfelelő választ jelölték meg, az emocionális viszonyulásuk ezekhez a kérdésekhez jelentős különbségeket mutatott (4. ábra).

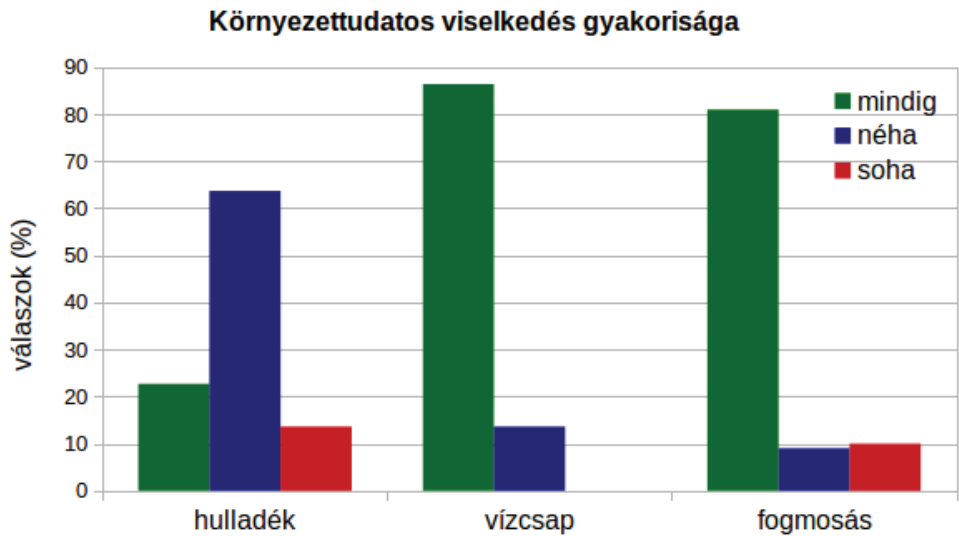
10-12 éves gyerekek érzelmi viszonyulása környezetvédelmi problémákhoz



4. ábra. A 10-12 éves gyerekek érzelmi attitűdjének vizsgálata környezetüket érintő kérdésekkel kapcsolatban.

Ez a korosztály már érdeklődik a környezeti problémák iránt, pozitív a hozzáállásuk a környezetünk védelmét érintő kérdésekhez. Leginkább az állatvilágot érintő problémákkal tudnak azonosulni. Minden gyereket elszomorít, ha egy építkezés során az állatok lakóhelyén elpusztítják (állatok lakóhelye). Sokat hallottak már a hulladék újrahasznosításáról is, 64% örül, ha azt tapasztalja, hogy valamit újrahasznosítunk, és nem kidobjuk. Legkevésbé a Föld ivóvízkészletét érintő problémákkal tudnak azonosulni, a gyerekek 50%-át a víz pazarlása egyáltalán nem érdekli (vízpazarlás).

Amikor azt kérdeztem meg a tanulóktól, hogy bosszantja-e őket az, ha az emberek kidobnak szemébe olyan dolgokat, amelyeket még újra lehetne hasznosítani, az erős érzelmi viszonyulástól a teljes érdektelenségig minden opció megjelenik, nem elhanyagolható százalékban. A gyakorlati megvalósításnál közel 40% ritkán vagy soha nem gyűjti a hulladékot szelektíven (5. ábra, hulladék), viszont a vízcsap elzárására 86,4% figyel oda (5. ábra, vízcsap), és fogmosás alatt 81% zárja el mindig a vizet (5. ábra, fogmosás). A szőrmevásárlás elkerülésére pedig 50% kérte már meg a szüleit, és még további 31% tervezi, hogy megkéri rá a szüleit. Meglepő volt, hogy annak ellenére, hogy a vízpazarlás érintette érzelmileg legkevésbé a gyerekeket, gyakorlatban sokkal jobban figyeltek vízhasználatukra, mint a szelektív hulladékgyűjtésre.



5. ábra. A 10–12 éves gyermekek környezettudatos viselkedése.

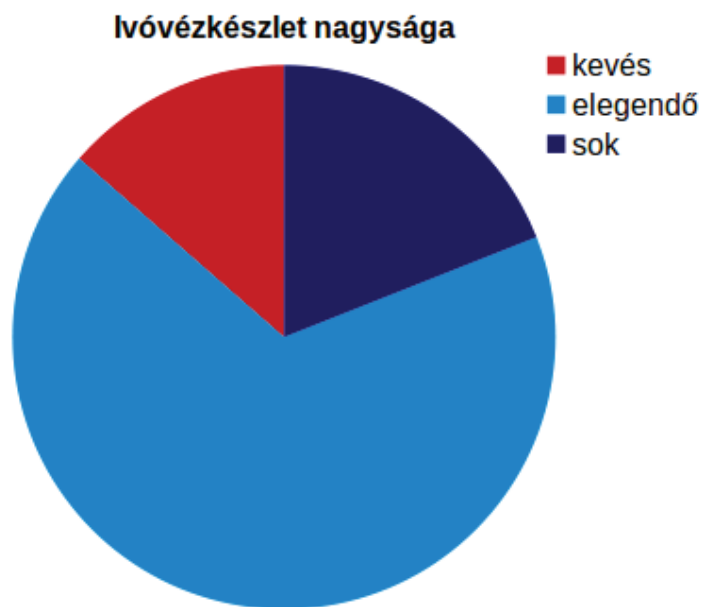
Annak ellenére, hogy fontos számukra a környezet védelme, rendelkeznek a megfelelő tudással a környezettudatos magatartás kialakításához, a mindennapi gyakorlat során nem mindig alkalmazzák azt. A hulladékot 22,7% gyűjti mindig szelektíven, és 13,6% egyáltalán nem foglalkozik a hulladék újrahasznosításával (hulladék). A vízpazarlás elkerülése inkább megjelenik, a vízcsap elzárására 86,4% figyel oda (vízcsap), és 81% elzárja a vízcsapot fogmosás alatt (fogmosás). Valószínűleg a családi minta érvényesül viselkedésükben, az emelkedő vízdíjak miatt a vízpazarlás elkerülése valószínűleg hangsúlyozottabban jelenik meg a családok életében, mint a szelektív hulladékgyűjtés, amely általában nem jár a szemétszállítási díj mérséklődésével.

A hulladékgazdálkodás témakört érintő kérdésekről az attitűd három összetevőjének figyelembevételével elmondható, hogy a tanulók elméleti tudása magas szintű, emocionálisan már kevésbé elkötelezettek, és viselkedésrendszerük egyáltalán nem áll összhangban tárgyi ismereteikkel.

A második rész a növény- és állatvilág témakört tartalmazza. Ezekkel a kérdésekkel kapcsolatban pozitív elvárásokkal indultam, hiszen az állatok, növények közel állnak a gyermekek érdeklődési köréhez, és az általános iskolás környezettismeret tananyag is túlnyomó többségében ezt a két témakört tartalmazza. Emiatt feltételeztem, hogy a tudásuk kiemelkedő, és érzelmi viszonyulásuk a témához erősen pozitív irányú. Ismereteik megint kielégítőek voltak, 80%-a gyermekeknek tudta, hogy az itt telelő madaraknak télen etetésre van szüksége, vagy hogy az erdők kitermelésével sok állat élőhelye szűnik meg. Az affektív területeket érintő kérdéseknél várakozásomnak megfelelően az előző témaköröz képest sokkal kedvezőbb érzelmi viszonyulás tükröződik. Az állatok lakóhelyének eltűnése építkezések miatt minden gyereket elszomorított vagy nagyon

elszomorított. A válaszokból látszik, hogy ez az a témakör, amelyhez érzelmileg leginkább vonzódik ez a korosztály.

A kérdőív utolsó témaköre az energiaforrásokról és a Föld ivóvízkészletéről szólt. A tananyag alapján negyedik osztályra ebben a témakörben is rendelkezniük kell a tanulóknak a kérdések megválaszolásához szükséges ismeretekkel. Ennek ellenére a gyerekek több mint 18%-a szerint nem létezik megújuló energiaforrás. Azok a tanulók, akik igennel válaszoltak, azok vagy nem tudtak példát írni rá, vagy helytelen példát írtak. Földünk ivóvízkészletének mennyiségére utaló kérdésre közel azonos százalékban jelent meg mind a négy alternatíva, a soha nem fogyhat ki az ivóvízkészletünk lehetőségétől a már nagyon kevés van opcióig (6. ábra). A válaszok azért is voltak meglepőek számomra, mert az iskola minden évben a víz világnapja kapcsán különféle programokat szervez a témakör megismerésének érdekében. A többségében helytelen elméleti tudás ellenére a gyermekek több mint 90%-a pozitív érzelmi viszonyulást mutat a problémával kapcsolatban, és a vízpazarlással kapcsolatban cselekedeteik is tükrözik ezt a pozitív attitűdöt, mindennapos tevékenységeik során ügyelnek a vízpazarlás elkerülésére (5. ábra, vízcsap, fogmosás).



6. ábra. A 10–12 éves gyerekek véleménye a Föld ivóvízkészletéről.

A legtöbb gyerek (67,4%) szerint a Föld ivóvízkészlete elegendő az emberiség számára, csak 13,6% tudott arról, hogy az ivóvízkészlet fogyása egyre súlyosabb problémaként jelentkezik. Annak ellenére hiányosak a gyerekek ismeretei, hogy az iskola évente, *A víz világnapján* különböző programok keretében próbálja az ivóvízkészlettel kapcsolatos problémákra felhívni a gyerekek figyelmét.

Összefoglalás

A vizsgálat célja az általános iskolás tanulók környezeti attitűdjének vizsgálata, illetve a környezeti nevelés hatékonyságának megismerése volt. Természetismeret műveltségi területű hallgatóként kiemelten fontosnak tartottam, hogy széles körű tudást szerezzek a környezeti nevelésről és a fenntarthatóságról, melyeket az irodalmi áttekintésben részletesen kifejtettem. A gyermekek környezeti nevelésének, a pozitív attitűd elsajátításának egyik legfontosabb színtere az iskola (FÜZNÉ, 2002; NAGY, 2009; PAKSI, 2013). Ezért hatalmas felelősséggel tartoznak a pedagógusok diákjaik környezettudatának kialakításáért. A tanulói kérdőív kitöltéséhez és értékeléséhez elengedhetetlennek tartottam az iskola megismerését. Komplex szakmai gyakorlatomon lehetőségem adódott részletesen megvizsgálni a környezeti nevelést szabályozó dokumentumokat, az általános iskolai tananyagot. Részesen lehettem a tanórán kívüli természetismereti programoknak, vetélkedőknek, és ezeken megtapasztaltam a pedagógusok és az iskola vezetőségének környezetvédelmi elhivatottságát. A mai elhatalmasodó globális problémák megoldásában és kialakulásuk megelőzésében lokálisan minden korosztálynak részt kell vállalnia. Ehhez a társadalmi szerepvállaláshoz mindenkinek rendelkeznie kell pozitív környezeti attitűddel, környezettudattal, melynek összetevőit, mint a környezeti tudást és az emocionális viszonyulást, gyermekkorban, kiemelten az iskolában kell megszerezniük a tanulóknak (MAJOR, 2012). Pedagógus-kérdőívem tapasztalatai azt mutatják, hogy az iskolák többsége nem rendelkezik kellő felszereltséggel, emiatt a nevelést támogató új módszereket nem tudják megvalósítani. A pedagógusoknak nincs lehetősége, vagy csak nagyon kevés, hogy környezeti nevelés témájú továbbképzéseken vehessenek részt, ezért a gyakorlati megvalósítás általában nem kielégítő. A tanulók környezeti attitűdjének vizsgálata során beigazolódott, hogy a három összetevő közül a gyermekek környezeti tudása áll a legmagasabb szinten, érzelmi viszonyulásuk többségében pozitív értékeket mutat, de különböző globális problémákhoz eltérő mértékű emocionális viszonyulás társul, hasonlóan NAGY (2009) vizsgálataiban tapasztaltakhoz, a legerőteljesebb viszonyulást az állatvilágot érintő problémákkal kapcsolatban tapasztaltam. A környezetvédő tevékenységek gyakorlati megvalósítása többségében nem tükrözi azt az elméleti tudást, amellyel a gyermekek rendelkeznek. A gyakorlati tevékenységek hiányát számos tényező befolyásolhatja, például a szülői minta, ami felülírhatja a gyermekek helyes környezeti tudását. Emiatt az iskolai nevelés talán egyik legfontosabb része a személyes példamutatás.

Kérdőívem bizonyítja, hogy a gyermekek az életkori sajátosságaiknak megfelelően rendelkeznek lexikális tudással, a pedagógusok személyes elkötelezettsége és példamutatása következtében a környezeti problémák iránti pozitív érzelmi viszonyulásuk is megfigyelhető. BOGNER és WISEMAN (1999) által felvázolt modell sajátosságaival összhangban a tudást és a pozitív hozzáállást nem mindig követték tettek, a gyakorlatban nem feltétlenül érvényesítették a környezetvédelmi elveket. Ennek hátterében számos tényező állhat, de véleményem

nyem szerint a szülői példamutatás és a megfelelő eszközök hiánya egyaránt meghatározó benne. Remélem, hogy az iskolákban egyre fokozódó mértékben rendelkezésre álló információs és kommunikációs technológiák, illetve a sürgető globális környezeti hatások a környezeti nevelés minőségének javulásával járnak majd.

Irodalomjegyzék

- AGÁRDY, SÁNDOR (1995): *Praktikum az óvodai és az általános iskolai környezeti neveléshez mindenkinek*. Aqua Kiadó, Budapest,
- ALBERT, JÓZSEF (2013). *Értékek, környezet, környezeti tudatosság*. Veszprém: Veszprémi Érseki Hittudományi Főiskola.
- BÁNDI, GY., FARAGÓ, T., LAKOSNÉ HORVÁTH A. (1994). *Nemzetközi környezetvédelmi és természetvédelmi egyezmények*. Budapest: Környezetvédelmi és Területfejlesztési Minisztérium Környezetvédelmi Hivatal.
- BIRÓ, MARCELL (2012). Nemzeti Alaptanterv. *Magyar Közlöny*, 66, 7–215.
- BOGNER, F.X., WISEMAN, M. (1999). Toward measuring adolescent environmental perception. *European Psychologist*, 4(3) 139–151. DOI: <https://doi.org/10.1027//1016-9040.4.3.139>
- CZIPPÁN, K., HAVAS, P., VICTOR, A. (2012). Környezeti nevelés a fenntarthatóságért. Letöltve: 2019. október. 28. http://mkne.hu/NKNS_uj/a_%20ff_%20pedagogiaja.pdf
- CSEPELI, GYÖRGY (2001) *Szociálpszichológia*. Osiris kiadó, Budapest. https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/2011_0001_520_szocialpszichologia/ch04s05.html
- FÚZSNÉ KÓSZÓ, MÁRIA (2002). A környezeti nevelés koncepciói. *Iskolakultúra*, 1, 40–41.
- HAVAS, PÉTER (2001). A fenntarthatóság pedagógiai elemei. *Új Pedagógiai Szemle*, 9. 3–15.
- KÓNYA, GYÖRGY (2018). Környezeti attitűdöt befolyásoló hatástényezők. *Képzés és Gyakorlat*, 16(2), 115–126. DOI: <https://doi.org/10.17165/TP.2018.2.8>
- LÁNG, ISTVÁN (2001). Stockholm – Rió – Johannesburg, Lesz-e új a nap alatt a környezetvédelemben? *Magyar Tudomány*, 46(12), 1415–1422.
- LÁNG, ISTVÁN (2008). A Brundtland Bizottság és a fenntartható fejlődés. *Egyenlítő*, 11, 23.
- LEHOCZKY, JÁNOS (1999). *Iskola a természetben avagy a környezeti nevelés gyakorlata*. Budapest: Raabe Klett Könyvkiadó Kft.
- LÜKŐ, ISTVÁN (2003) *Környezetpedagógia*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest.

- MAJOR, LENKE (2012). A környezeti nevelés szerepe a környezettudatos magatartás formálásában. *Iskolakultúra*, 12(9), 71–72.
- NAGY, C. EDIT (2009). A környezeti nevelésben alkalmazott oktatási szintek, korszerű módszerek hatása a környezettudatos magatartás kialakítására. *Új Pedagógiai Szemle* 59(3), 17–36.
- PAKSI, LÁSZLÓ (2013). A környezeti problémák iránti érzékenyítés a köznevelésben. *Iskolakultúra* 13(12), 161–169.
- SZLÁVIK, JÁNOS (2013). *Fenntartható gazdálkodás*. Budapest: Wolters Kluwer Kft.
- VICTOR, ANDRÁS (2010). *Értékek és alapelvek. Nemzeti Környezeti Nevelési Stratégia*. Budapest: Magyar Környezeti Nevelési Egyesület.

SZABÓ ORSOLYA¹, EMRI ZSUZSA²

AZ AUTIZMUS SPEKTRUM BETEGSÉGGEL ÉLŐ GYEREK- KEK ISKOLAI INTEGRÁCIÓJÁNAK LEHETŐSÉGE

¹Eszterházy Károly Egyetem, TTK, Biológia BSc szak, ²Allattani Tanszék
Eszterházy Károly Egyetem, Eger, Leányka u. 4.

Összefoglaló

Az autizmus spektrum betegség (ASD) az egyik leggyakoribb, gyógyíthatatlan fejlődési rendellenesség. Legfontosabb megnyilvánulási jegyei a szociális viselkedés zavara, a kommunikációs készségek sérülése és a repetitív mozdulatok és sztereotip viselkedések megjelenése. Enyhe formáival rendelkező gyerekek integrálhatóak a közoktatásba. Az integrációhoz elengedhetetlen az iskolákban a megfelelő feltételek kialakítása és a megfelelő személyi feltételek (fejlesztőpedagógus, gyógypedagógus) biztosítása. Az integráció előnyös mind az ASD-s, mind a normális gyerekek számára. Az integrációt a szülők és pedagógusok nagy része is támogatja, de ezt segítő szakirodalomból kevés van, és az osztályok nagy létszáma sem kedvez az ASD-s gyereknél előnyös módszerek alkalmazásának. ASD-s gyerekek számára a vizualizáció kiemelt jelentőségű, és a tanítási formák közül a kooperatív csoportmunka alkalmazása ajánlott. A sikeres integráció érdekében az iskolák megfelelő felszerelését, támogatását és a pedagógusok továbbképzését is meg kell oldani.

Kulcsszavak: *autizmus spektrum betegség, iskolai integráció, kooperatív munka*

Elfogadva: 2020. 12. 23.

Elektronikusan megjelent: 2021.

ORSOLYA SZABÓ¹, ZSUZSA EMRI²

THE EDUCATIONAL INTEGRATION OF CHILDREN WITH AUTISM SPECTRUM DISORDER

¹Eszterházy Károly University, Faculty of Natural Sciences, Biology BSc; ²Department of Zoology, Eszterházy Károly University, Eger, Leányka u. 4.

Abstract

Autism spectrum disorder (ASD) is a term describing a constellation of early-appearing deficits in social behavior and communication skills, and the appearance of repetitive sensory–motor behaviours. It has a strong genetic component, and it is a condition that can not be treated. Individuals with ASD are very different from one another. Some of the mild cases can be integrated into the educational system. Although their integration has been shown to be beneficial for both normal and ASD children it is not without difficulties. Difficulties include the lack of experienced staff and material resources in schools and the large number of children in classes. Educational methods recommended for groups comprising ASD children need strong visualisation and they are based on cooperative group works among children. Despite the difficulties teachers and parents have positive attitudes towards the integration of ASD children, therefore sufficient support and training should be available for them.

Keywords: *autism spectrum disorder, cooperative method of teaching, educational integration,*

Accepted: 2020.

Published online: 2021.

Bevezető

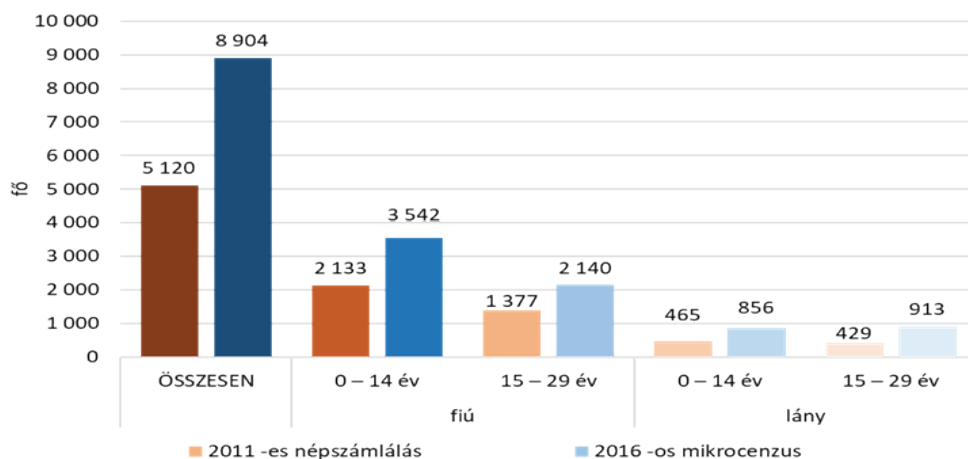
Magyarországon a speciális nevelési igényű gyermekek megítélésekor feltűnően sok előítéletünk van. Azok a megállapítások, hogy az ilyen gyerekek nem tudnak helyesen viselkedni, szüleik nem foglalkoznak velük, lusták, önzők, zsenik, ha kiborítjuk a fogpiszkálót, ránézésre meg tudják mondani a számukat, nagyrészt tájékozatlanságból adódnak (TOBÁK, 2012). Ezek a sztereotípiák kirekesztik társadalmunkból ezeket a gyermekeket, romboló hatással van személyiségükre, és ráadásul megnehezíti családjuk életét is. Kimondottan igaz ez az autistákra, noha az enyhe autizmussal élő gyermekek jelentős része integrálható lenne a normál iskolarendszerbe.

Az autizmus spektrum zavar (ASD) az egyik leggyakoribb komplex fejlődési rendellenesség, melynek genetikai alapjait csak nemrég kezdték el feltérképezni (GALLAI, 2013). Biológiai értelemben az ASD idegrendszeri fejlődési zavar, amely jelenleg nem gyógyítható, megelőzni sem tudjuk, a rendelleneségek egész életen át fennállnak, habár bizonyos készségek fejlesztésével a problémák egy része kompenzálható. Az ASD-ben fennálló zavarok kihatással lehetnek a beszédképességre, kommunikációra, a finommotorikára (pl.: mozgás, kézügyesség) (LORD, és mtsai., 2007; MASI és mtsai., 2017). Cikkünkben az ASD-re VAKALIOSZ (2018) definícióját használjuk: *„Az autizmus spektrum zavar heterogén, élethosszig tartó idegrendszeri fejlődési állapot, viselkedésbeli eltérésekkel, melyek érintik a szociális kommunikációt és a rugalmas viselkedésszervezést.”* Ezt a definíciót BARTHÉLÉMY és mtsai. (2014). megjegyzésével egészítjük ki, az ASD „két lényeges pontra mutat rá: az egyik a szociális fejlődés speciális zavaraira utal; a másik pedig, hogy feltűnően sokféle az autizmus spektrum-zavarok megnyilvánulása”. A számtalan megjelenési forma többek között lehet abnormális viselkedési és érdeklődési kör, illetve csökkent mértékű társadalmi kapcsolatok. Annak ellenére, hogy az elmúlt 20 évben rohamosan növekedett az ASD-vel diagnosztizált gyerekek száma, csak néhány olyan irodalom áll rendelkezésre, amely az autista gyerekek speciális oktatását hivatott elősegíteni (ŐSZI, 2006; GOSZTONYI és SAFFNER, 2008; CSEPREGI és mtsai., 2014; SZABÓ, 2016). Az ASD kialakulásában – a tudomány jelenlegi álláspontja szerint – kulcsfontosságúak az örökletes tényezők, egyike a leginkább örökletes idegrendszeri fejlődési zavaroknak (GOGOLLA és mtsai., 2009). Elsődlegesen genetikai problémákra vezethető vissza, de az abnormális idegrendszeri fejlődés további epigenetikus zavarokat indukál, amelyeket környezeti hatások tovább súlyosbíthatnak (ZOGHBI, 2003). A társadalmi és kulturális különbségek sokadlagosak, azonban a jobb gazdasági, szociális és társadalmi helyzetű szülők könnyebben tudnak a szükséges ellátáshoz hozzáférni, így a diagnózis felállításához is, és hamarabb el tudják kezdeni a fejlesztést, amely segítségével az epigenetikus eredetű problémák mérsékelhetőek (COUTEUR és mtsai., 2008; PETRI és VÁLYI, 2009).

Az autizmus spectrum zavar magyarországi előfordulása

Az autizmust Leo Kanner gyermekorvos, pszichiáter már 1943-ban leírta, ennek ellenére hazánkban csak 2003 márciusától számít önálló fogyatékosági kategóriának (BOGNÁR és mtsai., 2009).

Hazai viszonylatban kevés hivatalos statisztikát találunk az ASD-ben szenvedő gyermekekről. A KSH 2011-es népszámlálásakor új kategóriaként azonosították – többek között – az autistákat a fogyatékkal élők csoportjában. A KSH 2011-es népszámlálása során összesen 6,2%, közel félmillió személy vallotta magát fogyatékkal élőnek, közülük csupán 1,04% azonosította magát autistaként. Nemek szerinti bontásban a férfiak oldalára billen a mérleg nyelve, az 5120 egyénből, aki autistának vallotta magát, mindössze 894 volt nő. A KSH 2016-ban végzett mikrocenzusában a megkérdezettek 4,3%-a vallotta magáról, hogy fogyatékkal él (kevesebben, mint 2011-ben), ugyanakkor az autisták száma több mint 70%-kal nőtt, és hasonlóan a 2011-es adatokhoz, az autisták többsége férfi (1. ábra).



1. ábra. Az autizmus spektrum zavarral élők száma nemek és korcsoportok szerinti bontásban 2011-ben és 2016-ban. forrás: Központi Statisztikai Hivatal (KSH, 2011; Microcenzus, 2018), saját szerkesztés.

A betegség korai felismerése nagyon fontos, mivel a diagnózis ismeretében kezdődhet el a gyerek szakszerű fejlesztése. Magyarországon az ASD-esetek több mint háromnegyedében (76%) a tüneteket elsőként a szülők észlelik, közel két év telik el a felismerés és a diagnózis között (ennek oka, hogy egyrészt a szülők szakemberek tanácsára várnak, másrészt nem fogadják el a szakvéleményt, és másik szakorvoshoz fordulnak). Emiatt a gyermek szakszerű fejlesztése késik, a szülők nem a megfelelő oktatási intézményt választják (TOBÁK, 2012). Bár az ASD-vel élő gyermekek a hatályos törvényi szabályozás szerint (NEMZETI KÖZNEVELÉSI TÖRVÉNY, 2011) a sajátos nevelési igényű (SNI) tanulók közé tartoznak,

részt vehetnek a közoktatásban (KESZI és mtsai., 2010), az általános oktatási intézmények az enyhe autizmussal élő gyermekeket is szeretnék inkább speciális intézménybe küldeni, annak ellenére, hogy ők integrálhatóak lennének a normál iskolarendszerbe.

A tanulmány célja tehát az enyhe ASD-vel élő gyerekek tanításának elemzése, ezen gyermekek oktatásának bemutatása.

Az autizmus spektrum zavar biológiai háttere

Az ASD a neurokognitív fejlődés egész életen át tartó zavara (CSEPREGI és STEFANIK, 2012; CSEPREGI és mtsai., 2014). Az ASD gyakran társul egyéb pszichiátriai problémákkal (pl.: epilepszia, alvási zavarok, illetve macro- vagy megencephalia), emiatt gondolják, hogy hátterében alapvetően a serkentés-gátlás egyensúlyának megbomlása áll, és ez vezet a szenzoros ingerek által kiváltott hiperexcitációhoz (POLLEUX és LAUDER, 2004). Az ASD-vel gyakran együtt járó agytérfogat-növekedés születéskor még nincs jelen, az első életév folyamán lesz nyilvánvaló, és 12 éves kor után eltűnik a méretbeli különbség. A növekedés mind a fehér-, mind a szürkeállományban jelen van, de nem minden területet érint: a *corpus callosum* például sok esetben kisebb, mint a normális (PIVEN és mtsai., 1995). A neocortexben az első év folyamán a dendritelágazások és axonok növekedése gyorsabb az autistákban, mint a normálisan fejlődő gyerekekben, és a kérgi oszlopok szerkezete is megváltozik bennük (POLLEUX és LAUDER, 2004). A kérgi oszlopok alapját képező lokális hálózatok elemzésekor az egyik gátlósejt-típus, a parvalbumin-tartalmú kosársejtek csökkent mennyiségére mutattak rá (GOGOLLA és mtsai., 2009). Ezek a sejtek a dendriteken, illetve az axon iniciális szegmensen alakítanak ki szinapszisokat, és kulcsszerepet játszanak a neuronális hálózatok érésében. Az ASD kialakulását előidéző számos génmutáció közül sok vezet a parvalbumin fehérje mennyiségének csökkenéséhez, emiatt a parvalbumin mennyisége akár a detektálható szint alá is csökkenhet (JANICKOVA és SCHWALLER, 2020). Parvalbuminszint csökkenését a neuron a dendritikus elágazások számának és a mitokondriumok térfogatának növekedésével kompenzálja, ami a későbbiekben fokozott oxidatív stresszhez vezet (JANICKOVA és SCHWALLER, 2020). A parvalbumin-tartalmú gátló neuronok nem megfelelő működése sokféle autistáknál detektált abnormális kognitív funkció hátterében állhat. Képpalkotó eljárásokkal leginkább a szociális viselkedések kialakításában szerepet játszó hálózatok alulműködését írták le az ASD-vel élő egyéneknél (PATRIQUIN és mtsai., 2016), ezenfelül a bazális ganglionok funkciózavarát is kimutatták, amellyel például a repetitív viselkedések, rituálék kialakulását magyarázzák (QIU és mtsai., 2010).

Az ASD-re jellemző tüneteket az Egészségügyi Világszervezet (WHO), másrészt az Amerikai Pszichiátriai Társaság rögzítette (míg előbbi a Betegségek Nemzetközi Osztályozásának tizedik változatában, azaz a BNO10-ben, addig utóbbi a Diagnosztikai Statisztikai Kézikönyv negyedik változatában, azaz a DSM IV-ben) (ÓSZI, 2006). A két szervezet diagnózisa alapján három nagy terüle-

ten jelentkezik minőségi elváltozás az autista egyénnél, ezek a kommunikáció, a szociális fejlődés és a rugalmas viselkedésszervezés (2. ábra).

Az autizmus jelei

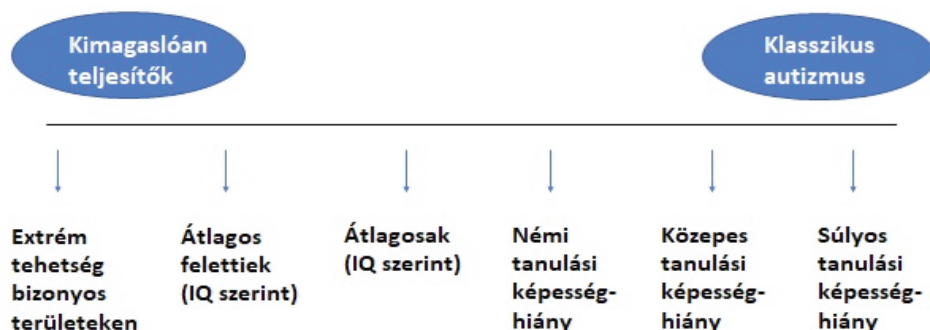


2. ábra: Az autizmus spektrum betegség néhány tipikus tünete. Forrás: kislepesek.hu/autizmus-aba

A leggyakoribb tünetek közé tartozik a kommunikáció zavara, esetenként hiánya, a szociális izoláció, sok esetekben az ilyen gyerekek nehezen értelmekzik mások szándékait, illetve érzelmeit, megjelenhetnek repetitív mozdulatok, ismétlődő kifejezések, gyakori a szemkontaktus hiánya, gyakran zavarja őket az erős hang, zaj, és sztereotip mozgásos tünetek is felléphetnek.

A TOBÁK (2012) kutatásába bevont autista gyermekek 69-75%-a mutatott indulatos viselkedést vagy dührohamot, azonban ennél is magasabb százalékuk (83%) berögződött viselkedési szokásokat, ugyanakkor kiemelte, hogy nem jellemző az önkárosító magatartás. Jelenlegi tudásunk alapján az autizmus nem megelőzhető, és nem gyógyítható, egész életen át tartó állapot.

Az állapot leírására bevezetett spektrum zavar elnevezés arra utal, hogy a spektrum két végpontja között bármelyik pontban elhelyezkedhetnek a tünetek, egészen a nagyon súlyos állapottól az enyhe állapotig (GALLAI, 2013) (3. ábra). Enyhe állapotnál az autista gyermek viselkedése csak kisebb mértékben tér el a nem autizmussal élő társai viselkedésétől, míg a nagyon súlyos állapotban a gyermek egyáltalán nem kommunikál, és sokszor értelmi fogyatékos is kimutatható. Az ASD-vel élők IQ-ja lehet átlagos vagy az alatti, illetve feletti is (CHARMAN és mtsai., 2011), mivel a betegséget kialakító idegi elváltozások függetlenek az intelligenciahányadostól.



3. ábra. Az autizmus spektrum zavar megnyilvánulási skálájának szemléltetése. Forrás: Somogyváriné (2018).

A hazai (ŐSZI, 2006; KOVÁCS, 2013; TOBÁK, 2012; VAKALIOSZ, 2018) és a nemzetközi (BARTHÉLÉMY és mtsai., 2014; MASI és mtsai., 2017; MANOLOVA és ACHKOVA, 2014) irodalmak alapján az autizmus spektrum zavarok három fő csoportját lehet megkülönböztetni:

Klasszikus (kanneri) gyermekkori autizmus: a gyermekek furcsakézmozdulatokat végeznek, túlságosan elmélyednek a tárgyak kis részleteiben, azonban egy-egy területen az átlagnál sokkal jobb képességgel rendelkeznek (pl.: matematika).

Atípusos autizmus: nem jelenik meg az autizmus spektrum zavar összes kritériuma. Gyakran jelentkeznek agresszív dühkitörések, szorongás foghatja el őket.

Asperger-szindróma: ezeknél a gyermekeknél időben elindul a beszédfejlődés, azonban a pragmatikus nyelvi képességük megsérül (pl.: párbeszédben való részvétel hiánya, szemkontaktus fenntartásának hiánya stb.). Ezen felül a társas kapcsolatok kialakításában problémába ütköznek, megszállottan ragaszkodnak egy-egy dologhoz vagy egy-egy rituáléhoz, mindemellett pedig az intellektuális képességük (pl.: logikus gondolkodás) sokszor átlag feletti lehet.

Közösségbe integrálás lehetőségét és nehézségeit tekintve LORNA WING négy csoportra osztotta az autizmus spektrum zavarral élő gyermekeket (KOVÁCS, 2013):

Izolált típusúak azok, akik nem kezdeményeznek kontaktust, sőt a közeledést is elutasítják, nem beszélnek, de ha beszélnek is, csak szavakat ismétlgetnek. Jellemzően értelmi fogyatékosok, és zavar jelentkezik az ingerfeldolgozás folyamatában (pl.: érzékenyek a zajra), tanításuk nehézkes, normál osztályközösségbe nem integrálhatóak.

Passzív típusúak azok, akik az előzőhöz hasonlóan nem kezdeményeznek kontaktust, ugyanakkor a közeledést már részben elfogadják. Főleg passzív viselkedés és átlagos értelmi képesség jellemzi őket. Tanításuk, fejlesztésük könnyebb, mint az izolált típusúaké, a fejlesztés esélyei ennél a csoportnál a legjobbak, azonban integrációjuk ennek ellenére nehéz, mivel speciális körülményeket (pl.: fejlesztőpedagógus) igényelnek.

Az aktív-bizarr típusúak aktívan keresik a kontaktust, kezdeményeznek, azonban leginkább csak egyoldalú a közeledésük, nem keresik a kölcsönösséget (azaz nem tudják a másik fél szempontjait figyelembe venni, csak az általuk kedvelt és érdekelt témákra reagálnak). Jó intellektuális készségekkel jellemezhetőek. Integrálásuk normál osztályokba nehéz, fejlesztésük problémás lehet.

A furcsa-merev típus főleg fiatal felnőtt korban (18-21 életév között) alakul ki, jellemző rájuk, hogy nagyon, már-már görcsösen szabálykövetőek, ugyanakkor jó beszédkészséggel és értelemmel rendelkeznek. Az oktatási rendszerben érettségi előtti időszakban, illetve egyetemeken kell speciális igényeikkel foglalkozni.

Az ASD-vel élő gyermekekkel való foglalkozás, tanítás és a velük szemben támasztott követelmények következtében ajánlott a fenti gyakorlati csoportosítást figyelembe venni. Azonban a hagyományos oktatási intézmények óráin jellemzően azok az enyhe, magasan funkcionáló autizmussal élő gyermekek vehetnek részt, akik nem értelmi fogyatékosok, szellemileg nem sérültek, kommunikációs készségük nem sokkal marad el osztálytársaikétól (Őszi 2006).

Autizmus spektrum betegség az iskolában

Az ASD-vel élő gyermekeket befogadó intézmények egy része integrált tanterv szerint működik, míg másik részük gyógypedagógiai tanterv szerint oktat. Az integráció általános feltétele, hogy a gyermeket ne érje hátrányos megkülönböztetés alkalmazkodási képességének hiánya miatt. Az integráció abban az esetben indokolt, ha egyértelműen az autisztikus jegyeket mutató gyermek fejlődésének előnyére válik. Az integráció négy feltétel egyidejű fennállása esetén lehet sikeres (LLÉS, 2000):

- a tanuló részéről minimális viselkedési probléma áll fenn, IQ-ja 100 vagy a feletti;
- a gyermek családjában egyértelmű a szándék a szakemberekkel való együttműködésre;
- az iskola részéről előkészített fejlesztési terv, speciális eszközök, módszertanban jártas pedagógus és asszisztens áll rendelkezésre;
- az iskola részéről a szakértői csoport jártas a probléma kezelésében és a fejlesztés irányításában.

Ezen feltételek együttes megléte esetén is szükséges a fokozatosság és az, hogy a gyermek biztonságban érezze magát. Felső tagozatban nagy jelentősége van az osztálytársak, iskolatársak pozitív hozzáállásának is.

Az autista tanulók integrációja csak abban az esetben valósulhat meg, ha mind a humánerőforrás mind pedig a technikai feltételek adottak az intézményekben. Különösen fontos a differenciálás és a megfelelő odafigyelés, mivel ezek a gyermekek minimális belső motivációval rendelkeznek (KESZI és mtsai., 2010). Az iskolaérett autizmus spektrum zavarral élő gyermekek számára sokszor a többieknek alapvető feladatok (öltözés, étkezések, iskolába járás, különböző órákhoz tartozó felszerelések előkészítése) elsajátítása, helyes sorrendjük megtartása nagy nehézségeket okoz. Sőt, a memóriájuk is máshogy működik, van, hogy rendkívüli hatékonysággal tanulnak meg bizonyos, sokszor lényegtelen dolgokat (pl.: menetrendet), ugyanakkor a saját tapasztalataiknak a felidézése már nehézkesen működik. A gondolkodás rugalmatlansága az autizmus alapvető jellemzője (SZABÓ, 2016). Serdülőkorra az autista gyermek szociális fejletlenségéből fakadó lemaradásai is nyilvánvalóvá válnak, gyakori, hogy abszolút kiközösítik, vagy akár verbális erőszaknak lesz kitéve, amiért nem tud beilleszkedni a közösségbe. TOBÁK (2012) kutatása alapján az autista gyermeket nevelő családok több mint egyharmada (36%) tapasztalja úgy, hogy hátrányos megkülönböztetésben részesülnek gyermekeik (pl.: pedagógusok nem megfelelő hozzáállása vagy a hagyományos oktatási intézményből való eltanácsolás). A szülőkkel való viszonyuk továbbra is rendkívül szoros, azonban önállóság nem következik be az autista gyerekeknél, mivel a tanultakat nem tudják alkalmazni a való életben. A szülők oldaláról is megvizsgálva a kérdést TOBÁK (2012) arra is kitért, hogy a családok 70%-a úgy érzi, hogy a környezete nem kellően segíti őket a napi problémák megoldásában: társas kapcsolataik beszűkülnek, elmaradnak a régi barátokkal és ismerősökkel való találkozásaik, beszélgetéseik, csak kevesen tartanak ki mellettük.

A szülők és pedagógusok ASD-s gyerekekkel kapcsolatos tapasztalatait mélyinterjúk segítségével is vizsgáltam, amelyet egy szülővel, egy fejlesztőpedagógussal és egy gyógypedagógussal készítettem el. A két pedagógus az ASD-s gyerekeket hasonlóan jellemezte: leginkább szembetűnő viselkedési jegyei az elszigetelődés, kirekesztettség, az alkalmazkodóképesség hiánya és az ismétlődő mozgások. A pedagógusok tapasztalata, hogy a szülők nehezen fogadják el gyermekük diagnózisát. A szülő elmondása szerint a diagnózis megszületésére évekig várt, a gyerekekkel az iskolában első osztályban rengeteg probléma volt, csak matematikából voltak aránylag jó jegyei. A gyerek teljesítménye a továbbiakban is hullámzó, és folyamatosan rengeteg törődést igényel. A pedagógusok az integrálás lehetségesnek tartották, de a sikeres integráció kritériumában már nem értettek egyet. A gyógypedagógus egyértelműen úgy fogalmaz, hogy akkor valósulhat meg, ha a közösség egyenrangú tagjává válik, és kölcsönösen elfogadják, tolerálják egymást. A fejlesztőpedagógus szerint akkor sikeres, ha az adott osztályban kialakul az elfogadás és a segítő légkör.

Különböző tanulószervezési formák

A gyermekek tanításánál fontos elvárás a változatos tanulószervezési formák használata, amely összesen négy fő csoportra bontható, ezek az egyéni, frontális, kooperatív és páros munkatípusok. Ószi (2006) tanulmányában a négy típusból az alábbi három tanulószervezési módszert javasolja az autizmusban szenvedő gyermekek számára (habár eltérő mértékű hatékonysággal):

Egyéni munka: az új ismeretek elsajátításához az egyéni fejlesztési forma ajánlott. Ez nem azt jelenti, hogy a tanárnak teljesen el kell vonulnia egy külön szobába a tanulóval, mert végeredményben a kommunikáció fejlesztéséhez elengedhetetlen a társas helyzetek kialakítása. Azonban osztálykirándulásokon vagy ünnepeken egy személyes segítőre is szükség lehet.

Frontális munka: az autizmusban szenvedő gyermek számára a legkedvezőtlenebb tanulásforma a frontális osztálymunka. Érdektelen számára, valamint általában teljesen félreérti a feladatot, vagy az is előfordul, hogy nem érti az instrukciókat, magyarázatokat. Az is elképzelhető, hogy a legjobb szándéka ellenére sem érti, hogy mire kellene a figyelmét összpontosítania.

Kooperatív munka: kezdetben itt is szükség lehet segítőre, kifejezetten akkor, ha az együttműködés megtanítása a cél. A legelőnyösebb megoldás, ha eltérő képességű gyermekek eltérő nehézségű feladatokat oldanak meg. Így a gyermekek önállóan tevékenykednek, azonban teljesítményük még így is része a csoporténak (Kagan, 2001). A kooperatív tanulás esetén a tanár szerepe is nagyon meghatározó, mivel a tudatos irányítás számos esetben dacot is kiválthat belőlük, így a tanár mint a tanulási folyamat segítője jóval kevésbé vált ki ellenállást a gyermekekből. Ezt a szerepet nem könnyű megvalósítani.

ASD-s gyerekeknél különösen fontos, hogy a tanulást és fejlesztést segítő környezet építsen a vizualitásra, szöveg helyett képeket, ábrákat, folyamatábrákat használjanak a fejlesztésben, továbbá a tanterem is sugározzon otthonosságot a gyermekek számára. Az utasítások szó szerint értelmezhetőek legyenek, kerüljük az iróniát, többértelmű kifejezéseket. Ha a feladat szociális tartalmakra épül, akkor a feladatot mindig előzze meg egy közös értelmezés vagy szituációs játék (CSERI és ZSARKÓ, 2018)!

A tanulószervezési módszerek közül a kooperatív tanulás a legoptimálisabb az autisták tanításához/fejlesztéséhez. Elsősorban azért, mert a kooperatív tanulás viselkedéses alapokon nyugszik, így ez az ASD lehetséges kezelési módjai közül a legeredményesebb megközelítés. Másodsorban pedig azért, mert ez a módszer a gyermekek motivációjára törekszik. Alapvető nehézség, hogy az ASD-vel élő gyermekek érdeklődési köre szűk, és ezt nehezen is lehet kiterjeszteni, átalakítani. Más emberek szemében közömbösnek látszhatnak, a társas szituációk nehézkesek számukra, mindezek okán nehezen kerülhető el a külső jutalom használata. Itt mutatkozik meg a kooperatív módszer további előnye – mivel legfőbb célja a társas viselkedés és a kommunikáció fejlesztése –, a feladatok úgy épülnek fel, hogy a gyermekek csak együttműködve tudják megoldani azokat, továbbá lehetővé teszi az információk vizuális megjelenítés-

sét a megszokott szóbeli közlések mellett. Míg az átlagos képességű gyermekek fejlesztésében a strukturált tanítás módszere az egyik lehetséges út, az autizmusban, mai tudásunk szerint, az egyik meghatározó jelentőségű módszer (Őszi 2006).

Fogalomismétléshez jól használhatóak a páros gyakorlatok autista gyerekek esetében is: a tanulók keresztretjvényt oldanak meg, vagy dominókat tartalmazó borítékot kapnak. Dominónál egy fogalom, és egy meghatározás található a két félen. Páros munka során a diákoknak fel kell sorakoztatni a dominókat úgy, hogy a megfelelő fogalomhoz megfelelő definíció kerüljön (4. ábra). Ez a feladat alkalmas a szociális kompetencia fejlesztésére, a logikai gondolkodás kialakítására és az előzetes tudásanyag elmélyítésére is. A feladatok minőségét és mennyiségét érdemes változtatni.



4. ábra. A már tanult fogalmak ismétléséhez készített dominó.

A gyerekek párokban dolgozva igyekezzenek a meghatározásokat párosítani a megfelelő fogalmakkal. A csoportos munka során nemcsak a fogalmakat ismétlik át, hanem kommunikációs készségük is fejlődik.

Emellett kooperatív csoportmunka is használható, ilyenkor fontos, hogy a csoportok heterogének legyenek (nem és képességek szempontjából is). A szerepek kiosztására is nagy hangsúlyt kell fektetnünk, különben előfordulhat, hogy egyes tanulók teljesen kibújnak a feladat alól. Tipikus szerepek az „írnok” (a gondolatok jegyzője), a „szóvivő” (a megoldás közvetítője a többi csoport felé), az „időfelelős” (ha a feladat megoldását megadott időre kell befejezni, figyeli az idő múlását, és a csoport haladását), a „csendfelelős” (zaj csillapítója). A koope-

ratív csoportmunka rendkívül jól fejleszti a kommunikációs készséget, a kezdeményező- és vállalkozói kompetenciát, a problémamegoldó készséget, a meglévő tudásukat jobban elmélyíthetjük. Abban az esetben, ha sajátos nevelési igényű tanuló van az osztályban, a feladatok minőségét és mennyiségét érdemes változtatni. Az esetek jó részében nem szükséges differenciálni az SNI-s és a normál tanulók között, de az óratervben a különböző kompetenciák fejlesztése hangsúlyozottan jelenik meg. A cél az, hogy a tanóra túlnyomó részében az SNI-s tanuló az osztálytársakkal együtt végezze a feladatokat. Fontos, hogy a kooperatív munkánál olyan szerepet kapjon, amelyben sikeres lehet, például ASD-s gyerekek általában jól boldogulnak az IKT-eszközökkel, ezek kezelését rájuk lehet bízni, de szóvivőnek általában nem alkalmasak, mivel nem szeretnek szerepelni, és kommunikációs készségük is gyakran rosszabb a többi tanulóénál.

Nehézségek az autista gyerekek oktatásánál

A mélyinterjúkban a pedagógusoknak eltérő véleménye volt abban, hogy melyek a legfőbb nehézségek az autista gyermek oktatásánál: míg a gyógypedagógus szerint az jelenti a legfőbb nehézséget, hogy a gyermekek nehezen vagy egyáltalán nem tudják beszéddel kifejezni magukat (ami sokszor dühöt vagy agresszivitást is kiválthat náluk), addig a fejlesztőpedagógus a szakemberek és a szakképzettség hiányát, továbbá a nem megfelelő körülményeket említette. Kiemelte, hogy a legtöbb pedagógus erre a kihívásra nincs felkészítve, nem tudja, hogy mit kezdjen a helyzettel (amelyet főleg a szakma elöregedésére vezet vissza). Ez nem csak Magyarországon probléma, nemzetközi felmérések is azt találták, hogy a pedagógusok támogatják az enyhe autizmussal élő gyerekek iskolai integrációját, de általában nem érzik magukat felkészültnek a feladatra (CASSIMOS és mtsai., 2013). A gyógypedagógus továbbá megjegyezte azt is, hogy célszerű és szakmailag is indokolt lenne, hogy amennyiben egy évfolyamon több osztály is van, akkor az autista gyermeket ne magas létszámú osztályba helyezték el, mivel ezek a tanulók adottságuknál fogva két vagy három tanulónak számítanak, ennyivel növelik a számított tanulói létszámot is. A szülő a nehézségekről általánosságban elmondta, hogy ami a gyermeket nem érdekli, kínosnak vagy kellemetlennek érzi, azt könnyöngésre sem hajlandó elvégezni. Kevésbé agresszív, mint régebben volt, de a szabálykövetéssel még mindig vannak gondjai. Az olvasás jelenleg is nehezen megy számára, valójában nem olvas, hanem a szövegkörnyezet alapján kitalálja a szavakat. Éppen ezért a verseket nem tudja megtanulni.

Következtetések

Az általános iskolában végzett szakmai gyakorlatom során azt tapasztaltam, hogy az ott tanító pedagógusok kellő óvatossággal viszonyulnak az SNI-s tanulókhöz. Ezen felül a pedagógusokkal folytatott beszélgetések során kiderült, hogy a tanítók nagy részének hiányosak az ilyen irányú ismeretei, és nem érzik magukat kompetensnek az SNI-s tanulók fejlesztésében. A legtöbb esetben az iskola még mindig „rányomja” a gyerekekre, hogy nem integrálható, és azonnal gyógypedagógiai intézményekbe küldi, holott megfelelő körülményeket biztosítva a gyerek könnyedén venné a tanulási akadályokat.

Pedagógusként fontos cél, hogy az ASD-s gyermekek számára megteremtjük az érzelmi biztonságot. A tantervi berendezési tárgyak tegyék lehetővé a nyugodt elvonulást, és hasonlítsanak az otthoni körülményekre (pl.: kis külön sarok, ahova el tud vonulni, ha szüksége van rá). A vizuális támogatás számukra nagyon fontos, piktogramok, folyamatábrák használatával hatékonyabb számukra az információátadás, és ennek következtében növekszik az önállósági szintjük is (CSERI és ZSARKÓ, 2018). Lényeges, hogy a szülőket is bevonjuk az oktatási folyamatba, hogy otthon is tudják segíteni gyermeküket.

Konklúzió

Az autizmus az egyik leggyakoribb komplex fejlődési rendellenesség, amelynek genetikai alapjait csak nemrég kezdték el feltérképezni, és amely a jelenlegi orvostudomány szerint nem gyógyítható (LORD és mtsai., 2018). Az ezredforduló után az állapot leírására az autizmus spektrum zavar elnevezést vezették be, mutatva, hogy a spektrum két végpontja között bármelyik pontban elhelyezkedhetnek a tünetek, egészen a nagyon súlyos állapottól az enyhe állapotig (MANOLOVA és ACHKLOVA, 2014; MASI és mtsai., 2017). Az autizmusnak több csoportosítása is létezik, közösségbe való sikeres integrálása érdekében ajánlott a gyakorlati (izolált, passzív, aktív-bizarr, furcsa-merev) csoportosítást figyelembe venni (KOVÁCS, 2013). Az autizmussal élő gyermekek a hatályos törvényi szabályozás szerint a sajátos nevelési igényű (SNI) tanulók közé tartoznak, azaz részt vehetnek a közoktatásban (NEMZETI KÖZNEVELÉSI TÖRVÉNY, 2011). A jelenlegi oktatáspolitikai célok abba az irányba mutatnak, hogy az autizmussal élők integrált formában folytassák tanulmányukat. A hagyományos oktatási intézmények tanítási óráin jellemzően azok az enyhe, magasan funkcionáló autizmussal élő gyermekek tudnak részt venni, akik nem értelmi fogyatékosok, szellemileg nem sérültek, kommunikációs készségük nem sokkal marad el osztálytársaikétól (BOGNÁR és mtsai., 2009; CASSIMOS és mtsai., 2013). Az autista gyermekek tanításánál fontos elvárás a változatos tanulásszervezési formák használata, ezek közül a kooperatív tanulás a leghatékonyabb az autisták tanításához/fejlesztéséhez. Elsősorban azért, mert a kooperatív tanulás viselkedéses alapokon nyugszik, másodsorban pedig azért, mert ez a módszer a gyermekek motivációjára törekszik, ráadásul a legfőbb célja a társas viselkedés és a kommu-

nikáció fejlesztése, és lehetővé teszi az információk vizuális megjelenítését a megszokott szóbeli közlések mellett (CSERI és ZSARKÓ, 2018, ÓSZI, 2006). A keresztretjtvények, kirakók autista gyerekeknél is jól alkalmazhatók kooperatív feladatoknál. A nemzetközi tapasztalat azt mutatja, hogy az enyhe tünetekkel rendelkező ASD-s gyerekek iskolai integrációja kedvezően hat mind az autista, mind az egészséges gyerekekre (CASSIMOS és mtsai., 2013), ennek eléréséhez a hazai gyakorlatban az iskolákban a tárgyi és személyi feltételek biztosítása mellett a pedagógusok megfelelő továbbképzésére is fokozott figyelmet kellene fordítani.

Irodalomjegyzék

- BARTHÉLÉMY, C., FUENTES, J., HOWLIN, P., VAN DER GAAG, R. (2014). Autizmus spektrum- zavar, azonosítás, megértés, beavatkozás, Autism Europe, elérhető: https://aosz.hu/wp-content/uploads/2014/07/ae_ae.pdf?fbclid=IwAR18MQtjFnmmVAVWtpWLSdCzb0bMKk4ghTO3QT1buSshxUVsaHT52eU0jks, letöltve: 2020. 01. 05.
- BOGNÁR VIRÁG, BÍRÓ ANDREA, MAROSSY-DÉVAI ZITA (2009). Az autizmussal diagnosztizált népesség az egészségügyi és a közoktatási rendszerben, kutatási jelentés, Szociális és Munkaügyi Minisztérium, Budapest, elérhető: <http://mek.oszk.hu/10600/10658/10658.pdf>, letöltve: 2020. 02. 26.
- CASSIMOS, D. C., POLYCHRONOPOULOU, S. A., TRIPSANIS, G. I., SYRIOPOULOU-DELLI, C. K. (2013). Views and attitudes of teachers on the educational integration of students with autism spectrum disorders. *Developmental neurorehabilitation*, 18(4), 241–251. DOI: <https://doi.org/10.3109/17518423.2013.794870>.
- CHARMAN, T., PICKLES, A., SIMONOFF, E., CHANDLER, S., LOUCAS, T., BAIRD, G. (2011). IQ in children with autism spectrum disorders: data from the Special Needs and Autism Project (SNAP). *Psychological Medicine*, 41(3), 619–627. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0033291710000991>
- LE COUTEUR, A., HADEN, G., HAMMAL, D. MCCONACHIE H. (2008). Diagnosing Autism Spectrum Disorders in Pre-school Children. Using Two Standardised Assessment Instruments: The ADI-R and the ADOS. *Journal of Autism & Developmental Disorders*, 38, 362–372. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10803-007-0403-3>.
- CSEPREGI ANDRÁS, STEFANIK KRISZTA (2012). Autizmus spektrum zavarral élő gyermekek, tanulók komplex vizsgálatának diagnosztikus protokollja, Educatio Társadalmi Szolgáltató Nonprofit Kft., elérhető: http://paks.tmpsz.hu/userfiles/files/diagnosztikai_kezikonyv_2fejezet.pdf, letöltve: 2020. 02. 03.
- CSEPREGI ANDRÁS, HORVÁT KRISZTINA, SIMÓ JUDIT (2011). Az autizmus spektrumzavarok szűrési-diagnosztikai modellje. Fogyatékos Személyek Esélyegyenlőségéért Közalapítvány. Elérhető: <http://aosz.hu/wp-content/uploads/2014/11/FSZK-Autizmus-Szuresi-Diagnosztikai-Modell.pdf>, letöltve: 2020. 03. 06.

- CSERI CSILLA, ZSARKÓ BEÁTA (2018). Módszertani segédanyag autizmus spektrum zavarral küzdő gyermekek iskolai megsegítéséhez. Csongrád Megyei Pedagógiai Szakszolgálat, Szeged. <http://csmpsz.hu/wp-content/uploads/2019/01/Modszertani-segedanyag-autizmus-spektrum-zavarral-kouzdo-gyermekek-iskolai-megsegitesehz.pdf>. Letöltve: 2020. 12. 30.
- GALLAI, MÁRIA (2013). Az autizmus spektrum zavar korai tünetei, Semmelweis Egyetem, I. Sz. Gyermekgyógyászati Klinika, Medicalonline.hu, elérhető: http://medicalonline.hu/gyogyitas/cikk/az_autizmus_spektrum_zavar_korai_tunetei. Letöltve: 2020. 04. 06.
- GOGOLLA, N., LEBLANC, J. J., QUAST, K. B., SÜDHOF, T. C., FAGIOLINI, M., HENSCH, T. K. (2009). Common circuit defect of excitatory-inhibitory balance in mouse models of autism. *Journal of Neurodevelopmental Disorders*, 1(2), 172–181. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11689-009-9023-x>
- GOSZTONYI NÓRA, SZAFFNER ÉVA (2012). Sérülésspecifikus eszköztár autizmussal élő gyermekek, tanulók együttneveléséhez. Educatio Társadalmi Szolgáltató Közhasznú Társaság, Budapest, 2012, elérhető: http://www.kooperativ.hu/idegen_nyelv/sni-tanari-segedanyagok/sni-eszkozok/eszkoz_autista.pdf, letöltve: 2020. 01. 20.
- ILLÉS SÁNDOR (szerk.) (2000). *Gyógypedagógiai alapismeretek*. Főiskolai Tankönyv, ELTE, Bárczi Gusztáv Gyógypedagógiai Főiskolai Kar, Budapest.
- JANICKOVA, L., SCHWALLER, B. (2020). Parvalbumin-Deficiency Accelerates the Age-Dependent ROS Production in Pvalb Neurons *in vivo*: Link to Neurodevelopmental Disorders. *Frontiers in Cellular Neuroscience*, 14, 571216. DOI: <https://doi.org/10.3389/fncel.2020.571216>.
- KAGAN S. (2001). *Kooperatív tanulás*. Önkonet Kft., Budapest, elérhető: http://janus.ttk.pte.hu/tamop/tananyagok/koop_tech_oj/iv__a_kooperativ_tanuls_alapelvei.html. Letöltve: 2020. 01. 18.
- KESZI ROLAND, KISS LÁSZLÓ, PÁL JUDIT, PAPP GERGŐ (2010). Autista gyermekek a magyar közoktatásban. Elérhető: http://epa.oszk.hu/02900/02943/00050/pdf/EPA02943_kapocs_2011_33_0-46.pdf, letöltve: 2019. 12. 10.
- KOVÁCS KRISZTINA (2013). Az óvodapedagógus feladata a sajátos nevelési igényű gyermekek nevelésében, „Mentor(h)áló 2.0 Program”, 2013, elérhető: http://www.jgypk.hu/mentorhalo/tananyag/Az_vodapedaggus_feladata_a_sajtos_nevelsi_igny_gyermekek_nevelsben/az_autizmus_spektrum_zavarral_l_gyermekek_csoportjai.html, letöltve: 2020.01.02
- KSH (2011) Központi Statisztikai Hivatal. 2011. évi népszámlálás: a fogyatékossgal élők helyzete és szociális ellátásuk. http://www.ksh.hu/nepszamlalas/tablak_fogyatekossgal_elok_helyzete
- LORD, C., ELSABBAGH, M., BAIRD, G., & VEENSTRA-VANDERWEELE, J. (2018). Autism spectrum disorder. *Lancet (London, England)*, 392 (10146), 508–520. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)31129-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31129-2)

- MANOLOVA H., ACHKLOVA, M. (2014). Diagnosis "Autism" – from Kanner and Asperger to DSM-5. *Journal of Intellectual Disability – Diagnosis and Treatment* 2(2), 112–118. DOI: <https://doi.org/10.6000/2292-2598.2014.02.02.4>.
- MASI, A., DEMAYO, M. M., GLOZIER, N., & GUASTELLA, A. J. (2017). An overview of autism spectrum disorder, heterogeneity and treatment options. *Neuroscience Bulletin*, 33(2), 183–193. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12264-017-0100-y>.
- MIKROCENZUS (2016). *A fogyatékos és az egészségi ok miatt korlátozott népesség jellemzői*. Janák Katalin Tokaji Károlyné (szerk). Budapest, 2018. https://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszaki/mikrocenzus2016/mikrocenzus_2016_8.pdf
- NEMZEI KÖZNEVELÉSI TÖRVÉNY (2011) 2011. évi CXCV. törvény. http://njt.hu/cgi_bin/njt_doc.cgi?docid=139880.329881
- ŐSZI TAMÁSNÉ (2006). Ajánlások az autizmussal élő gyermekek, tanulók kompetenciaalapú fejlesztéséhez, sulinova Közoktatás-fejlesztési és pedagógus-továbbképzési Kht., Budapest. elérhető: <http://www.kooperativ.hu/szockomp/ajanlasok/szocialis-02.pdf>, letöltve: 2020. 01. 20.
- PATRIQUIN, M. A., DERAMUS, T., LIBERO, L. E., LAIRD, A., KANA, R. K. (2016). Neuroanatomical and neurofunctional markers of social cognition in autism spectrum disorder. *Human Brain Mapping*, 37(11), 3957–3978. DOI: <https://doi.org/10.1002/hbm.23288>.
- QIU, A., ADLER, M., CROCKETT, D., MILLER, M. I., MOSTOFKY, S. H. (2010). Basal ganglia shapes predict social, communication, and motor dysfunctions in boys with autism spectrum disorder. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry*, 49(6), 539–51, 551.e1-4. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jaac.2010.02.012>.
- SOMOGYVÁRINÉ HIR GABRIELLA (2018). Autizmus spektrumzavar, Módszertani segédlet az iskolai integrációhoz, Pécsi Éltes EGYMI Utazó Gyógypedagógusi Hálózat 2018., elérhető: http://www.eltesm-pecs.sulinet.hu/dok/2019/modszertani_fuzetek/2_autizmus_AUTIZMUS_SPEKTRUMZAVAR.pdf, letöltve: 2020. 03. 27.
- SZABÓ-BALOGH VIRÁG (2016). Kognitív funkciók az autizmusban, PhD-értekezés, Szegedi Tudományegyetem, elérhető: http://doktori.bibl.u-szeged.hu/3905/1/Doktori%20ertekezes_Szabo_Balogh_Virag_2016.pdf, letöltve: 2019. 12. 10.
- TOBÁK ORSOLYA (2012). Gondozás és prevenció az autizmussal élő gyermekeket nevelő családok körében. PhD-értekezés, Pécsi Tudományegyetem 2012, elérhető: http://doktoriiskola.etk.pte.hu/public/upload/files/Doktoriiskola/Tezisfuzetek/Tobak_Orsolya_ertekezes.pdf, letöltve: 2019. 12. 05.
- VAKALIOSZ ATHÉNA (2018). Az autizmus spektrum zavarok definíciója, klinikai háttere, tünettana. Semmelweis Egyetem, elérhető: http://semmelweis.hu/anatomia/files/2018/09/Autizmus_ea_Vakaliosz-Athena.pdf.
- ZOGHBI, H. Y. (2003). Postnatal neurodevelopmental disorders: meeting at the synapse?. *Science (New York, N.Y.)*, 302(5646), 826–830. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1089071>

**„NEMZETKÖZI KUTATÁSI KÖRNYEZET KIALAKÍTÁSA
A FÉNYSZENNYEZÉS VIZSGÁLATÁNAK TERÜLETÉN”
(EFOP-3.6.2-16-2017-00014) PÁLYÁZAT KERETÉBEN
VÉGZETT KUTATÁSOK EREDMÉNYEI**

**RESEARCH STUDIES SUPPORTED BY THE EUROPEAN
UNION AND CO-FINANCED BY THE EUROPEAN
SOCIAL FUND (GRANT NO. EFOP-3.6.2- 16-2017-
00014; DEVELOPMENT OF INTERNATIONAL RESEARCH
ENVIRONMENT FOR LIGHT POLLUTION STUDIES)**

SZERKESZTŐK:

KOLLÁTH ZOLTÁN, MIKA JÁNOS, PÉNZESNÉ KÓNYA ERIKA

ZOLTÁN KOLLÁTH

FOREWORD

Eszterházy Károly Egyetem, Fizika Tanszék, Eger,
E-mail: zkollath@gmail.com

*“Two things fill the mind with ever new and increasing admiration and awe, the more often and longer the reflection occupies itself with it: the starry sky above me and the moral law within me.” Immanuel Kant
- Critique of Practical Reason*

There has been a tenfold increase in the number of scientific papers dealing with the harmful effects of artificial light at night (ALAN) during the last twenty years. Pubmed, the largest medical publication database returns above 150 papers per annum for the search phrase: ‘artificial light’. Similar trends are visible in the astronomical or ecological databases. Exposure to ALAN is associated with several disorders, including increased cancer incidence, metabolic disorders, and mood disorders. Light pollution is seriously affecting ecosystems. A recent paper states that we should treat artificial light like other forms of environmental pollution because its impact on the natural world has widened to the point of systemic disruption. Light pollution is a significant factor in the decline of insects, which strongly connects to reduced pollination. This is only one aspect of ALAN; we can continue the list of adverse effects on the environment caused by extensive lighting. The starry night sky’s pure spectacle has been inspirational to humanity, and this world cultural heritage should be protected.

Hungary has established a leading position in the development of dark sky parks and the research related to night sky quality measurement. Thus it was straightforward to extend the research project to different disciplines, which was helped by the cooperation of three universities and several national parks. Two major projects (GINOP 2.3.3 “Development of a measurement system based on digital cameras for international monitoring of light pollution and its biological effects” and EFOP 3.6.2 “Development of international research environment for light pollution studies”) have been helping the joint effort to save the night environment.

This volume provides a kaleidoscope of the traditional and newly established research topics connected to light pollution.

Előszó

A tudomány egyre több bizonyítékot talál a fényszennyezés környezetet és emberi egészséget érintő negatív hatásaira. Magyarország vezető szerepet vállalt a csillagoségbolt-parkok létrehozásában és az éjszakai égbolt minőségének mérésében. Az utóbbi években ezek a vizsgálatok egy szélesebb kutatási együttműködésben bontakoztak ki. A kötet ezekből a munkából kínál egy kaleidoszkópszerű összefoglalást.



Balaton highlands from Haláp hill at night. The Milky Way can still be seen easily, but several light beams spoil the sky. Many creatures are victims of light pollution.
Balaton felvidék a Haláp-hegyről éjszaka. A Tejút még szépen látszik, de számos fénypászma rontja az égbolt állapotát. Sok élőlény kárvallottja a fényszennyezésnek.

ZOLTÁN KOLLÁTH^{1,2}, DÉNES SZÁZ¹, KAI PONG TONG¹, KORNÉL KOLLÁTH^{3,1}

LIGHT POLLUTION SURVEY IN HUNGARIAN NATIONAL PARKS

¹Eötvös Loránd University (ELTE) BDKP, Department of Physics, Szombathely, Hungary, ²Eszterházy Károly University, Department of Physics, Eger, Hungary, ³Hungarian Meteorological Service, Budapest, Hungary

E-mail: zkollath@gmail.com

Abstract

We have started a light pollution survey in the Hungarian national parks. We use a mobile laboratory consisting of digital cameras and robotic panorama heads to gather high-resolution panorama imaging radiometry. The same type of cameras with fish-eye lenses are used in fix monitoring stations. Parallel to the imaging radiometry, we measure the spectral distribution of the sky radiation. The spectroradiometry provides additional calibration check on the measurements and further information on the sources of light. The mobile laboratory provides an excellent spatial resolution at a given national park while the monitoring all-sky camera stations add the possibility to detect temporal changes in night sky quality. We developed new SI traceable metrics for the measurement of night sky quality. The RGB colour channels of the camera provide an optimal way to obtain multispectral radiance information. The selected metric is the band-averaged spectral radiance. Besides, we use a colour enhancement technique to find traces of different sources of night sky radiance. In the near future, we expect a large amount of high-quality data from the Hungarian national parks, which provide an outstanding possibility in light pollution related and atmospheric research. In the paper, we present the first results of the sky quality survey.

Keywords: light pollution, sky radiance, spectroradiometry

KOLLÁTH ZOLTÁN^{1,2}, SZÁZ DÉNES¹, TONG KAI PONG¹, KOLLÁTH KORNÉL^{3,1}

FÉNYSZENNYEZÉS FELMÉRÉS A NEMZETI PARKOKBAN

¹Eötvös Loránd Egyetem (ELTE) BDKP, Fizikai Tanszék, Szombathely,

*²Eszterházy Károly Egyetem, Fizika Tanszék, Eger, ³Országos
Meteorológiai Szolgálat, Budapest*

Összefoglalás

Fényszennyezés-felmérést kezdtünk a magyarországi nemzeti parkokban. A vizsgálathoz digitális kamerákból és automata panorámafejekből álló hordozható laboratóriumot használunk, amellyel lehetőség van a nagy felbontású panorámaleképező radiometria végzésére. Ugyanilyen típusú kamerákat és halszemoptikákat állandó telepítésű mérőállomásokon is használunk. A leképező radiometriával párhuzamosan az égbolt fénylésének spektrális eloszlását is mérjük. A spektroradiometria járulékos kalibrációs információt szolgáltat a mérésekhez, ezen kívül segít a lehetséges források megkülönböztetésében is. A hordozható laboratórium megfelelő térbeli felbontást szolgáltat a nemzeti parkokban, míg az állandó teljeségbolt-mérőállomások biztosítják azt az időbeli felbontást, amellyel az égboltminőség változásait érzékelhetjük. Kidolgoztunk egy SI-egységekre visszavezethető metrikát az égboltminőség méréséhez, a kiválasztott metrika a sávátlagolt spektrális sugársűrűség. Ezen kívül egy színkiemeléses eljárást is alkalmazunk, amellyel az égbolt fénylésének különböző forrásainak a jeleit detektálhatjuk. A közeljövőben a magyarországi nemzeti parkokból nagy mennyiségű, jó minőségű adatra számíthatunk, ami kiváló lehetőséget ad a fényszennyezéssel kapcsolatos és légkörfizikai jellegű kutatókhoz. A jelen cikkben bemutatjuk az égboltminőség-felmérés első eredményeit.

Kulcsszavak: *fényszennyezés, égbolt radiancia, spektroradiometria*

Introduction

In the last decades, the increasing level of artificial light at night (ALAN) is mainly caused by increasing urbanization. There are ever fewer places where a clear starry sky can be enjoyed, without interfering artificial lights. Due to an increase in demand for lighting and the change in the lighting customs, light pollution affects ever-larger areas with growing intensity, reaching large distances. It damages astronomical observations and has significant environmental, ecological and human health issues. The skyglow, caused by urban lights that are partially scattered back toward the ground producing a diffuse glow, can be perceived from a distance of 100 km or even more (KYBA et al. 2012, 2015). Artificial light has various kinds of influence on the ecological system: animals can become disoriented and misled by additional illumination. They may be attracted to or repulsed by glare, which affects foraging, reproduction, communication, and other critical behaviours. It also changes the natural behavioural patterns that evolved in the presence or absence of natural night lighting (LONGCORE AND RICH 2004). Light pollution has adverse impacts on human health and the quality of life (AUBÉ et al. 2013).

The National Landscape Strategy of Hungary for the years 2017-2026 (NATIONAL LANDSCAPE STRATEGY) contains recommendations for the National assessment of light pollution through the determination of sky luminance/radiance distribution. Based on the requirements of the landscape strategy, we have started the night sky quality survey in the Hungarian national parks.

The recent development of commercial digital cameras provides a new opportunity to monitor the quality of the night sky and light pollution. We can calibrate cameras that can save images in a raw format to measure the radiance of the sky. We have been using this method routinely, see, e.g. KOLLÁTH 2010, KOLLÁTH et al. 2016, 2017, JECHOW et al. 2016, 2018. However, it has turned out that the use of only the green channel in the measurements has some drawbacks. The colour information provides additional possibilities to distinguish different phenomena. To overcome the problems we have encountered, we also introduced a new metric and unit (KOLLÁTH et al. 2020).

Here, we present our first results obtained in the Living Environmental Laboratory for Lighting (LELL) (see SZÁZ et al. 2020) with a new measurement system, consisting of a remotely controllable fixed digital camera with an all-sky fisheye lens, installed at a specific location for continuous light pollution survey. LELL is a modernized and reconstructed public lighting system, where the protection of the night sky and the environment were the primary goals. This system was first realized in the villages of Bárdudvarnok and Répáshuta, being parts of dark sky parks in Hungary. In these regions, the old CFL technology was changed to LED-based street lighting with a customized emission spectrum. Our motivation was twofold: i) change lighting according to the requirements of the International Dark-Sky Association (IDA) and ii) observe the environmental impacts of new LED technology. Later, we

will continue the sky quality surveys in the LELL and at other national parks in Hungary.

Material and methods

Equipment for light pollution measurements

The essential tool to perform the light pollution survey of national parks is a commercial digital camera. The measurements can be taken with various set-ups, such as a standalone digital camera with a 180° fisheye lens, a digital camera with a 24 mm lens and a robotic panorama head, a remotely controllable fixed digital camera with an all-sky fisheye lens, installed at a specific location for continuous measurements.

For our survey, we preferred using a robotic panorama head with a 24 mm lens on a full-frame camera. With this instrument, we got 28 separate photos with different pointing to cover the whole sky and some of the ground and environment with high resolution. Since the large aperture lenses and the sensitivity of the camera made it possible to use 6-10 seconds of exposure time, we could perform all the measurements in 10-15 minutes at a given location. It provided a high resolution together with high accuracy and efficiency (KOLLÁTH et al. 2020).

Besides the portable camera, a remotely controllable fixed camera was installed at the Zselic Observatory, in the area of Zselic Starry Sky Park being the first dark sky park in Hungary and Europe. The camera had an all-sky fish-eye lens and took photos daily every 10 minutes from sunset until sunrise. Similar cameras will be deployed at different locations.

Evaluation of the measurements

There are very different units used for the evaluation of sky luminance/radiance. Unfortunately, some of these metrics were not well defined, and most of them did not follow the requirements of SI traceability. To eliminate these problems, Kolláth et al. (2020) provided a recommendation for a new unit. The definition is based on spectroradiometry, and it can be directly applied for digital camera measurements. The new unit gives the spectral radiance of the sky in band-averaged metric; therefore, the values do not depend on the bandwidths of the spectral response of the given detector but represents the average spectral radiance. The unit of this metric is $\text{nW/m}^2/\text{sr}/\text{nm}$, and for simplicity, we introduce the dsu (dark sky unit) abbreviation for the unit. The radiance of the unpolluted natural sky is around 2 dsu, and in cloudy weather, it can decrease to 1 dsu.

We developed a unified workflow for the post-processing of the obtained images. The processing pipeline consists of several independent steps. We also used open-source or commercially available software to perform specific tasks, like the stitching of the individual images to whole sky panoramas. As a first step, we used our self-developed software, DiCaLum, to convert the raw images to calibrated 16 bit per channel colour images. DiCaLum uses the open-source package '*dcraw*' to read in the raw camera files and to save it in an unprocessed ppm image. The colour channels of the output image obtained from DiCaLum contain the calibrated band averaged radiances with 100 'dsu' representing the maximum digital number in the standard file. Optionally, in individual cases, other saturation values can be specified. These calibrated images contain all the necessary information, storing the data on a linear scale, for further processing and statistical analysis. After the above process, the images taken by the robotic panorama head and the full-frame camera with 24 mm lens, were stitched together to provide a whole sky image in spherical projection. The processing guarantees that the calibration and the scale of units are conserved.

The next processing step with DiCaLum provides the false colour representation of the band averaged radiances in all the three channels. After that, additional smoothing of the images may be necessary and statistical analysis is possible. Since DiCaLum is a GNU Octave library, all the processing and statistical packages can be used which are available in GNU Octave. We usually added another processing step to evaluate the mean band-averaged radiance at and around the zenith, to find the darkest and brightest locations. DiCaLum has no graphical output with a full summary of the image. Thus, we used additional software to create a measurement report in a more flexible format. The results of the statistical analysis were saved in a 'GNU sed' compatible script file. It had the advantage that LaTeX, a standard publication-quality document processing system could easily handle the file to make the final report of the measurements pipeline.

Results with Discussion

Here we present the preliminary results of our national park survey. We have to note that at some locations, the weather conditions were not favourable for precise measurements. Moreover, the natural background is variable due to the changes in the airglow level. Therefore the measurements represent the distribution of the sky radiance for a given night. The mobile measurements are crucial to show the differences between different locations inside a national park. The fixed all-sky cameras will provide additional information on the variability and the representative range on sky radiance.

#	Site	Latitude	Longitude	Date/Time (UT)
1	Zselic DSP, bright	46.2388	17.7634	2020.02.21 18:15
2	Zselic DSP, darkest	46.2697	17.6621	2018.04.19 02:20
3	Bükk DSP	48.0527	20.5119	2019.03.06 02:20
4	Balaton Upland NP	46.8541	17.3302	2020.05.26 23:50
5	Fertő-Hanság NP	47.6825	16.8433	2019.03.30 20:40

Table 1. Coordinates and dates of Measurements

Figures 1-5 display typical sky radiance distribution maps at different locations. Usually, the non-natural structure of these maps is determined by one or two local city/cities. The light domes of these settlements make the major degradation in night sky quality.

Figure 1 demonstrates the changes in natural sky brightness in the Zselic Starry Sky Park. The first measurement (Fig. 1A) was taken on an average night in the presence of zodiacal light (the bright light triangle at the right of the all-sky image) and with the Milky Way in the zenith. This condition significantly increases the radiance of the night sky. In contrast, the second image (Fig. 1B) was taken during the darkest clear night we experienced in the Zselic area. This time the Milky way did not extend to the zenith and the transparency of the atmosphere was excellent meaning less light scattering in the air. Although the radiance of the sky around the zenith was close to the natural level, the light dome of Kaposvár remained a strong degradation factor to sky quality.

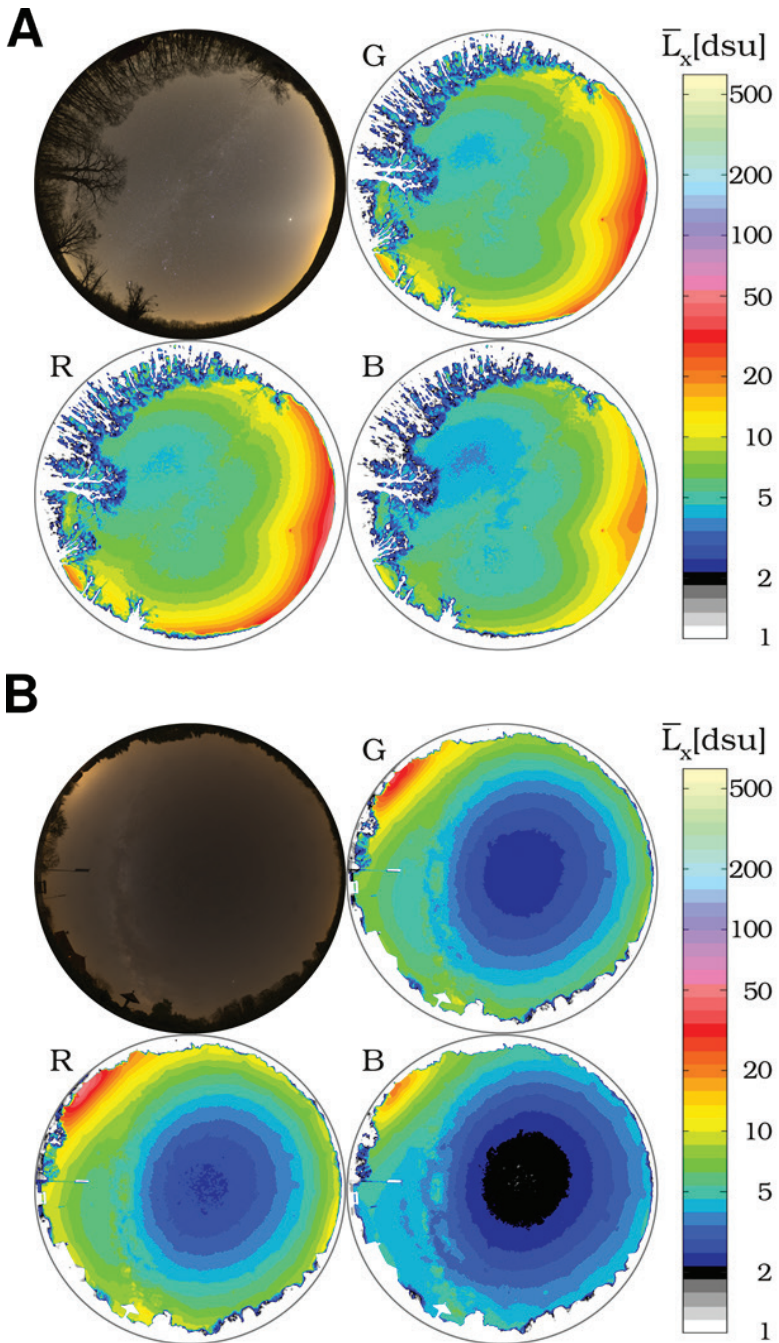


Figure 1. Natural night sky at two locations in The Zselic Starry Sky Park
 A and B) Real colour image of the natural night sky (top left) and the false colour radiance maps of the RGB channels.

The Bükk National Park (also The Bükk Starry Sky park) has very similar conditions to the sky quality in Zselic (Figure 2.). Like in Zselic, there is a sharp contrast between radiance at the zenith and at the horizon in the direction of the neighbouring cities. In this case, Miskolc presents a significant light dome.

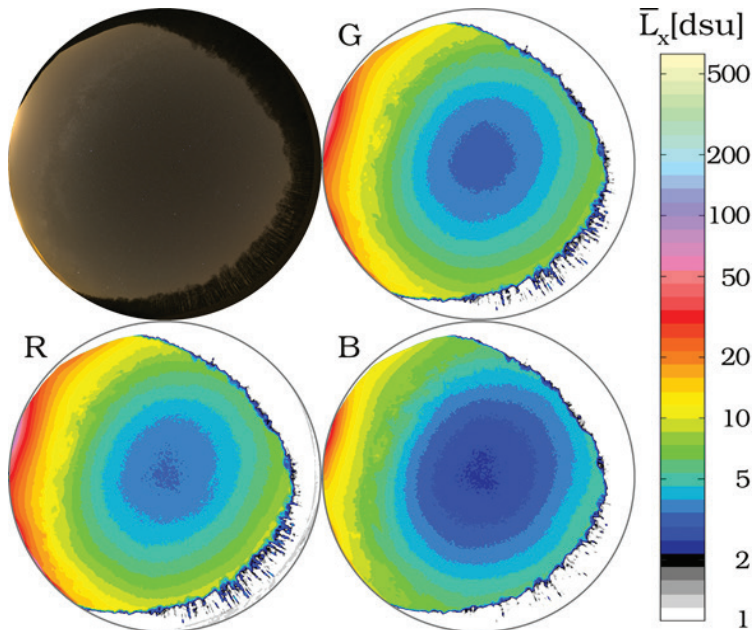


Figure 2 Real colour image of the natural night sky at a location in the Bükk Starry Sky Park (top left) and the false colour radiance maps of the RGB channels.

The last two measurements presented here (Fig. 3) were performed at more light-polluted places. In these cases, there are relatively bright light domes in various directions, and the scattered light from these sources adds to a higher zenith radiance as well. The presented figure from the Balaton Upland National Park represents the darkest place we visited there (Fig. 3A). The hills and the foliage of the neighbouring forest also provide some shielding from the direct view of the light domes. A significant local feature on the photo and the false-colour images is the light beam resulting from the lighting of a church tower. The measurements taken close to the Lake Neusiedl (Fertő tó) clearly show that all the lights up to vast distances sum to a significant extra radiance close to the horizon. Here the major sources are Vienna, Bratislava and Sopron (Fig. 3B).

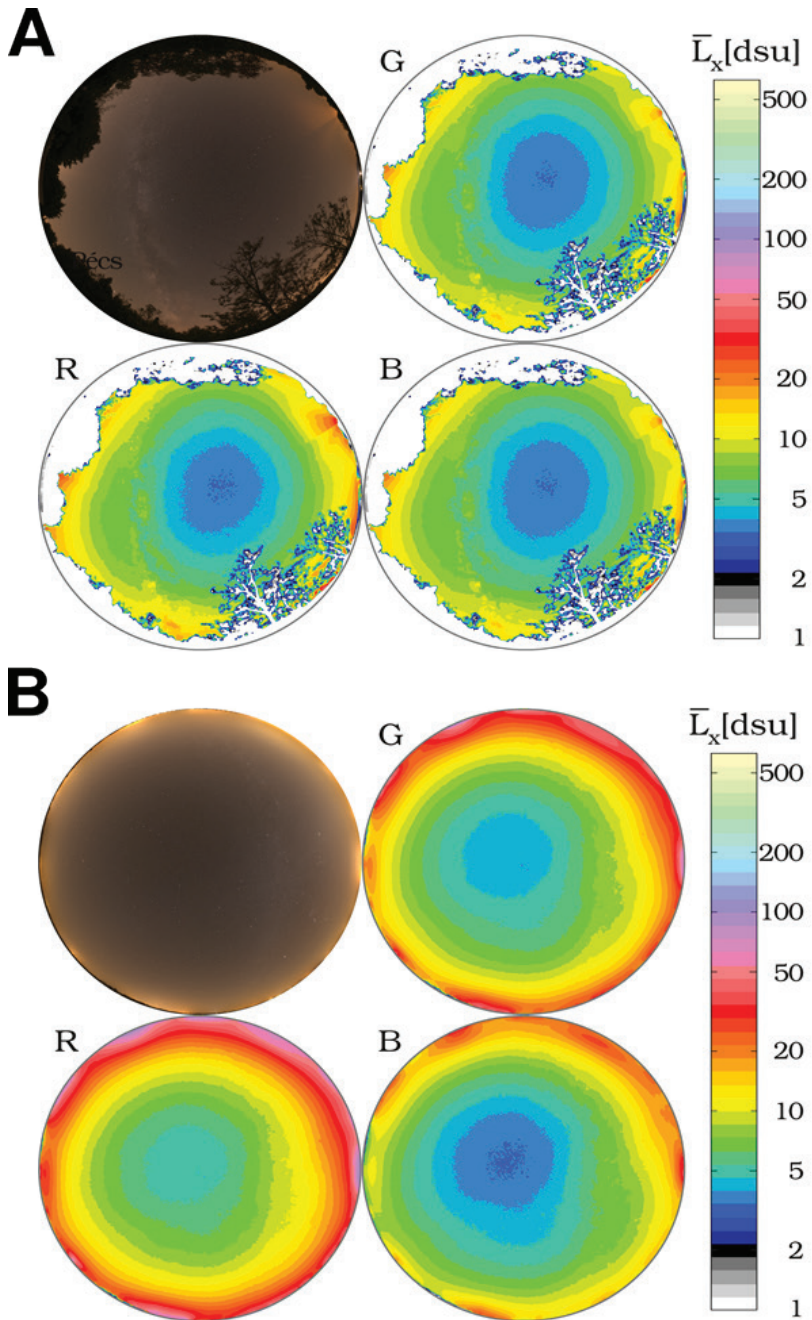


Figure 3 Natural night sky in two light polluted areas.

A) Real colour image of the natural night sky at a location in the Balaton Upland National Park (top left) and the false colour radiance maps of the RGB channels. B) Real colour image of the natural night sky at a location in the Fertő-Hanság National Park (top left) and the false colour radiance maps of the RGB channels.

We summarize the measurements in Table 2. The difference of the different conditions in the case of the Zselic measurements confirm that continuous measurements are needed to describe a given location correctly

#	Site	LG [dsu]	LB[dsu]
1	Zselic DSP, bright	5.3	4.7
2	Zselic DSP, darkest	2.3	2.0
3	Bükk DSP	3.3	2.6
4	Balaton Upland NP	3.6	3.2
5	Fertő-Hanság NP	4.3	3.5

Table 2. Representative zenith radiance values

The remotely controllable fixed all-sky cameras in the protected area provide essential information about the dynamics of the night sky. At the preparation of the manuscript, only the camera in the Zselic Starry Sky Park collected enough data to perform an analysis. Figure 4 shows a summary of the measurements. All the dots represent an all-sky photo. In the horizontal direction, the position represents the day of the measurement.

In contrast, in the vertical direction, from top to down, the individual measurements of the given night are shown. We present only images taken during the astronomical night and with no Moon on the sky. We used artificially enhanced colours, to show the deviation from the standard natural sky. It is not the real colour of the sky, but the colours indicate the direction of the shift from the natural sky. We refer to this processing as false colour enhancement (FCE).

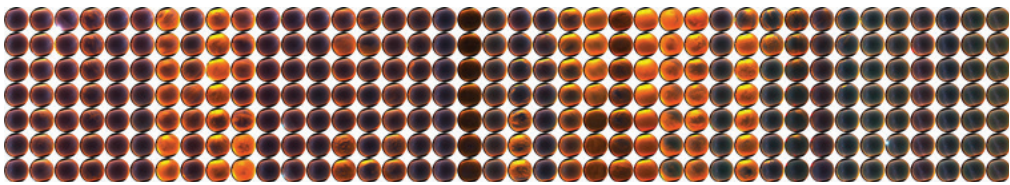


Figure 4. Fixed camera data from Zselic – False colour enhanced images from astronomical night with the Moon under the horizon. All nights with at least seven images between 01.04.2020-30.06.2020.

For a detailed analysis of the variation of sky radiance, we selected all the photos with natural moonless nights (solar elevation $< -18^\circ$, lunar elevation $< -1^\circ$). The band-averaged radiances of the sky around the zenith (inside a circle with a radius of 10 degrees) were calculated for all the 3 colour bands. Then, we defined the normalized dsu colour indices:

$$I_R = L_R / (L_R + L_G + L_B)$$

$$I_G = L_G / (L_R + L_G + L_B)$$

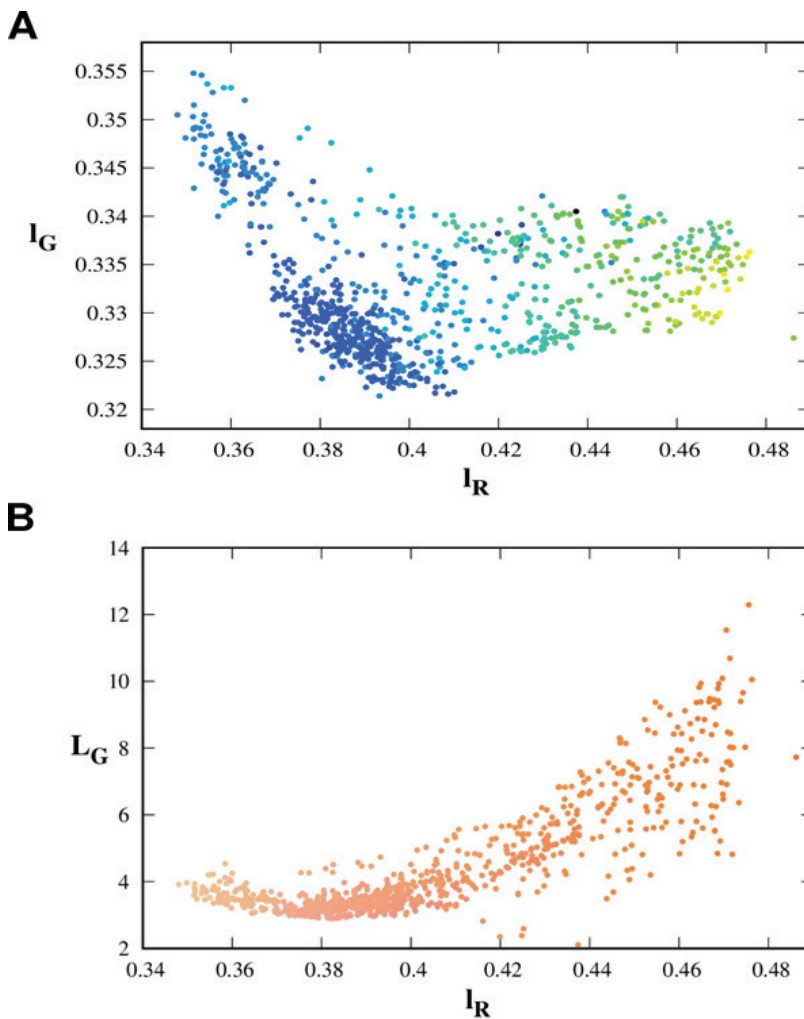


Figure 5. Colour-colour diagram of the all-sky camera data (measurements in Figure 4). A) The colour of the symbols given by the standard dsu colour scaler. B) The colour of the symbols represents the real colour of the light.

Figure 5A displays the correlation between the colour indices. The colours of the symbols are selected according to the G band-averaged spectral radiance (L_G) on the standard colour scale. There is a clear band of colour pairs representing the darkest data. The increase in sky brightness is the result of clouds or humidity accumulation above the area. The clouds reflect the light from the neighbouring settlements. The figure indicates that the reflected light is more

reddish, as the red colour index is increased. There are some extra dark dots on the redder section of the diagram, caused by a very thick cloud layer which blocks the light. The typical dark measurements (with blue symbols) provide a clear connection between the colours. This relation can be an essential input for the modelling and interpretation of the natural sky brightness variations.

The dependence of sky radiance on sky colour is another crucial relation which provides useful information. Figure 5B displays the green band-averaged radiance as a function of the red colour index. The colour of the dots represents the real colours of the sky. There is a definite lower boundary of data points in the left part of the figure. The minimum of this boundary occurs at $I_R=0.38$. The minimum band averaged radiance at this part ($L_G=2.7\text{dsu}$) represents the best night at the location. A possible interpretation of the diagram: Moving to the left from the minimum point, the green airglow increases, thus a radiance also increases. At the redder part, the increased level of clouds makes the colour redder and also makes the sky brighter.

Conclusion

In this paper, we demonstrated that multicolour imaging radiometry provides an essential tool for the qualification of night sky quality and light pollution.

Mobile measurements provide a sufficient spatial resolution in a given national park or protected area, however continuous monitoring with stationary all-sky cameras is essential to obtain the variations and the dynamics of skyglow.

The colour-colour and colour-radiance diagrams provide a new and essential diagnostic tool for understanding the mechanism of light propagation and the origin of natural changes in sky brightness. These diagrams, besides, provide the fingerprints of a given national park or dark sky place.

The survey continues in the Hungarian nature protected network, and the results will be published in a forthcoming paper.

Acknowledgement

The project is supported by the European Union and co-financed by the European Social Fund (Grant no. EFOP-3.6.2- 16-2017-00014; Development of international research environment for light pollution studies).

References

- AUBÉ, M., ROBY, J., KOCIFAJ, M. (2013). Evaluating potential spectral impacts of various artificial lights on melatonin suppression, photosynthesis, and star visibility. *PLoS One*, 8(7). DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0067798>
- JECHOW, A., HÖLKER, F., KOLLÁTH, Z., GESSNER, M. O., KYBA, C. C. M. (2016). Evaluating the summer night sky brightness at a research field site on Lake Stechlin in northeastern Germany. *Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer*, 181, 24–32. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jqsrt.2016.02.005>
- JECHOW, A., RIBAS, S. J., DOMINGO, R. C., HÖLKER, F., KOLLÁTH, Z., KYBA, C. C. M. (2018). Tracking the dynamics of skyglow with differential photometry using a digital camera with fisheye lens. *Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer*, 209, 212–223. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jqsrt.2018.01.032>
- KOLLÁTH, Z. (2010). Measuring and modelling light pollution at the Zselic Starry Sky Park. *Journal of Physics. Conference Series*, 218(1), 012001. DOI: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/218/1/012001>
- KOLLÁTH, Z., COOL, A., JECHOW, A., KOLLÁTH, K., SZÁZ, D., TONG, K. P. (2020). Introducing the Dark Sky Unit for multi-spectral measurement of the night sky quality with commercial digital cameras. *Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer*, 253, 107162. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jqsrt.2020.107162>
- KOLLÁTH, Z., DÖMÉNY, A. (2017). Night sky quality monitoring in existing and planned dark sky parks by digital cameras. *International Journal of Sustainable Lighting*, 19(1), 61–68. DOI: <https://doi.org/10.26607/ijsl.v19i1.70>
- KOLLÁTH, Z., DÖMÉNY, A., KOLLÁTH, K., NAGY, B. (2016). Qualifying lighting remodelling in a Hungarian city based on light pollution effects. *Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer*, 181, 46–51. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jqsrt.2016.02.025>
- KYBA, C., BOUROUSSIS, C., CANAL-DOMINGO, R., FALCHI, F., GIACOMELLI, A., HÄNEL, A., KOLLÁTH, Z., MASSETTI, L., S. RIBAS, H. S., TONG, K. P., WUCHTERL, G. (2015). *Report of the 2015 LoNNe Intercomparison Campaign*. http://www.cost-lonne.eu/wp-content/uploads/2015/04/2015_LoNNe_IC_Report.pdf
- KYBA, C. C. M., RUHTZ, T., FISCHER, J., HÖLKER, F. (2012). Red is the new black: how the colour of urban skyglow varies with cloud cover: Red is the new black. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 425(1), 701–708. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2966.2012.21559.x>
- LONGCORE, T., RICH, C. (2004). Ecological light pollution. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2(4), 191–198. DOI: [https://doi.org/10.1890/1540-9295\(2004\)002\[0191:ELP\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1540-9295(2004)002[0191:ELP]2.0.CO;2)
- National Landsape Strategy: https://www.kormany.hu/download/f/8f/11000/Hungarian%20National%20Landscape%20Strategy_2017-2026_webre.pdf

**ANDREA POZSGAI, ALEXANDRA PUSZTAI-EREDICS, GÁBOR BARANYAI,
TIBOR LENNER**

THE CONNECTION BETWEEN PUBLIC LIGHTING MODERNISATION AND LIGHT POLLUTION: THE DUNAÚJVÁROS PATTERN

*Eötvös Loránd University (ELTE) BDKP, Department of Geography,
Szombathely, Hungary*

E-mail: pozsgai.andrea@sek.elte.hu

Abstract

Proper street lighting has psychological, ecological and economic functions. Not only does it provide safety in settlements at night, but it also makes streets friendlier. Inadequate quantity and quality of street luminaries can cause troubles in the ecosystems of settlements. Public lighting management is the responsibility of local governments, and therefore it matters how much the operation and maintenance burden the budget. The modernisation of the obsolete street lighting system and the installation of a reliable and energy-saving (cost-effective in the long run) system is taking place in more and more places. Large cities (domestic cities with county rights) deserve special attention due to the concentration of the population, functions and through them the concentration of environmental impacts.

Keywords: *light pollution, public lighting,*

**POZSGAI ANDREA, PUSZTAI EREDICS ALEXANDRA, BARANYAI GÁBOR,
LENNER TIBOR**

A KÖZVILÁGÍTÁS-KORSZERŰSÍTÉS ÉS A FÉNYSZENNYEZÉS KAPCSOLATA DUNAÚJVÁROS PÉLDÁJÁN

*Eötvös Loránd Tudományegyetem (ELTE) BDKP, Földrajzi Tanszék,
Szombathely*

Összefoglalás

A megfelelő közvilágításnak élettani, ökológiai és gazdasági funkciói is vannak. Nemcsak biztonságot nyújt a településen éjszaka, de barátságosabbá, otthonosabbá is teszi az utcákat. A nem megfelelő mennyiségű és minőségű utcai lámpatest működése során zavaró tényezőként jelentkezhet a fényszennyezés a településekhez köthető ökológiai rendszerekben. A közvilágítás fenntartása az önkormányzatok részéről kötelezően ellátandó feladat, ezért nem mindegy, hogy az üzemeltetés és a karbantartás mennyivel terheli meg a költségvetést. Az elavult közvilágítási rendszer modernizálása, egy megbízhatóan működő, energiatakarékos (hosszú távon költséghatékony) rendszer kiépítése egyre több helyen lezajlik (lezajlott). A nagyvárosok (hazai viszonylatban a megyei jogú városok) a népesség, a funkciók és ezeken keresztül a környezeti hatások koncentrációja miatt is kiemelt figyelmet érdemelnek. A tanulmányban egy magyarországi iparváros (Dunaújváros) közvilágítás-korszerűsítés előtti és utáni állapotát vizsgáltuk meg. Az elemzésbe bevont város éjszakai fénykibocsátását a Radiance light trends webes alkalmazás segítségével elemeztük, ezt követően statisztikai kiértékelést végeztünk.

Kulcsszavak: *fényszennyezés, közvilágítás*

Material and methods

The night light emission of the city included in this study was analysed using the web application 'Radiance light trends' (<https://lighttrends.lightpollutionmap.info/>). The information available on the platform come from two satellite sensors. Between 1992 and 2013 the data were transmitted by the Operational Linescan System of Defense Meteorological Satellite Program (DMSP) satellites, and since 2012 they have been provided by the Earth Observation Group, NOAA National Geophysical Data Centre System relying on the records of the Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS DNB) instrument. Both instruments scanned the entire Earth (at night), but the DMSP moved typically from above at about 8.30 p.m., while the VIIRS DNB much later, at around 1.30 a.m. The observation of night lights was not the primary goal of the DMSP, so the data records between 1992- 2013 had several deficiencies. The instrument was not calibrated, and for this reason the results were displayed as 'digital numbers'. The spatial resolution of the satellite was several kilometres, and it was actually larger than the pixels displayed by the application. In city centres, satellite data are often 'saturated' (too bright for measurement). The VIIRS DNB is the first satellite to be deliberately designed to represent 'human lights' worldwide, making it a significant advance over the DMSP. The satellite resolution is approximately 750 metres (or 0.5 square kilometres). These data are projected onto a grid, so in some places (especially at large latitudes) the pixels appear in finer detail than what the satellite can virtually see. The instrument measures light in the spectrum range of about 500-900 nm. This is not the same as human vision, which operates at 380-780 nm. Satellite data are therefore less sensitive to white light than the human eye, and they are sensitive on the infrared wavelength that the human eye is not able to see. It explains that when settlements/territorial units change from orange, high-pressure sodium lamps into white LEDs, satellites often indicate a decrease in brightness even when one perceives white LEDs brighter. The information provided by VIIRS DNB's gives the opportunity for a detailed, quantitative assessment of the changes in the distribution and intensity of artificial light. Night light data can report a lot of interesting aspects, but it is important to keep in mind what they exactly mean. Nor should it be forgotten that many factors can distort the data like snow covers, water surfaces, vegetation depending on species and density, and fires which can cause temporary strong light emissions. Patterns of change in night lighting are becoming increasingly complex, especially in industrially developed areas and in lands with different natural geographical conditions. Emissions observed in a given area vary from month to month for several reasons. To some extent and in the long run it can be attributed to the actual changes of built-in lighting, however, in a shorter period of time several other reasons can affect the value of radiation.

Results

Brief introduction of the sample area

Dunaújváros, a 'made city', was created as a result of a political decision and was developed from a central political will into a medium-sized city with county rights. All this fundamentally influenced and determined the construction of the city, its image, structure, and morphology in general. The city differs greatly from Hungarian mid-sized towns and cities in terms of both construction and structure, - one might say - it is much simpler or scantier. Considering that it was designed on the socialist model, the construction of Dunaújváros is different from cities with county rights in three aspects. They appear in horizontal closure, vertical setup, and the number and ratio of development types. First of all, horizontal closure is very little in Dunaújváros, in fact, only multi-level enclosed development typifies the downtown parts built in the 1950's. In contrast, the vertical setup of development is outstanding, i.e. the proportion of multi-storey residential buildings is high. Data of the census of 2011 show that 30,1% of residential buildings are blocks of flats in the city, mainly with three or four storeys. It is the highest ratio among Hungarian cities with county rights, even higher than in Budapest. The third characteristic of construction is that only six of the development types of Hungarian cities can be found in Dunaújváros (CSAPO, 2004). There is no 'fork-like' multi-storey condominium construction, while the rustic 'comb-shaped' arrangement is represented only by three old cottages in the centre of the former village of Dunapentele. In addition, of the six types that occur, multi-storey blocks and family houses are absolutely common, with a combined proportion of about 80%. In this respect, it totally resembles Tatabánya, a city with a similar past (CSAPÓ and LENNER, 2013). In Dunaújváros, one of the ruling types is multi-storey block construction. In fact, with the exception of the former settlement, Dunapentele, the other parts of the city can be characterised by this way of development. In terms of area coverage, however, family house construction is the most significant. It occurs almost only in the Dunapentele district, where it is dominant.

The most important parameters of the program completed in 2015

In Dunaújváros, before the multi-stage modernisation there was a public lighting system made up of sodium lamps. Regarding our study, it is interesting that in the districts affected by the modernisation of 2015, 4395 luminaries were operated, of which 1800 were replaced. The expected built-in performance and accordingly the cost savings after the project were around 35%. The result divided the public, with many saying visibility actually deteriorated. The work was carried out on 88 of the city's 332 streets, but there were significant differ-

ences between parts of the city. It can be presumed that the designers intended to replace as many luminaries as possible in the densely populated, multi-storey, block-built up areas (Barátság-, Dunasor-, Belváros-, Dózsa-, Technikum-, Béke-, Róma Districts. In practice, this meant that in the largest zone built-in with family houses (e.g. Újtelep), they only renewed the public lighting of the busiest routes.

If we examine the extent of light pollution in the whole administrative area of the settlement, 52,67 km² in extent (KSH GAZETTEER, 2019), we cannot see any variation from 2012 to the present day (Figure 1). For the figure we examined the mean radiance in the rectangle with the extreme coordinates: 18.894°, 46.915° and 18.964°, 46.981°. The horizontal lines represent the mean value before and after the remodelling. There is no significant change in the mean value.

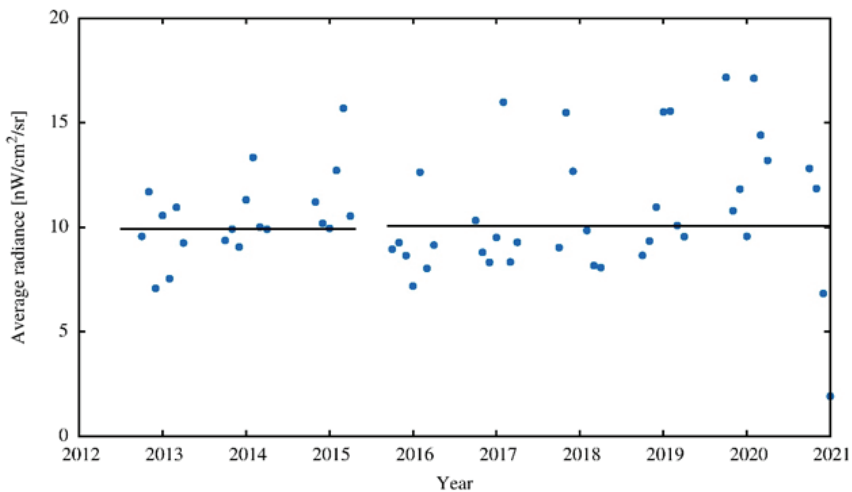


Figure 1: Average radiation measured in Dunaújváros from April 2012 to December 2020 on a monthly basis. (source: own editing based on NOAA National Geophysical Database Centre)

We can see the positive effect of lighting modernisation implemented in 2015 in Figure 3. Concentrating on the densely populated parts of the city (Fig. 2B), which occupies about 13 km², a decreasing trend can be observed in the average monthly radiation rate. Based on the completed Student test, the difference between the average monthly radiation before and after 2015 is significant.

It is likely that the industrial establishments in the southern part of the city (red areas in Figure 2) are significant light emission sources, which cause a slight increase in the monthly radiation of the whole area of Dunaújváros year by year (Figure 1).

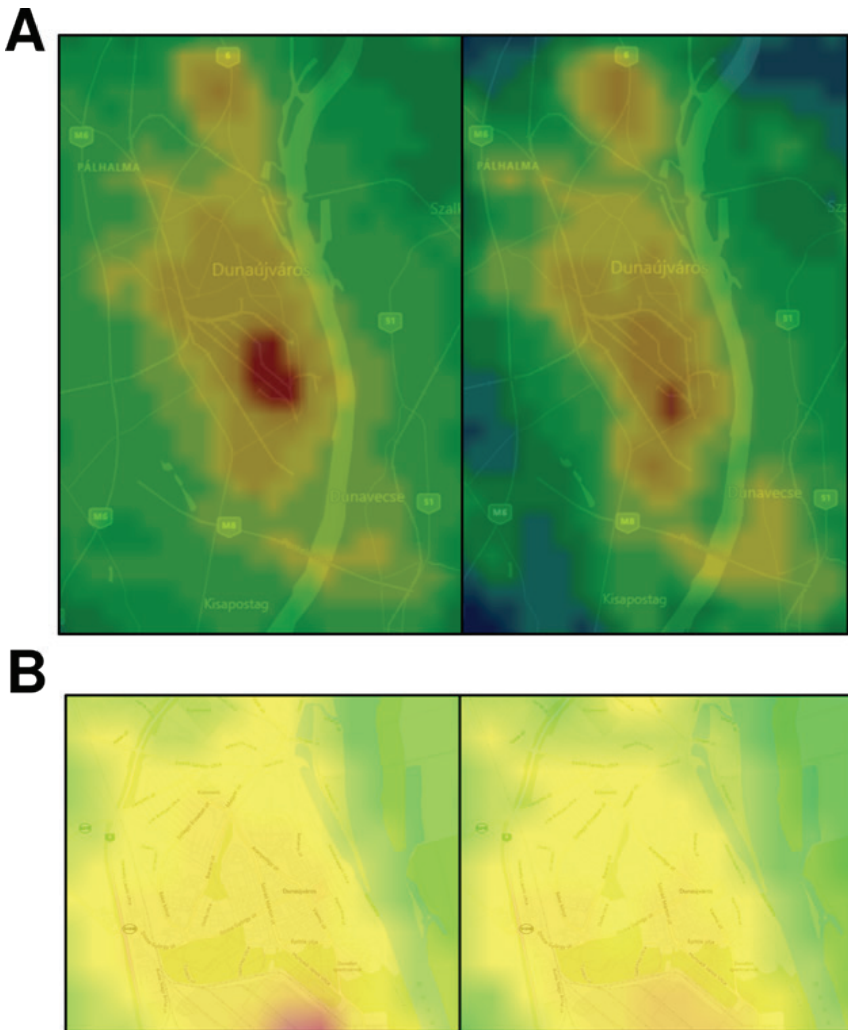


Figure 2: Light emission maps of Dunaújváros

A) Whole area. Left side: September 2014, right side: September 2016. (source: NOAA National Geophysical Database Centre). B) Densely populated parts of Dunaújváros. Left side: September 2014, right side: September 2016. (source: NOAA National Geophysical Database Centre)

Figure 3 displays the variation of the mean radiance in the rectangular area with the corner coordinates of: 18.911° , 46.956° and 18.948° , 46.969° . The mean values represented by the horizontal lines differ significantly. Thus the positive effect of the replacement of luminaries in the settlement is demonstrated.

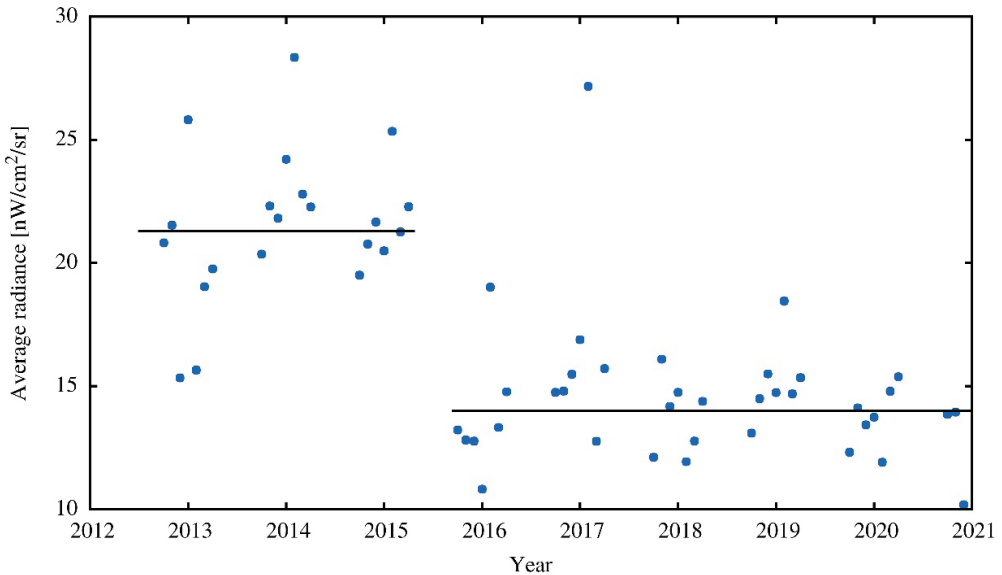


Figure 3: Average monthly radiation in the densely populated region of Dunaújváros from April 2012 to December 2020. (source: own editing based on NOAA National Geophysical Database Centre)

Acknowledgement

The project is supported by the European Union and co-financed by the European Social Fund (Grant no. EFOP-3.6.2- 16-2017-00014; Development of international research environment for light pollution studies).

References:

- CSAPÓ, T. (2004). Néhány gondolat a hazai városok beépítéséről. [Thoughts on the building-up of Hungarian towns and cities]. *Területi Statisztika. [Regional Statistics]*, 7(4), 332–351. Budapest
- CSAPÓ T. – LENNER T. (2013). Tatabánya településföldrajza. [Settlement geography of Tatabánya]. *FRISNYÁK S. – GÁL A. (szerk.). Kárpát-medence: természet, társadalom, gazdaság. [FRISNYÁK S. – GÁL A. (ed.). Carpathian Basin: nature, society, economy.]*, István Bocskai Grammar School of Szerencs and the Institute of Tourism and Geography, Nyíregyháza College, 289–303. Nyíregyháza-Szerencs
- CSAPÓ T. – LENNER T. (2015). Dunaújváros településföldrajza. [Settlement geography of Dunaújváros]. Tésits R. – Alpek B. L. (szerk.) *A mi geográfiánk: Tóth József emlékezete. [TÉSITS R.- ALPEK B.L. (ed.). Our geography: In memory of József Tóth.]*, Publikon Publisher, 527–537. Pécs

KSH GAZETTEER (KSH HELYSÉGNÉVTÁR): <https://www.ksh.hu/apps/hntr.main> [Date accessed 01/06/2020]

MODERNISATION OF PUBLIC LIGHTING IN DUNAÚJVÁROS (Közvilágítás korszerűsítése Dunaújvárosban): <https://kozvilagitas.dunaujvaros.hu/> [Date accessed 29/05/2020]

RADIANCE LIGHT TRENDS: <https://lighttrends.lightpollutionmap.info/> [Date accessed 01/06/2020]

KAI PONG TONG^{1,2}, ZOLTÁN KOLLÁTH^{1,3}

FUTURE LONG-TERM NIGHT SKY MONITORING PROJECTS SHALL USE MULTISPECTRAL IMAGING SENSORS WHEN POSSIBLE

¹Eötvös Loránd University (ELTE) BDKP, Department of Physics,
Szombathely, Hungary, ²Institute of Construction and Architecture,
Slovak Academy of Sciences, Bratislava, Slovak Republic, ³Eszterházy
Károly University, Department of Physics, Eger, Hungary

E-mail: tong.kai.pong@sek.elte.hu

Abstract

Interest in investigation of the impact of light pollution on ecology leads to a surge of observations and measurements. This article presents the measurement of the night sky radiance in over a period of 4.5 years in the city of Bremen, Germany from two sites situated in suburban and rural areas. It was found that both sites show a decreasing trend in sky radiance. However, since no multispectral images were taken, the exact cause of the decrease cannot be determined. It is therefore recommended that future night sky measurements should be based on multispectral imaging, for example by commercial digital cameras.

Keywords: *Sky Quality Meter, light pollution, night sky radiance*

TONG KAI PONG^{1,2}, ZOLTÁN KOLLÁTH ZOLTÁN^{1,3}

AZ KÖVETKEZŐ ÉJSZAKAI ÉGBOLT FELMÉRÉSEK ALKALMÁVAL MULTISPEKTRÁLIS KÉPI MÉRÉSEKET KELL HASZNÁLNI

¹Eötvös Loránd Egyetem (ELTE) BDKP, Fizikai Tanszék, Szombathely,
³Szlovák Tudományos Akadémia Építési és Építészeti Intézete, Pozsony,
Szlovák Köztársaság, ²Eszterházy Károly Egyetem Fizika Tanszék, Eger

Összefoglalás

A fényszennyezés ökológiai hatásának vizsgálata iránti érdeklődés megfigyelések és mérések sokaságát indította el. Ebben a cikkben egy Bremenben (Németország) elvégzett 4,5 éves égboltradiancia-méréssorozat eredményeit közöljük. A mérések két helyszínen, egy külvárosi és egy vidéki területen történtek. Mindkét helyen csökkenő tendenciát találtunk az égbolt fényességében. Azonban nem történtek multispektrális mérések, a csökkenés pontos oka nem határozható meg. Ezért javasoljuk, hogy a jövőben tervezett fényszennyezés-felmérések esetében történjen multikulturális leképező radiometria, pl. digitális kamerák segítségével.

Kulcsszavak: égboltminőség-mérő, fényszennyezés, éjszakai égbolt radianciája

Introduction

To assess the impact of technological and behavioral change in lighting and use of artificial light, it is necessary to monitor the night sky over a long period. This can be either achieved by satellite-based (e.g. with VIIRS-DNB sensors onboard the Suomi NPP and JPSS series of satellites) or ground-based measurements. The gradual change of lighting technology from HPS and compact florescent lighting to solid-state lighting, for example LEDs, provides an opportunity to identify the impact on skyglow by means of long-term measurements. However, most of the ground-based long-term measurements in the past were carried out on panchromatic sensor, most of which incapable of making spatially resolved measurements, for example using the inexpensive Sky Quality Meter (SQM) which is a popular panchromatic photodiode radiometer.

This article presents the results of a long-term measurement in Bremen, Germany using two SQMs previously shown in a dissertation (Tong (2016)), and demonstrates the reasons a panchromatic device without imaging capability hampers the ability to pinpoint the sources of both short-term and long-term changes.

Material and methods

Description of measurement sites

The city of Bremen, situated in Northern Germany surrounded by the federal state of Lower Saxony, is the tenth largest city in terms of population and the fifth largest in terms of area. Built along the Weser River, Bremen is a typical European medium-sized city, with land uses ranging from heavy industries and logistics, to parks and natural reserves. Topographically Bremen is a flat city with an elevation of 10.5 m above mean sea level at the marketplace of the city center, and a maximum natural elevation of 32.5 m, the lowest among all states within Germany (Herbert 2009) (Fig. 1).

The public lighting system of Bremen consists mainly of a mixture of fluorescent lights for low-power, small-area uses, and high-pressure-sodium (HPS) lights when high output power is necessary. Since ca. 2013, new installations of public lighting systems involve the use of white LEDs of different models with various color temperatures, which cannot yet be quantified due to lack of appropriate instruments, such as a calibrated spectroradiometer.

The weather station of the source of weather data (Bremen City Airport) is also indicated. Source: self constructed using data from OpenStreetMap via GeoFabrik downloaded on 28 May, 2020 and plot style by Luiz Andrade.

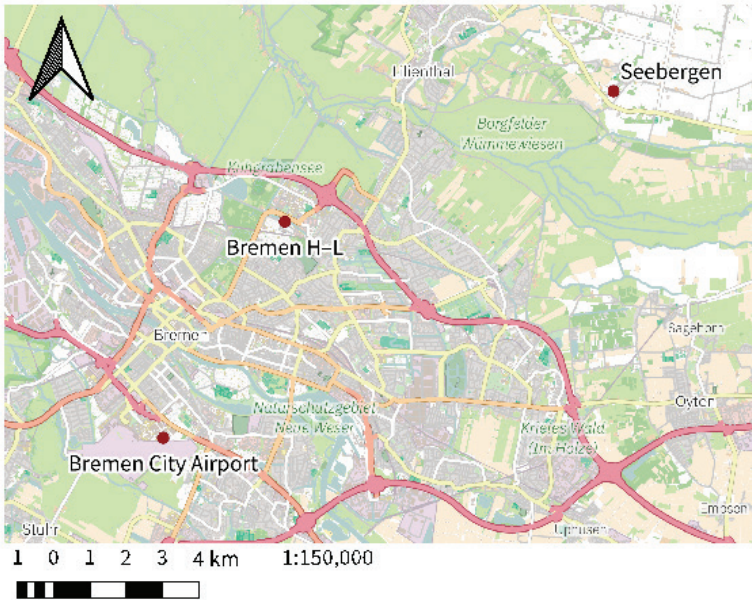


Figure 1. Locations of the suburban (Bremen H-L) and rural (Seebergen) measurement sites in Bremen.

	Bremen H-L	Seebergen
Latitude (°)	53.1038	53.1363
Longitude (°)	8.8498	8.9851
Elevation (m)	22	11

Table 1. List of Bremen night sky monitoring sites.

Two measurement sites were chosen for this study. The chosen suburban site is situated on the roof of the U-Building of the Faculty of Physics and Electronics of the University of Bremen in the district Horn-Lehe (hereafter Bremen H-L using the site naming scheme in Kyba et al. (2015)). There are some exterior lightings used at the Universum Bremen (a science museum) and at the drop tower approximately 900 m away from the measurement site, however these light sources are not directed to the site and considering the sensitivity of the SQM close to the horizon, no effect is expected on the measured radiance. Moreover, no direct light sources are present at the site during night time. Another site in the village Seebergen in the municipality Lilienthal is a family house situated next to the northern boundary between Bremen and the federal state Lower-Saxony. The village is not close to other significant light sources, since it is at least more than 1 km away from the other villages, and the

roads connecting them are not illuminated. Compact florescent light luminaires are the dominant type of public lighting inside the village, apart from several HPS street lamps. There is a tree to the southwest of the SQM, which was growing over time. However it did not enter beyond 40° during the measurement period.

Instruments

The SQMs we used in this study is of the LE (lens ethernet) variant with plastic lens and ethernet adaptor, which is able to upload measurement data to a remote client. The plastic lens reduces the full-width-half-maximum (FWHM) field of view to 20°, and there is an infrared filter in front of the sensor. The details about the SQM-LE can be found in CINZANO (2007).

The spectral response of the SQM's combination of photodiode sensor and infrared filter is described to be approximately matching the photopic vision of the human eye, with a wavelength of peak sensitivity at 540 nm. The SQM reports the measured radiance in the unit of mag/arcsec², a logarithmic unit used in astronomy with the radiance value of the star Vega as the reference. It is defined as

$$L_m = -2.5 \log \frac{L}{L_0} \quad L_m = -2.5 \log \frac{L}{L_0}$$

where L , the radiance of the object, is in the unit of cd/m³ and L_0 is the Radiance of Vega. However, since the SQM has a different spectral response with most standard spectral response functions used in photometry and astrometry (CINZANO, 2007), we denote the radiance readout by the SQM as mag_{SQM}/arcsec².

The devices were placed inside waterproof housings with a glass window at the top, as the SQM was not waterproof. The glass window was sealed with, according to the manufacturer, by marine-grade silicone sealant. However, the sealant usually failed after several years, possibly due to the difference in expansion coefficient between the glass window and the housing body, which is made of PVC, under outdoor thermal stress. In this case sealant was reapplied and tested before reinstalling to the measurement sites. Also, the attenuation of the housing window was checked once per year or after resealing, and was found to be within 5% from the specifications of the manufacturer. Constant glass window attenuation values in mag_{SQM}/arcsec² are used for the whole dataset.

The SQM-LEs were installed at the location Bremen-HL in December, 2011 and at Seebergen in February, 2012, respectively. Both were set to continuously measure at an interval of once per minute, except when there were technical problems (e.g. power outage, water ingress due to housing window sealing failure or network interruption).

The cloud coverage condition was determined by the weather data from the weather station of the Bremen City Airport (WMO index number 10224, coordinates 53.05°N, 8.80°E), situated approximately 7.4 km from Bremen H-L and 16.1 km from Seebergen. A meteorologist from the German Weather Services (DWD) observes the sky condition once every hour. Gaps of observations sometimes occurred at 21:00 and 2:00 UTC.

Data processing and analysis

The acquired data was first screened by the maintenance log for undesired factors which may affect the readings, for example bird droppings on the housing window or water ingress into the housing, or events like ray of skybeamer entering the field of view. The acquired data from mid-2016 to mid-2017 were not used because of extended downtime at Seebergen during winter 2016–17.

The processing chain, performed mainly using the NumPy library for Python, follows in general the procedure described in KYBA et al. (2015), and is outlined as follows. To remove the influence of the other stable natural light sources, we do not use data points when the solar elevation angle was higher than -18° which is the definition of astronomical twilight, or when the moon was above the horizon. While the acquisition rate of data was set to once per minute, the dataset was rebinned and mean value per minute was calculated, to prevent the rare cases of multiple reading within a minute, which can be caused by network response latency. The center of each one-minute bin was at the 30th second.

The resulting subset of data were used to generate a set of visualizations. First, the overall distribution of radiance with respect to the time of the day was calculated for each site and used to produce a contour plot in terms of relative frequency, which was done by using a kernel density estimator. Second, for each 30-minute period, a time series of nightly median sky radiance was produced for clear and overcast sky using the weather data with extra constraint in variation of individual measurements. The maximum standard deviation for each daily sky radiance was set to $0.15 \text{ mag}_{\text{SQM}}/\text{arcsec}^2$ for clear sky and $0.19 \text{ mag}_{\text{SQM}}/\text{arcsec}^2$ for overcast sky. Linear fits in $\text{mag}_{\text{SQM}}/\text{arcsec}^2$ per annum, which is in effect a logarithmic fit, were then calculated for daily radiance values taken from September 2012 to June 2016. For convenience, the unit of the fit was converted into percent per annum.

Comparison with VIIRS-DNB monthly composite satellite data

The time series of the nearest respective pixels from the ground points of both sites taken by the Visible/Infrared Imaging Radiometer Suite Day/Night Band (VIIRS-DNB) on board the Suomi National Polar-orbiting Partnership (S-NPP)

satellite was downloaded for the monthly composites generated by the Earth Observation Group (EOG) with outliers and data points flagged by the cloud mask removed, using the webapp Light Pollution Map (LIGHTTRENDS). Only data from the end of 2012 (the starting period of available Version 1 monthly composite data) to the end of 2016 were selected to match the measurement period to the greatest extent as possible. The data from the nearest grid cells of the respective measurement sites were selected. The site Bremen H-L is enclosed by the area of the grid cell (53.104°N, 8.850°E), whereas the site Seebergen is not, and the neighboring grid cell in the southwest direction (53.133°N, 8.979°E) was instead selected. Logarithm of the radiance was used to produce a semi-logarithm fit to yield a rate of change in percent per annum.

Results

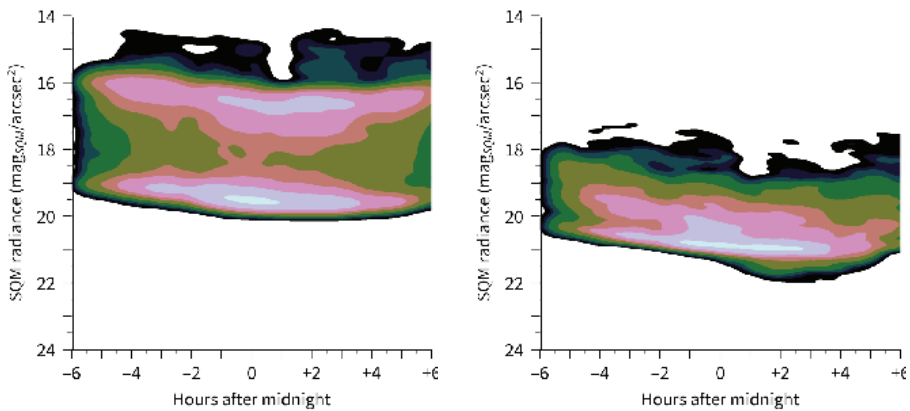


Figure 2. Contour plots for measurement sites Bremen-HL (left) and Seebergen (right).

Only measurements taken between December 2011 and June 2016 without astronomical twilight and moonlight were used to generate the composite data. Source: TONG (2016)

Figure 2 shows the distribution of the night sky radiance with respect to hours from local midnight as contour plot, which is normalized relative to the area of highest density in number of data points. The two sites show different sky radiance patterns. In Bremen H-L, a bimodal distribution can be seen throughout the whole night, which corresponds to clear nights for the peak of lower sky radiance, and cloudy to overcast nights for the higher sky radiance (Figure 3, left). In Seebergen, the two modes are only discernible during the early hours of the night, and then becomes unimodal after the midnight. Also noticeable is that the sky radiance of Seebergen is lower than that of Bremen H-L. For example, the median clear sky radiance at Bremen H-L is $19.53^{+0.18}_{-0.31}$ mag_{SQM}/arcsec², whereas that of Seebergen is $20.88^{+0.13}_{-0.15}$ mag_{SQM}/arcsec²,

a factor of 3.47. The brightening by backscattering of clouds are also different: the night sky was brighter by a factor of 2.17 at Seebergen and 14.45 at Bremen H-L.

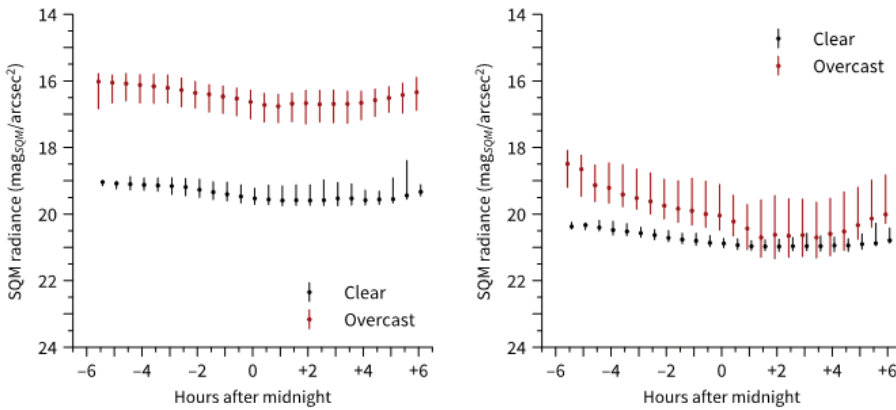


Figure 3. Contour plots for measurement sites Bremen-HL and Seebergen. Only measurements taken between December 2011 and June 2016 without astronomical twilight and moonlight, and with cloud coverage data from weather station are used to generate these plots. Error bars are values at $\pm 1\sigma$. Source: Tong (2016)

Figure 3 also shows a trend of decreasing sky brightness from early evening to late midnight, both for the sites Bremen H-L and Seebergen and for both clear and overcast sky. In Bremen H-L, the sky radiance dropped by approximately 40% and 50% for clear and overcast sky, respectively, from 18:30 to 1:00, whereas in Seebergen the decreases were 45% and 87% for respectively the clear and overcast sky during the same period of night. In Seebergen, the -1σ values for overcast nights were lower than that of the clear nights, which may indicate that in some cases, the presence of clouds *darkened* the sky at zenith, which is the opposite of the situation in suburban areas like Bremen H-L, although whether this happens may depend on other factors such as the droplet size distribution and cloud base height.

Figures 4 and 5 show how the sky radiances changed in long term with respect to different hours of the night, for both clear and overcast periods, and Figure 6 shows the rates of change per year with respect to hour of the night, as shown in Figures 4 and 5. For Bremen H-L, no significant changes except between 21:30 and 22:00 during clear night could be seen for the first half of the night.

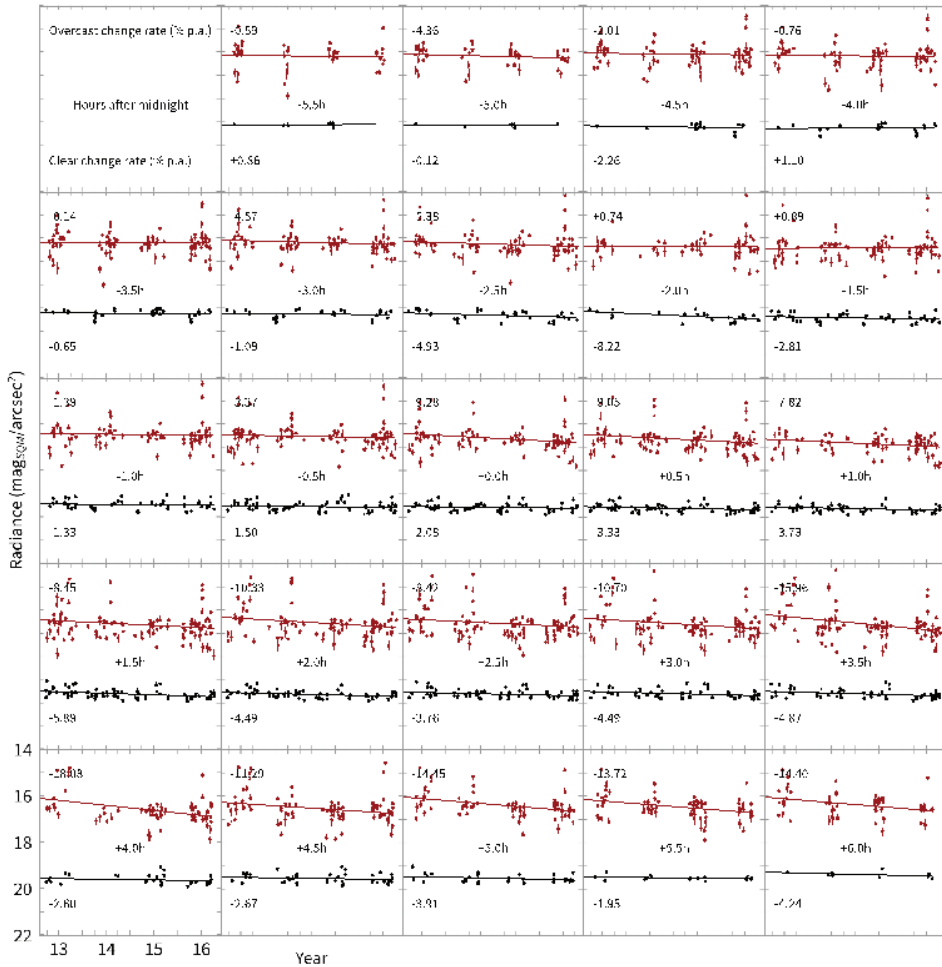


Figure 4. Trends of daily averaged sky radiance at Bremen H-L during clear (black) and overcast (red) periods for each 30-minute period of the night.

Only data from September 2012 to June 2016 with corresponding weather data from weather station were used for intercomparison purpose with Figure 6. Thresholds in daily variation are used as an extra measure for weather screening. The quantities and scaling of all subplots are identical for intercomparison. Logarithmic fits are displayed by straight lines, with annual rates of change in percent shown in each subplot. Source: Tong (2016)), with additional time range constrain.

At midnight and thereafter a decrease in sky radiance can be seen both during clear and overcast periods in Bremen H-L, with the rate of decrease of up to 5.9% per annum (at 1:30) during clear nights, and 18.1% per annum (at 4:00) during overcast nights. Seebergen does not show significant decrease during clear periods until 3:00, after which a rate of decrease up to 11.7% per annum (at 5:30) can be observed. However, a rapid decrease of up to 33.1% per annum (at 5:00) can be seen during overcast nights.

Figure 7 shows the monthly averaged sky radiances of both sites from September 2012 to June 2016, together with an exponential fit for each set of data. The data is filtered by the cloud screening algorithm of the EOG to reduce the chance of cloud contamination of dataset. It should be noted that the overflight time of the Suomi NPP is centered around 2:00 UTC (3:00 during CET, 4:00 during CEST) in western Europe, and with an orbital period of 101.8 minutes it means that the overflight time can be approximately 1 hour and 40 minutes earlier or later at maximum (TONG et al. 2020).

A trend of decrease in both sites were observed. The rate of decrease in Bremen H-L was lower (1.39%) than that of Seebergen (8.59%). However, these are associated with high uncertainty: the p-value for the Bremen H-L fit is 0.742, and that of Seebergen is 0.229.

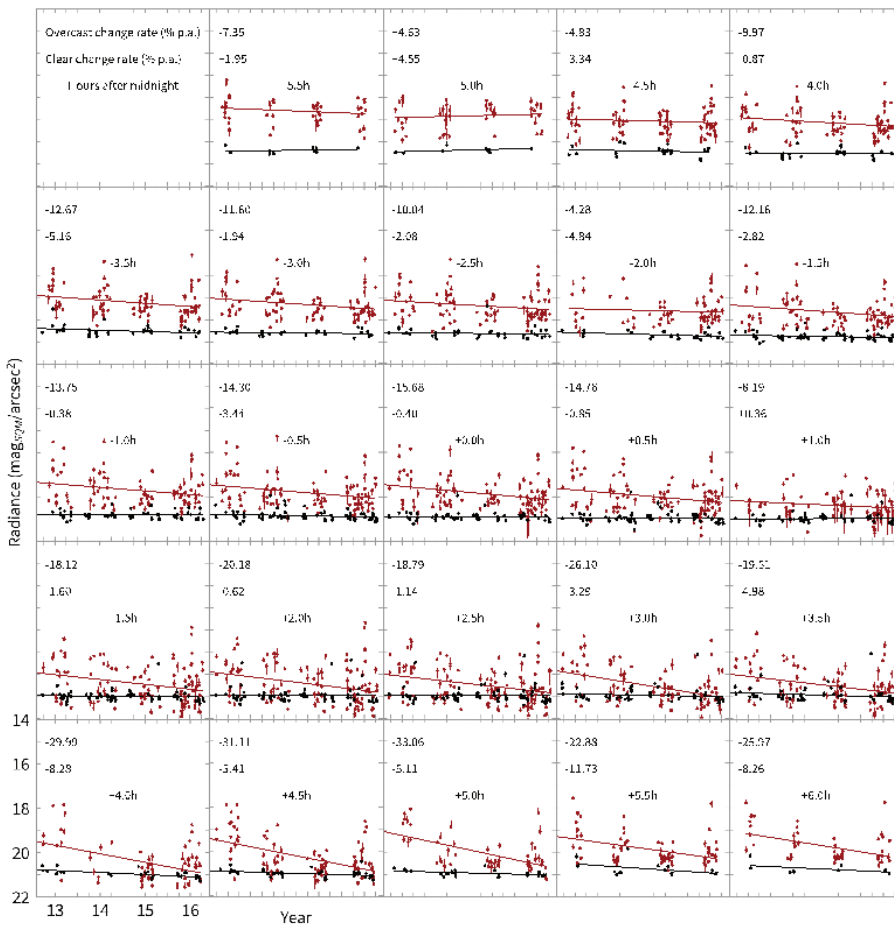


Figure 5. Trends of daily averaged sky radiance at Seebergen during clear (black) and overcast (red) periods for each 30-minute period of the night.

Only data from September 2012 to June 2016 with corresponding weather data from weather station were used for intercomparison purpose with Figure 6. Thresholds in

daily variation are used as an extra measure for weather screening. The quantities and scaling of all subplots are identical for intercomparison. Logarithmic fits are displayed by straight lines, with annual rates of change in percent shown in each subplot. Source: Tong (2016), with additional time range constrain.

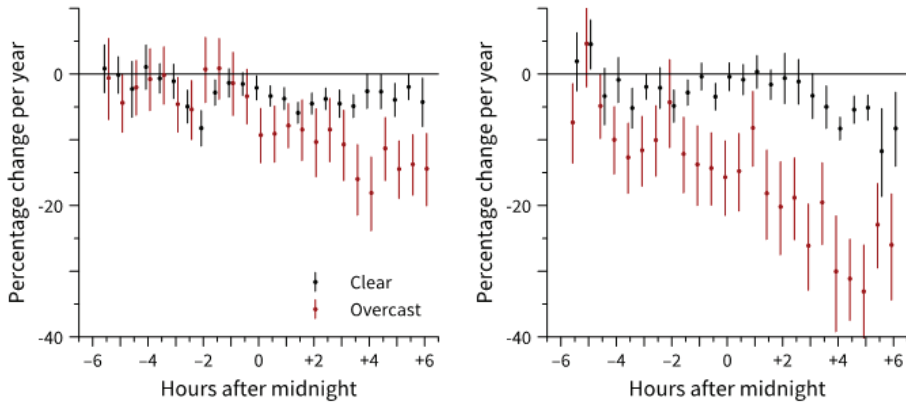


Figure 6. Rate of change per year of night sky radiance for clear (black) and overcast (red) nights for each 30-minute period at Bremen H-L (left) and Seebergen (right) using data from Figures 4 and 5.

Only data from September 2012 to June 2016 with corresponding weather data from weather station were used for intercomparison purpose with Figure 6. Thresholds in daily variation are used for additional weather screening. Source: Tong (2016), with additional time range constrain.

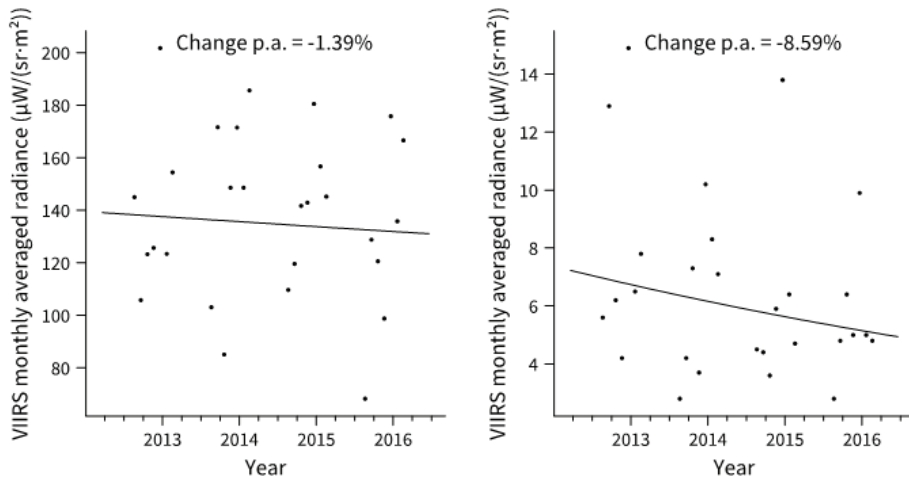


Figure 7. Monthly VIIRS–DNB composite radiance data for Bremen H-L (left) and Seebergen (right).

The grid cell enclosing Bremen H-L is selected, while the neighboring grid cell in the southwest direction of Seebergen is chosen instead, due to unavailability of data. Only data taken from September 2012 to June 2016 were used. Note the different scale in y-axis. Source: Earth Observation Group, Colorado School of Mines via Lightpollutionmap.info.

Discussion

The bimodal distribution of Bremen H-L in sky radiance throughout the night indicates that the night sky of site is typical for suburban or urban areas. At the presence of artificial light emitting from the ground, clouds act as a backscattering medium, brightening the sky.

In contrast, Seebergen experienced less brightening during the early hours of the night, and may have seen darkening by the presence of clouds during later hours of the night. A curfew is implemented in Seebergen between 1:00 and 4:00 local time (which changes accordingly when daylight saving time begins or ends), during which the local contribution of artificial light is reduced, which in turn may be the cause of the significantly decreased sky radiance at that period of the night, and the possibility of cloud coverage darkening the sky instead of brightening as observed in Bremen H-L.

The results from the S-NPP VIIRS-DNB monthly composite show discrepancy with the ground-based SQM data which, whereas the rate of decrease in clear sky radiance in Bremen H-L is higher than that of Seebergen except at after approximately 4:00, the rate of decrease observed by VIIRS-DNB was higher in Seebergen. As noted earlier, however, both fits have high uncertainties with high associated p-values, which may be caused by the variation of the monthly averaged radiance data. Some of the sources of these uncertainties include the angular and temporal dependence of emissions from artificial light sources (TONG et al., 2020), as well as variations in surface albedo.

Limitations of SQM and VIIRS-DNB measurements

While the time span of 4.5 years of the SQM measurements is useful in a way that we are able to observe changes in night sky radiance for both suburban and rural locations in Bremen, the exact sources of the decrease in sky radiance cannot be determined due to the following reasons:

The SQM is a single point, wide field of view measurement device, meaning that it is not possible to spatially resolve the angular distribution of radiance, and hence also not possible to pinpoint and quantify the temporal changes of individual sources of artificial light.

In addition to the single angle measurement for the SQM, its optical system is susceptible to mechanical shock, making it impossible to metrologically calibrate for spectral and angular response.

Although the VIIRS-DNB sensor is capable of making observations from multiple angles, this cannot be used to compare the results from the SQM due to

Since the SQM is a broadband radiometer, it is not able to distinguish the difference between a change in spectral distribution or a change in intensity, for example remodeling of public lighting from high pressure sodium-based

to LED-based system. VIIRS–DNB observations suffer also from this, as the sensor’s main purpose is cloud cover observation in visible and near infrared regime and not artificial light observations. In addition, the sensitivity of the VIIRS–DNB sensor is negligible for blue light with a wavelength below 490 nm, further limiting its use for detecting transition to LED-based public lighting.

As a result of having no quantitative measurement by means of imaging, while there are speculations that the decrease of sky radiance is due to the reduction of output power from the public lighting system as a result of aging (KYBA et al., 2017), no direct evidence can be found as of this writing.

Conclusion

This article shows that a simple, inexpensive radiometer like the SQM can be used to observe long-term change of night sky radiance. Using two SQMs, we were able to show that suburban area of the city of Bremen shows a different pattern in night sky radiance: the backscattering of artificial light by clouds brightens the night sky more severely in suburban area than in rural area, and darkening of the sky is seen instead in the rural site during the hours of curfew of local public lightings. In addition, we were able to observe changes in sky radiance for different period of the night over the span of 4.5 years, with most of the periods showing either insignificant change or decrease of sky radiance. However, without time series of night sky images, we are unable to determine the cause these changes, and whether the observed changes were caused by other factors such as change of emission spectrum of artificial light sources.

We have also compared the results from the SQM sky radiance data with the monthly composite data from VIIRS–DNB. Although a general trend of decrease was observed in both sites, the p-values and hence the uncertainty of the fit are large, and there was an inconsistency when compared with the SQM data.

The results demonstrate that while SQM measurements can provide useful information about long-term changes in zenith sky radiances, they cannot be used to pinpoint the sources of the detected changes. Therefore, in light of the recent advances of inexpensive, commercially available digital cameras, which are able to perform continuous, spatially and spectrally resolved night sky measurements, allsky imagery with RGB sensing capability should be deployed for future long-term measurements of night sky.

Acknowledgement

This project is supported by the European Union and cofinanced by the European Social Fund (Grant no. EFOP–3.6.2–16–201–00014: Development of international research environment for light pollution studies). This article is based on the work of a PhD thesis, and we would like to thank Christopher C.M.

Kyba and Georg Heygster for their guidance. We would like to thank Christine Weinzierl for maintaining the Seebergen measurement site.

References

- CINZANO P (2007). Report on Sky Quality Meter, version L. ISTIL Internal Report v0.9.
- FARR H. (2009). *Deutschlands höchste Gipfel: 35 Touren von der Küste bis zu den Alpen.*, pages 32–35. Books on Demand, Norderstedt, Germany.
- KOLLÁTH Z., COOL A., JECHOW A., KOLLÁTH K., SZÁZ D., TONG, K. P. (2020). Introducing the “Dark Sky Unit” for multi-spectral measurement of the night sky quality with commercial digital cameras. *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*, 253, 107162. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jqsrt.2020.107162>
- KYBA, C.C.M. KUESTER, T., KUECHLY, H.U. (2017). Changes in outdoor lighting in Germany from 2012-2016. *International Journal of Sustainable Lighting*, 19(2), 112 DOI: <https://doi.org/10.26607/ijsl.v19i2.79>
- LIGHTTRENDS (<https://lighttrends.lightpollutionmap.info>) accessed: 21.12.2020.
- KYBA, C. C., TONG, K. P., BENNIE, J., BIRRIEL, I., BIRRIEL, J. J., COOL, A., DANIELSEN, A., DAVIES, T. W., OUTER, P. N., EDWARDS, W., EHLERT, R., FALCHI, F., FISCHER, J., GIACOMELLI, A., GIUBBILINI, F., HAAIMA, M., HESSE, C., HEYGSTER, G., HÖLKER, F., INGER, R., ... GASTON, K. J. (2015). Worldwide variations in artificial skyglow. *Scientific reports*, 5, 8409. DOI: <https://doi.org/10.1038/srep08409>
- TONG K. P., KYBA C. C. M., HEYGSTER G., KUECHLY H. U., NOTHOLT J. AND KOLLÁTH Z. (2020). Angular distribution of upwelling artificial light in Europe as observed by Suomi-NPP satellite. *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jqsrt.2020.107009>
- TONG K. P.: Measurement of Zenith Night Sky Luminance in the City of Bremen and Surroundings. Master thesis, University of Bremen, Bremen, 2012.
- TONG K. P.: On observations of artificial light at night from ground and space. PhD thesis, University of Bremen, Bremen, 2016.

ISTVÁN GYARMATHY^{1,2}, TAMÁS KOROMPAI^{3,2}, RICHÁRD NOVÁK^{3,2},
JÁNOS VARGA², MIKLÓS DOMBOS⁴

INVESTIGATION OF INSECT ATTRACTION EFFECT OF LAMPS WITH DIFFERENT COLOR TEMPERATURES

¹Hortobágy National Park Directorate, Debrecen, Hungary, ²Eszterházy Károly University, Institute of Biology, Eger, Hungary, ³Bükk National Park Directorate, Eger, Hungary, ⁴Institute for Soil Sciences and Agricultural Chemistry, Budapest, Hungary

E-mail: gyarmathyistvan@hnp.hu

Abstract

The aim of our research is to analyze the ecological effects of light sources of different colors. Quantity and size of arthropods captured by light traps are continuously recorded by the Zoolog auto sampler, along with temperature and humidity data. By statistically analyzing large amounts of data, it is possible to estimate the amount of biomass removed by different types of lamps from their habitat, to monitor daily and longer-term activity changes, and to analyze the attractiveness of LEDs of different color temperatures. This will also allow conclusions to be drawn for conservation management.

Keywords: *light pollution, remote sensing, colour temperature, light trap, conservation management*

ISTVÁN GYARMATHY^{1,2}, TAMÁS KOROMPAI^{3,2}, RICHÁRD NOVÁK^{3,2},
JÁNOS VARGA², MIKLÓS DOMBOS⁴

KÜLÖNBÖZŐ SZÍNHŐMÉRSÉKLETŰ LÁMPÁK ROVAR- VONZÓ HATÁSÁNAK VIZSGÁLATA

¹Hortobágyi Nemzeti Park Igazgatóság, Debrecen, ²Eszterházy Károly
Egyetem, Biológiai Intézet, Eger, ³Bükk Nemzeti Park Igazgatóság, Eger,
⁴Agrártudományi Kutatóközpont, Talajtani Intézet, Budapest

Összefoglalás

Kutatásunk célja a különböző színhőmérsékletű fényforrások ökológiai hatásának elemzése. A fénycsapdák által bevonzott ízeltlábúak mennyiségi és méretadatait a Zoolog automatikus mintavevő folyamatosan rögzíti, együtt a hőmérséklet- és páratartalom-adatokkal. Így nagy mennyiségű adat statisztikai elemzésével lehetőség nyílik a különböző típusú lámpák által élőhelyükről kivonzott biomassa mennyiségének becslésére, illetve a napi és hosszabb távú aktivitásváltozások nyomon követésére és a különböző színhőmérsékletű LED-ek attraktivitásának elemzésére. Ez lehetővé teszi a természetvédelmi kezelést elősegítő következtetések levonását is.

Kulcsszavak: *fényszennyezés, távérzékelés, színhőmérséklet, fénycsapda, természetvédelmi kezelés*

Introduction

Photosensitivity is essential for a wide range of animals, especially flying insects. Insects are sensitive to a wide spectrum of light, from ultraviolet (UV) invisible to humans to red. Their orientation, daily activity, and annual rhythm are highly dependent on lights and natural light patterns.

Photosensitivity also plays an important role in nutrition and reproduction. Insects move toward the source of illumination when exposed to light, but light can also deflect, repel them (positive or negative phototaxis), increase or decrease their activity (BERTHOLF, 1940). Increasing outdoor lighting today poses a significant conservation problem due to its impact on insects. Luminaires used in public lighting practically act as light traps. In dark areas, a light source can attract up to 2,000 to 11,000 insect specimens overnight. The amount of insects removed from their habitat by artificial lights - and mostly killed - is enormous: in a study in the US, a single light trap caught 36.8 kg (about 85 million individuals) of mud mosquitoes in one night (RICH AND LONGCORE, 2006)

During a collection in a large Hungarian city, in which insects were trapped along illuminated wall surfaces, during the two hours daily collecting program in 50 times 17,400 specimens of 148 species of ground beetles (Carabidae) were captured all together. It was about 20% of all the captured insects. Particular interest is that this about ten square meters wall surface also attracted species from saline habitats of 25-30 km distance (KÖDÖBÖCZ, 2018)!

Even within a short period of time, luminaires or illuminated surfaces that cause significant light pollution may concentrate insects to such an extent that there are not enough insects left in darker habitats as a food source for predators. This effect or process - together with the fragmentation effect of light pollution - can result in a significant transformation of the species pool (and thus the ecosystem as a whole) relatively quickly and over a large area (DAVIES et al., 2012).

We can assume that the decreasing number of insects detected all over Europe can partly be caused by light pollution.

All this information goes beyond the facts of each individual species and sites, highlighting the evidence that the worldwide increasing illumination causes intensive interference with the animal species, which has strong effects on living communities, and thus the entire ecosystem can be damaged.

This is why it is important to identify the types of light sources and lighting modes that cause the least damage to the natural environment, including the insect world, which plays a key role in the food chain.

Different responses to illumination are related to different intensities and polarizations of light. Insects also have color perception and are particularly sensitive to shorter wavelength (blue) regions of the visible spectrum and UV light (ASHFAQ et al., 2005).

A similar pattern of insect orientation toward light has been observed in several other studies. (JESSICA and CURTIS 2001, THOMAS 1996). The results show

that most of the orders are attracted to blue and UV lights. If we want to find the reasons for this attraction, we have to examine the physiological roots as well as the behavior of insects.

The attraction is merely due to shorter wavelengths (higher frequency) while the effect of red light is less significant, which makes it harder for the insects to detect. Insects have three special eyes, called ocelli, with the specific job of identifying light and not the movement. For the ocelli it seems that shorter wavelengths are easier to detect.

Many insects forage at twilight when blue light dominates the irradiance spectrum of the sky. Under starlight, irradiance spectra are 'red-enhanced' and strongly influenced by the presence or absence of the moon. Blue wavelengths become dominant as the solar elevation angle decreases and the Sun disappears below the horizon. For 1-2 hours between sunset and astronomical twilight, blue-shifted twilight offers a constant polarization pattern in non-cloudy skies that provides insects with orientation clues. (CRONIN et al., 2006)

As it was mentioned earlier, arthropods - for example, in the evening, night-active moths and other insects - are particularly sensitive to cold (white, blue and ultraviolet) radiation: as the eyes of butterflies 380-400 nm are the most sensitive, while less sensitive to the longer-wavelength spectral regions. It explains that the attracting effect of different light sources depends on the spectral composition. Therefore blue or cool white light-emitting metal halide lamps or LEDs have a 6-10 times higher attractive effect for moths than sodium lamps with longer wavelength (warm white or yellow) light. So for the butterflies the LED with cold light seems up to 10 times brighter than the yellow sodium lamps with the same radiance! (HUEMER et al., 2010)

Based on the above knowledge, we wanted to test the insect attraction of different types of light bulbs widely used in public lighting. We assumed that the color temperature –and in a second stage, the spectral composition- of lamps is more important than the brightness of lamps. To prove this, we launched a research program using traps applying light sources with different color temperatures and light intensities. We also used a novel automatic remote sensing method to count fallen insects: the ZooLog sampling system, an improved version of the Edapholog monitoring system. (DOMBOS et al. 2017)

Material and methods

We used four Jermy type light traps fitted with lamps of different color temperatures. 1.: 4000 K, 3100 Lumens mercury lamp (ML). It was also used in old street lighting systems and light traps. 2.: 4000 K, 3040 Lumens compact fluorescent lamp (CFL). Currently it is the most widely used lamp type in street lighting. 3.: 4000K, 2450 Lumens LED lamp; this is most commonly used in street lighting upgrades. 4.: 2700K, 2450 Lumen LED lamp; usually this is recommended for nature-friendly lighting.

Automatic counting sensors were installed under the Jermy type light traps, which provide the following data via mobile internet connection to a central server: number of captured individuals, detection time, current temperature and humidity, and value correlating with body size. (DOMBOS et al., 2018; www.zoolog.en)

Monitoring program started with calibration. The number of insects was manually counted and compared with the results of the probes. Then we calibrated the probes using machine learning. The traps were placed in the Botanical Garden of the Eszterházy Károly University in Eger, well separated from each other (Fig. 1). We started the calibration in the end of 2019. The actual research was launched in April 2020 and is planned to continue throughout the year, with continuous on-line measurement lasting from twilight to dawn daily.



Figure 1. The Jermy traps with different lamp types and the trap with yellow LED.
Source: image taken by Richárd Novák (2020)

Our newly developed monitoring system uses an IR (infrared) sensor ring to detect trapped insects. (BALLA et al. 2020) The principle of detection is essentially a light gate that operates in the near-infrared range to reduce ambient light interference. As an infrared light source, we use a TSAL6200 type LED with a maximum radiation of 940nm. A photodiode type BPV10NF is used as the infrared sensor in “photovoltaic” mode.

Accuracy is ensured by a model made in a 3D design program and then a workpiece made from this model using a high-resolution resin 3D printer as a support and positioning frame. 3D printing has made it possible to trap the entry and exit of unwanted lights due to scattering on the transmitter and receiver side with a formal solution, thus reducing the sensitivity of the device to ambient light noise (Fig. 2).



Figure 2. Zoolog ring and data collector, and as it is attached to the Jermy trap. Source: zoolog.hu (2020), image taken by István Gyarmathy (2020)

The probe transmits the data collected to a central server database using a GSM / GPRS modem (Fig. 3).

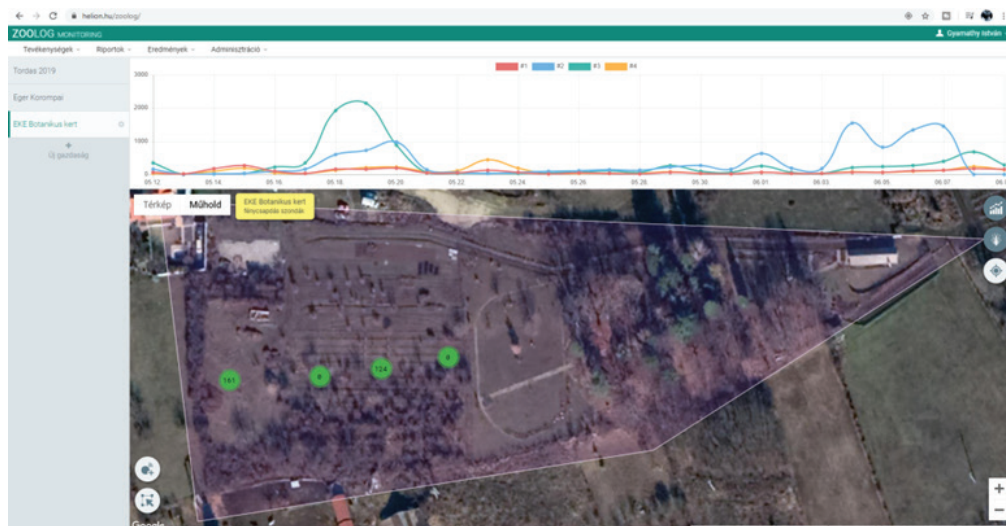


Figure 4. Zoolog data collector's results can be seen online (on the image the traps distribution can be seen too in the Botanical Garden) . Source: <https://helion.hu/zoolog/> (2020)

Results

Using the data gained by the automatic detection we were able to count the average numbers of the nighttime collection of the different traps.

Our first results prove our hypothesis that color temperature plays an important role in insect attraction of different type streetlamps. Our results can be seen in the diagram below (Fig. 4).

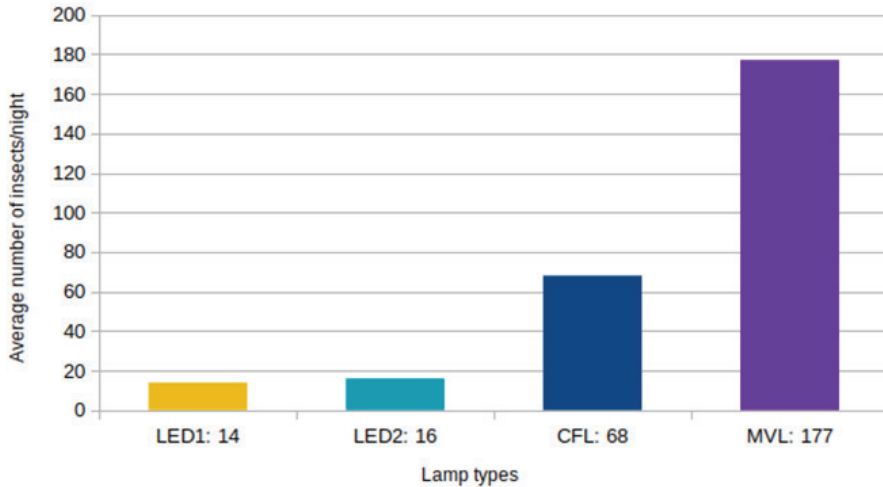


Figure 4. Results according to different lamp types: average number of captured insects/night. LED1 2700K, 2450L; LED2: 4000K, 2450L; CFL: 4000K 3040L; ML:4000K, 3100L)

The collected samples were also measured with a laboratory balance. The diagram below (Fig. 5) shows the average dry weight of biomass attracted per night by each lamp type. It can be seen that the measured biomass quantity shows a pattern, similar to Fig. 4. There is no linear correlation because a number of small insects (e.g. Diptera) can weight less than one big beetle (e.g. Coleoptera).

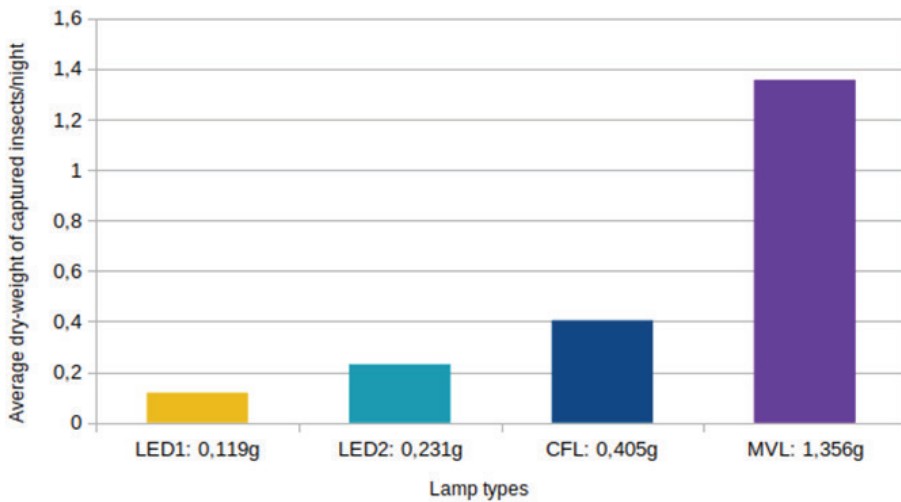


Figure 5. Results according to different lamp types: average dry-weight of captured insects/night. LED1 2700K, 2450L; LED2: 4000K, 2450L; CFL: 4000K 3040L; ML:4000K, 3100L)

The image below shows a sample collected during one night. The results mentioned above can be seen well here (Fig. 6).



Figure 6. The samples collected by the traps during one night: from left: LED 4000 K, ML 4000 K, LED 2700 K, CFL 4000 K. Source: image taken by István Gyarmathy (2020).

At the same time it has become clear that the light intensity is an efficient factor too. The brightest lamps with the highest light intensity but same color temperature captured more insects. The less attractive lamp in our experiment is the yellow LED with 2700K and 2450 lumen. To our surprise, the 4000 K LED

lamp captures only slightly more insects. There is a significant increase with the 4000 K 3040 lumen compact fluorescent-lamp, and obviously the most attractive is the mercury vapour lamp with 4000 K and 3100 lumen.

We have only limited data as the research has started recently. We plan to continue our program gathering more data for more accurate results. As there is a quite big variability among the same 4000 K color temperature lamps, we plan to make a spectral analysis of the lamps to identify the most attractive spectra. We assume that the ML and the CFL spectra should contain more blue components than the LEDs have. We also plan to track changes in daily and longer-term activities of the insects.

Conclusion

Automatic data collection allows large amounts of data to be collected, properly processed and interpreted. Testing of the system began at the end of 2019, and the four lamp experiment started in April 2020. Our preliminary results have already demonstrated that the use of an automated probe with continuous insect trapping allows the collection of large amounts of statistically analyzable data under different color temperature illuminations. This provides an opportunity to estimate the amount of biomass removed from their habitat, and to analyze the attractiveness of light sources with different spectral distributions.

The spectral distribution plays an important role in the attraction of different insects. Our experiment proved that yellow light is less attractive than white-blue light. Light intensity is also important, less is better for conservation purposes.

The results provide an opportunity to select light sources with the least negative impact on wildlife in the future for outdoor lighting near natural and protected natural areas.

Acknowledgement

The project is supported by the European Union and co-financed by the European Social Fund (Grant no. EFOP-3.6.2- 16-2017-00014; Development of international research environment for light pollution studies). We would also like to thank Deák Delta Ltd. for providing the samples and for their assistance in their commissioning.

References

- ASHFAQ, M., KHAN, R., ASHAN, M., RASHEED, F. (2005). Insect orientation to various color lights in the agricultural biomes of Faisalabad. *Journal Pak. Entomol.* VL-27
- BABBIE, E. (1973): *Survey Research Methods*. Wadsworth Pub. Co. 744 p.
- BALLA E, FLÓRIÁN N, GERGŐCS V, GRÁNICZ L, TÓTH F, NÉMETH T, DOMBOS M. (2020). An Opto-Electronic Sensor-Ring to Detect Arthropods of Significantly Different Body Sizes. *Sensors*, 20(4), 982. DOI: <https://doi.org/10.3390/s20040982>
- BERTHOLF, L. M. (1940): Reactions to Light in Insects. *Bios.1940.* 11, 39–43.
- CRONIN T. W., WARRANT E. J., GREINER B. (2006). Celestial polarization patterns during twilight. *Applied Optics*. 45, 5582-5589. DOI: <https://doi.org/10.1364/AO.45.005582>
- DAVIES, T. W., BENNIE, J., GASTON, K. J. (2012). Street lighting changes the composition of invertebrate communities. *Biology Letters* 8(5), 764–7. DOI: <https://doi.org/10.1098/rsbl.2012.0216>
- DOMBOS, M., KOSZTOLÁNYI, A., SZLÁVE CZ, K., GEDEON, C., FLÓRIÁN, N., GROÓ, Z., DUDÁS, P., BÁNSZEGI, O. (2017). Edapholog monitoring system: automatic, real-time detection of soil microarthropods. *Methods in Ecology & Evolution* 8, 313–321. DOI: <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12662>
- DOMBOS, M., FLÓRIÁN, M., GERGŐCS, V., SCHELLENBERGER, V., HASZON, B., NAGY, A. (2018). Ízeltlábúak automatikus detektálási problémái és megoldásai terepi vizsgálatokban. 11. Magyar Ökológus Kongresszus. Absztraktkötet Nyíregyháza, Magyarország, Magyar Ökológusok Tudományos Egyesülete, pp. 30–30.
- HUEMER, P., KÜHTREIBER, H., TARMANN, G. (2010). Anlockwirkung moderner Leuchtmittel auf nachtaktive Insekten -Ergebnisse einer Feldstudie in Tirol, Kooperationsprojekt Tiroler Landesumweltanwaltschaft, Innsbruck
- JESSICA, P., CURTIS, A. (2001). Insect Response to different wavelengths of light in New River State Park, Ashe County, North Carolina, USA.
- KÖDÖBÖ CZ, V. (2018): Fényen gyűjtött futóbogarak (Coleoptera: Carabidae) a debreceni Malompark Bevásárlóközpontnál, 2000 és 2018 között. *Folia Historico-Naturalia Musei Matrensis* 42, 71–82
- RICH, C., LONGCORE, T. (2006). *Ecological Consequences of Artificial Night Lighting*, Island Press, Washington
- THOMAS, A. W. (1996). Light trap catches within and above the canopy of a northeastern forest. *Journal of Lepidopterist's Society* 50, 21–45.

JÓZSEF GYURÁ CZ¹, ZOLTÁN LUKÁ CS¹, PÉTER MOLNÁ R¹, ZOLTÁN
KOLLÁ TH^{2,3}

LIGHT AND TERRITORIALITY: A PRELIMINARY REPORT ON A CAPTURE-RECAPTURE STUDY OF COMMON BLACKBIRD (*TURDUS MERULA*)

¹Eötvös Loránd University (ELTE) BDKP, Department Biology, Szombathely, Hungary, ²Eötvös Loránd University (ELTE) BDKP, Department of Physics, Szombathely, Hungary, ³Eszterházy Károly University, Department of Physics, Eger, Hungary

E-mail: gyuracz.jozsef@sek.elte.hu

Abstract

The natural light conditions and the artificial lighting of the habitats affect the quality of bird territories and the territorial behaviour of birds. However, we know almost nothing about the evolutionary consequences of light on birds. In the biomonitoring part of the project entitled “ Development of international research environment for light pollution studies”, which is carried on in Bárdudvarnok in Somogy county, Hungary, we study the apparent survival probability, adaptive morphological characteristics and area fidelity in Common Blackbird populations living in territories under different light conditions. In this preliminary report, we also describe the methods of our studies - individual marking of birds, capture and recapture, measurement of body weight, wing length and other ecomorphological parameters - and the types of data collected. Based on the outcomes of the data collection planned to continue for several years, we can formulate proposals for the design and application of artificial lighting resulting in the reduction of the adverse effects of light pollution.

Keywords: *Common Blackbird, light, light pollution, territory, capture-recapture*

GYURÁ CZ JÓZSEF¹, LUKÁ CS ZOLTÁN¹, MOLNÁ R PÉTER¹, KOLLÁ TH ZOLTÁN^{2,3}

FÉNY ÉS TERRITORIALITÁS: ELŐZETES BESZÁMOLÓ EGY FEKETERIGÓ-POPULÁCIÓBAN (*TURDUS MERULA*) VÉGZETT FOGÁS-VISSZAFOGÁSON ALAPULÓ VIZSGÁLATRÓL

¹Eötvös Loránd Tudományegyetem (ELTE) BDPK Biológiai Tanszék, Szombathely, ²Eötvös Loránd Tudományegyetem (ELTE) BDPK Fizikai Tanszék, Szombathely, ³Eszterházy Károly Egyetem, Fizika Tanszék, Eger

Összefoglalás

Az élőhelyek természetes fényviszonyai és mesterséges éjszakai megvilágítása is hatással van a madarak territóriumainak minőségére és a madarak területvédő magatartásra is. Azonban a fény madarakra gyakorolt hatásának evolúciós következményeiről szinte semmit sem tudunk. A „Nemzetközi kutatási környezet kialakítása a fényszennyezés vizsgálatának területén” című projekt biomonitorozási területén, a Somogy megyei Bárdudvarnok község környezetében fészkelő feketerigó-populációban azt vizsgáljuk, hogy a különböző fényviszonyokkal rendelkező territóriumokban fészkelő madarak látszólagos túlélési valószínűsége, adaptív morfológiai tulajdonságaik és területhűségük lényegesen különbözik-e egymástól. A madarak egyedi jelölésén, fogás-visszafogásán, testtömeg-, szárnyhossz- és egyéb ökomorfológiai tulajdonságainak mérésén alapuló vizsgálataink módszereit, a gyűjtött adatok típusait is ismertetjük előzetes beszámolóinkban. A több évre tervezett adatgyűjtés eredményei alapján javaslatokat tudunk megfogalmazni a fényforrások tervezéséhez, alkalmazáshoz és a fényszennyezés negatív hatásainak csökkentéséhez.

Kulcsszavak: fekete rigó, fény, territórium, fogás-visszafogás

Introduction

Both natural and artificial light conditions affect the behaviour of birds. Based on the mechanism and consequence of artificial night lighting of suburbs and the countryside (night light pollution), direct and indirect adverse effects of light from artificial light sources (ALAN) on the living world can be divided into two groups. One of them is the so-called astronomical light pollution, where artificial illumination extinguishes the light of stars and other celestial bodies and thereby influences, for example, the behaviour of animals in such a way that their chances of survival are reduced. This can be observed in most parts of the Earth as the cumulative effect of many, many light sources. The other is called as ecological light pollution, where one or a few light sources may also affect the behaviour of individuals in a local animal population or influence the species dominance and spatial structure of a local community (LONGCORE AND RICH, 2004).

The effect of light on the territorial behaviour of birds

Birds compete for territories, available only in a limited amount in nature, which provide the environmental factors and resources they need to survive and reproduce. Moreover, they protect the occupied territories from other birds. Natural light conditions and artificial lighting of the habitats also affect the breeding and nesting of birds; therefore the areas illuminated to different degrees or in different ways also determine the quality of the territories. Some bird species avoid night-lit areas during the breeding season. If they can, they occupy territories (= an area used exclusively by an individual, protected from a competitor) in dark areas, that are offering equally good habitats for nesting.

Numerous studies in several songbird species demonstrated that artificial lighting ("constant daytime") disrupts the diurnal behaviour of birds, diurnal birds are also active at night, they sing and / or feed (DOMINONI and PARTECKE, 2015; RAAP et al., 2015). Males in illuminated areas sing and mate earlier, females paired with them lay their eggs earlier than their counterparts nesting in dark areas (KEMPENAERS et al., 2010). Laying eggs earlier resulted in larger clutch size (more eggs) according to some studies (FORESTER et al., 2006), however, nesters in areas illuminated by street lamps did not have a larger clutch size than those nested elsewhere. From this, it can be concluded that the illuminated nesting sites were neither of better quality nor more resource-rich in terms of bird productivity. A negative consequence of laying eggs earlier may also be that the hatching of the chicks will not be in sync with the abundance of food sources. The bird will need a large amount of food earlier than the peak date of the caterpillar or insect abundance (LAMBRECHTS et al., 1997). In artificially lit urban areas the nesting period of Common Blackbird (*Turdus merula*) begins a month earlier

than in dark places outside the city. This can be both positive and negative for reproductive success (DOMINONI et al., 2013, DA SILVA et al., 2015). In illuminated areas, parent birds feed their chicks more intensively, which can increase fledging success, while it can reduce parental survival. Lighting at night decreases territorial aggressivity of birds. The poorer quality of the illuminated territories is indicated by the fact that in an English study, the European Robin's territorial singing and aggressivity decreased in an urban environment due to night lighting compared to those nesting in dark places (GILL, 2016). The effect of the spectrum of the light has also been studied on the nesting behaviour of the Great Tit (*Parus major*) and the European Pied Flycatcher (*Ficedula hypoleuca*) (DE JONGE et al., 2015). None of the investigated species occupied significantly less nesting territory in the areas illuminated with white, green, or red light compared to the dark areas.

In a study in Germany DOMINONI et al. (2013) investigated the influence of the intensity of night lighting on the testes size and hormone (testosterone) production - which determine the reproduction of male birds - and on moult and locomotor activity of Common Blackbirds living in urban and rural environments. Birds from urban and rural habitats were kept in the same photoperiod (daily regular light and dark cycle), but half of the birds from each habitat was illuminated with a small amount (0.0001 lux) of light at night, this was the control group, and the other half with a large amount of light (0.3 lux). In the first year, the testes of males living in stronger night light reached the size typical of the reproductive period faster, about a month earlier than in the control group. Accordingly, their testosterone production started earlier. However, in the second year's reproductive cycle, the testes of male Blackbirds exposed to light pollution remained undeveloped, and their testosterone levels were low, while in the control group, testes and hormone production increased again by the reproductive period, according to regular photoperiodism. There was also a difference in the moult of the primary feathers, birds living in higher night lighting started moulting earlier but finished it more slowly than birds in the control group. There was no significant difference in the duration of daily locomotion between the control and experimental groups. According to the study, the observed differences in reproduction and moulting may have been mainly due to the fact that chronic light pollution was negative stress for Common Blackbirds. It is known that stress can reduce sexual activity and fertility in birds through the hypothalamus which regulates the gonads (CYR and ROMERO, 2007).

Light pollution also affects the mating choice of males with the territory (KEMPENAERS et al., 2010). Males, having territories at the edge of the forest, close to street lights, were twice as successful in obtaining extra-pair mates than their male counterparts nesting inside the forest or at a higher density. This was not just a simple edge effect because males nesting in dark edges were not more successful in extra-pair mating than their counterparts in the inner areas.

Male success in extra relationship mating decreased exponentially as a function of the distance from the lamps. In the illuminated areas, males are singing earlier. Already paired females, inspired by the early song leave their nests in the early morning hours and mate with the early singing males. The age of males is also an essential factor in the mating choice. Adult male Eurasian Blue Tits are more likely to choose a new pair than younger ones (DELHEY et al. 2006). Adult male specimens of the Blue Tit (*Cyanistes ceruleus*) begin singing earlier in the morning than young males, and therefore, extra-pair mating is more common among them (POESEL et al. 2006). Artificial lighting increases the success of extra-pair mating both in adult and young males, but this effect is significantly greater in the young. Young males nesting in dark areas usually do not choose another pair, but when the territory is illuminated, they mate with another female in the same way as adult males nesting in a dark place. This may also suggest that the better quality, dominant males occupy the illuminated sites, but this has not been supported by previous research. Males of the illuminated sites were not older, larger in size or in better condition than their counterparts nesting in the dark. Pairs of males nesting near the lamps were just as likely to mate with other males as pairs of males nesting elsewhere. Pairs of males nesting in border areas were less likely to mate with other males, but this could only be because there were fewer neighbouring nesters (fewer occasions, local density effect). The clutch size and reproductive success of females mating with males occupying territory in light-polluted areas were no greater than that of their counterparts nesting elsewhere. The greater success of males nesting in light-polluted areas in extra-pair mating was probably due to their earlier-started singing, as this may have been more attractive to females (KEMPENAERS et al. 1992, DOLAN et al. 2007, COCKBURN et al. 2009, SUTER et al. 2009). Thus, light pollution changes the mating strategy of females, through the earlier-started singing of males, but this does not mean greater adaptability for them.

Owning the territory comes at a cost and also benefit to the bird. The benefits are clear, as the individual has access to resources, meaning that he or she and his chicks will have a better chance of survival and reproduction (fitness). The cost is also well measurable, boundaries need to be marked, and the territory needs to be protected, rival individuals need to be kept away, which can reduce fitness. Territorial behaviour will only persist in the longer term if the benefits outweigh the costs. Studies have clearly shown that the lighting conditions of territories and light pollution affect the behaviour of birds, but it was also admitted that we know almost nothing about the fitness-modifying effects of these changes, i.e. about their evolutionary consequences. The males of songbirds not only compete for nesting territories, but most of them are likely to return to once-proven nesting sites year after year (philopatry, area loyalty). From the point of view of reproductive success, the best quality places are presumably occupied by the strongest, heavier, larger body size, dominant males as early as possible in the spring.

Goals of the study

Based on the results discussed in the previous chapter, we formulated the following questions (Q) and hypotheses (H) regarding the relationship between the light conditions influencing the quality of territories and territoriality:

1. Q. Are nesting sites that are richer in night light but not significantly different in other environmental conditions (e.g., noise pollution) occupied by subdominant individuals of lower body weight and body size?

1. H. If light pollution is detrimental to the fitness of breeding birds, we assume that there is a competition for darker places at night, i.e., birds occupying darker areas have higher average body weight, wing length, and better condition than nesters in less dark areas.

2. Q. Are birds occupying light-contaminated but otherwise in other environmental factors similar territories less likely to survive than birds nesting in darker areas?

2. H. If light pollution is detrimental to the survival of breeding birds because they feed their chicks longer, then we assume that birds that nest in less dark areas live shorter than their counterparts that nest in darker places at night.

3. Q. Is nesting site fidelity of birds occupying light-polluted but otherwise in other environmental factors similar territories lower than that of birds nesting in darker areas?

3. H. If light pollution is detrimental to the survival of breeding birds because they feed their chicks longer, then we assume that birds nesting in lighter areas will return to the same territory in the next nesting period in a lower rate, i.e. their nesting site fidelity is lower than that of birds nesting in darker areas.

The Common Blackbird is a relatively large-bodied, widespread, common and territorial songbird, available in large numbers, and therefore it is suitable for studying the relationship between light and territoriality. We already have experience on the age, sex and body size dependence of the spatial distribution of our model bird species (ORBÁN et al. 2019).

The aim of our study is to collect data based on a Common Blackbird nesting population to answer the above questions, to test hypotheses related to them, and thus to demonstrate the role of light in the territoriality and nesting site fidelity of birds. This requires in situ, long-term and systematic research.

Materials and methods

Study area and measurement of light at the nesting sites

Capture and measurement of the birds are carried out in the biomonitoring area of the project entitled “Development of international research environment for light pollution studies”, in the vicinity of the village of Bárdudvarnok.

Bárdudvarnok is located in Zselic, in Southern Transdanubia, where many wooded, bushy habitats offer nesting sites for the Common Blackbird. Light measurements at breeding sites were performed according to our standard method used for the light pollution survey in the Hungarian national parks (KOLLÁTH *et al.* 2020a). The RGB colour and radiance information from the images of calibrated digital cameras provides essential information on the light level. The resulting radiance maps of the upper hemisphere provides the full information about the local light fields. The metrological system for the measurements is defined by KOLLÁTH *et al.* (2020b). Since the light condition at a given place varies in a short time scale due to the changes in weather conditions, Moon phases, etc., it is crucial to perform constant monitoring. A nearby all-sky monitoring station provides supplementary information. The information about the shielding of the foliage together with the possible night conditions and the distance from the local sources provide the bases for local light field modelling. The details of this process will be published elsewhere.

Capture and measurements

Bird ringing was conducted during breeding seasons, from the end of March to the end of July. For bird capture, mist-nets (12-meter-long and 2.5-meter-high with 5 shelves and a mesh size of 16 mm) were used. When using the bird-call tones, strict rules are applied to minimize the disturbance of the birds. Bird-call tones can be used only for a maximum of half an hour in a territory during one ringing attempt, and the mist-net is left open only for a maximum of 2 hours. If the birds (both male and female) are not caught during this time, they will be tried to catch again after 5-7 days. Within one year and one territory, only maximum of 3 attempts will be made to capture the bird. If the capture is unsuccessful three times, the bird is considered to be identified without capture within the territory.

All birds were marked by aluminium and colour rings (Figure 1.), aged and sexed, according to SVENSSON (1992). Biometric measurements were taken using the methods of Actio Hungarica (SZENTENDREY *et al.*, 1979). All birds were weighed to the nearest 0.1 g (using a spring balance). The bill, skull, tarsus, wing and third primary length were measured to the nearest 1 mm. The fat reserves were estimated visually according to BUSSE and MEISSNER (2015) ranging from 0 (no fat) to 8 (bulging fat). After ringing and measurement, the captured birds are released at the capture site and then observed to see if the bird returns to its territory. 1-5 days after each ringing, using binoculars, we re-check the territories we had previously captured and thus marked birds with coloured rings. By recapturing ringed birds in the years following the year of ringing or by observing them with binoculars, we can determine whether or not they are re-occupying the same territory they were ringed in or one near to it. If the recaptured or observed bird was located in the immediate vicinity of the pre-

vious year's territory (within 0-15 meters), then it was considered as another nesting in the previous year's territory (territory-faithful bird).

If in the year following the ringing, the bird returns between the territory of the previous year nesting and the territory in its immediate vicinity, then the bird's nesting in the current year was recorded in the nearest territory (the shortest linear distance was measured).

We considered that the bird left the previous year's territory if the bird did not occupy an area within 0-15 meters of the nesting territory of the previous year again in the following year (MÁTRAI et al. 2012).



Figure 1. Adult male specimen of Common Blackbird (*Turdus merula*) marked with a combination of aluminium and coloured plastic rings. 27th July of 2018. Bárdudvarnok

Determination of territorial fidelity

If we have a sufficient number of ringed and recaptured birds, we can calculate territorial fidelity, which is characteristic for the population and also for the habitat, based on the following method (MÁTRAI et al. 2012). In the study area, the loyalty of adult birds to the nesting area is examined based on the total number of ringed individuals and the number of recaptured birds. As a first step, the proportion of recapture of the ringed birds in the study area:

[recapture rate (%) = (number of adult birds recaptured / total number of adult birds ringed) x 100];

then the recapture rate by sex is examined as well.

Further studies will be performed using the MARK 7.1 (WHITE and BURNHAM, 1999) software package to determine the probability that a bird will be caught alive next year (F) and test the likelihood of fidelity (p). The calculations use the "Joint live encounter & dead recovery (d).

In the course of the analyses (depending on the sample size), territories of adult male and female birds which returned there in the following years after the initial ringing are examined (MÁTRAI et al., 2012). The returning bird considered loyal to the territory if it occupies a territory in the immediate vicinity (0-15 m) of its last-year territory. In all other cases, the bird is considered as a dispersing bird, which means it left its previous-year territory. If a bird is detected in more than one territory within the study area in the same year, then that territory will be considered as its nesting territory for that year in which it is most often observed and / or in which it sings most often. We also examine whether at the first detection of the bird next year's return was there already another singing male in the bird's previous year's territory.

We calculate the rate of territorial fidelity in the case that the bird's territory from the previous year is already occupied when the bird returns, as well as if it is free. The same is calculated for dispersing birds. Chi-square test is used for statistical analyzes. We use Google Earth 6.1.0.5001 (<http://www.google.com/earth/index.html>) and Quantum GIS 1.6.0 (www.qgis.org) software packages to create maps and measure distances.

Results

Light metering data characteristic for Common Blackbird nesting areas are demonstrated in Figure 2. The light field at a given location depends mostly on the shielding effect of the foliage and the distance and number of local light sources. The horizontal illumination resulted from the diffuse light of the sky is about 1.5-2.0 mlx on cloudless and moonless nights at open places. The illumination can be reduced to a few tenths of millilux under the foliage. In contrary, the vertical illumination due to the direct light from the sources can reach 1 lx, depending on the distance from the source.

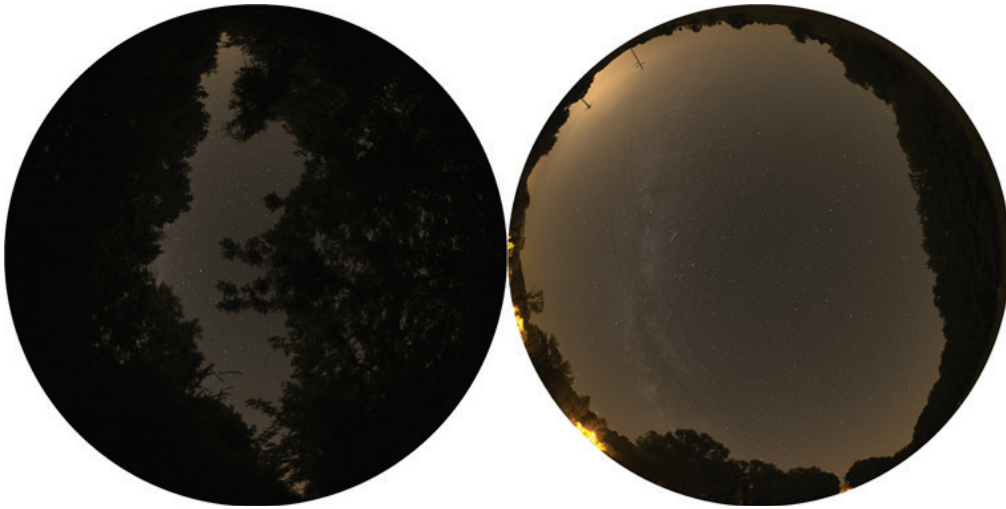


Figure 2. Comparison of the light characteristics of a shielded (left) and an open (right) location during a moonless and cloudless night.

Data on Common Blackbirds ringed in the 2018 and 2019 nesting season are shown in Table 1. The numbered aluminium ring was placed on the left leg of the bird, the blue plastic ring with the letter "A" was placed on the right leg of the bird, and the coloured plastic rings without the letter were placed on the left or right leg of the bird in different colour combinations.

age: 1 = juvenilis, 2 = second year adult, 2+ = after second year adult;
sex: M = male, F = female

Ring number	Colour ring	Age	Sex	Fat score	Skull mm	Bill mm	3.pr. mm	Wing mm	Tail mm	Tarsus mm	Body mass g
213626	blueA	2+	M	2	52.8	16.5	94	125	99	34.4	85.5
213627	blueA green	2+	M	0	52.4	16.2	96	126	108	32.1	75.5
219629	blueA pink	2+	F	1	51.7	16.0	93	122	99	32.4	96.5
213630	blueA red	2+	M	1	51.4	16.5	95	123	100	33.0	82.0
213631	blueA yellow	2+	M	1	53.4	15.8	97	127	109	34.0	83.0
213632	blueA white	2+	M	1	52.4	16.3	99	129	110	33.9	81.5
213635	blueA green	2	M	0	52.4	16.3	95	122	102	32.9	76.0
222302	green blueA	2+	M	1	53.5	16.9	98	127	109	32.8	86.0
222303	pink blueA	2+	F	0	51.3	16.1	95	124	105	33.3	79.0
222304	green blueA	2	M	2	51.2	15.4	92	121	99	32.3	84.0

green 226292	yellow blueA	2+	M	0	51.2	16.2	100	130	110	31.6	70.0
green 226295	white blueA	2	M	1	51.7	16.2	94	123	100	33.3	85.0
green green 226296	blueA	2+	M	0	52.6	16.3	97	125	105	32.7	77.5
green green 226297	green blueA	2+	M	1	51.1	16.7	94	123	105	31.3	73.0
green green 229226	pink blueA	2+	M	0	52.1	16.3	95	124	105	33.4	82.0
green green 229227	red blueA	2+	M	1	52.2	16.9	95	123	105	33.7	83.0
green green 229228	yellow blueA	2+	M	1	53.4	17.7	97	127	107	34.0	82.0
green green 229229	white blueA	2	M	1	57.7	16.0	96	122	100	31.6	80.0
green pink 229231	blueA	2+	M	0	51.1	16.7	94	122	105	32.5	73.0
green pink 229239	green blueA	2+	M	0	53.1	16.2	98	129	109	32.8	82.5
green pink 229240	pink blueA	2+	M	0	49.3	15.7	96	122	104	31.8	75.0
green 234019	red blueA	2+	F	0	51.1	16.7	96	123	101	32.7	83.0
green yellow 229250	red blueA	2+	M	0	52.0	16.1	98	127	110	34.1	87.0
green pink 234020	yellow blueA	1	F	0	51.2	15.1	93	121	105	33.8	83.5
green pink 234021	white blueA	2+	M	0	52.3	16.6	97	124	106	33.6	83.0
yellow red 234075	white blueA	2	M	4	51.6	14.9	97	124	99	33.6	83.0
pink 234078	blueA	2+	M	1	51.5	16.5	96	125	105	32.9	77.5
red 234080	blueA	2+	M	2	50.7	16.9	95	124	100	32.1	78.0
white 234081	blueA	2+	M	0	51.6	17.4	98	126	107	31.3	82.5
yellow 234085	blueA	2+	M	0	50.6	14.9	96	123	105	32.7	82.5
green red 234086	blueA	1	F	0	47.7	14.7	92	120	98	30.5	79.0

Table 1. Age, sex and biometric data of Common Blackbirds captured in Bárðudvarnok

Ring number	Colour ring	Age	Sex	Fat score	Body mass
213632	blueA white	2+	M	0	79.0
229227	green green	2+	M	0	85.0
226297	green blueA	2+	M	0	72.0
229240	green pink	2+	M	0	75.0
213631	blueA yellow	2+	M	1	82.0
234085	yellow blueA	2+	M	0	80.0

Table 2. Age, sex and biometric data of Common Blackbirds recaptured in Bárdudvarnok See abbreviations at Table 1.

Conclusions

Based on our previous nationwide studies on several songbird species (Kiss et al. 2020), we can conclude that data on ringed and recaptured Common Blackbird in Bárdudvarnok are suitable for establishing age-, sex- and territory-dependent survival, capture and territorial fidelity probabilities. However, the number of birds marked in the two nesting periods, which was strongly influenced by the bad weather conditions in 2019, does not currently provide a representative sample for statistical analyzes. Bird ringing during at least one nesting period and in good weather conditions, as well as further re-checking of the ringed birds, are required to analyze the assumed relationship between the light conditions of the site and the adaptive characteristics of the birds occupying the site and their territorial fidelity by statistical methods.

As a result of the study, we expect to be able to clarify the putative role of light and illumination in the survival of birds, in territorial behaviour, that are important for the evolution of bird populations, and in shaping related adaptive morphological features.

Based on the results, we can make recommendations for the design and application of light sources and for reduction of the adverse effects of light pollution.

Acknowledgement

The project is supported by the European Union and co-financed by the European Social Fund (Grant no. EFOP-3.6.2- 16-2017-00014; Development of international research environment for light pollution studies).

References

- BUSSE, P., MEISSNER, W. (2015). *Bird Station Manual*. SE European Bird Migration Network, Bird Migration Research Station, University of Gdansk, Gdansk.
- COCKBURN, A., DALZIELL, A. H., BLACKMORE, C. J., DOUBLE, M. C., KOKKO, H., OSMOND, H. L., BECK, N. R., HEAD, M. L., WELLS, K. (2009). Superb fairy-wren males aggregate into hidden leks to solicit extragroup fertilizations before dawn. *Behavioral Ecology*, 20(3), 501–510. DOI: <https://doi.org/10.1093/beheco/arp024>.
- CYR, N. E., ROMERO, M. (2007). Chronic stress in free-living European starlings reduces corticosterone concentrations and reproductive success. *General and Comparative Endocrinology* 151, 82–89. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2006.12.003>
- DA SILVA, A., VALCU, M., KEMPENAERS, B. (2015). Light pollution alters the phenology of dawn and dusk singing in common European songbirds. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 370.20140126. DOI: <https://doi.org/10.1098/rstb.2014.0126>
- DELHEY, K., PETERS, A., JOHNSEN, A., KEMPENAERS, B. (2006). Fertilization success and UV ornamentation in blue tits *Cyanistes caeruleus*: Correlational and experimental evidence. *Behavior Ecology*, 18, 399–409. DOI: <https://doi.org/10.1093/beheco/arl096>
- DOLAN, A. C., MURPHY, M. T., REDMOND, L. J., SEXTON, K., DUFFIELD, D. (2007). Extra-pair paternity and the opportunity for sexual selection in a socially monogamous passerine. *Behavioral Ecology*, 18(6), 985–993. DOI: <https://doi.org/10.1093/beheco/arm068>
- DOMINONI, D., PARTECKE, J. (2015). Does light pollution alter the perception of daylength? A test using light loggers on European blackbirds (*Turdus merula*). *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 370. 1667. DOI: <https://doi.org/10.1098/rstb.2014.0118>
- DOMINONI, D. M., QUETTING, M., PARTECKE, J. (2013). Long-Term Effects of Chronic Light Pollution on Seasonal Functions of European Blackbirds (*Turdus merula*). *PLoS ONE* 8 (12). e85069. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0085069>
- DE JONGE, M., QUYANG, J. Q., DA SILVA, A., VAN GRUNSVEN, R. H. A., KEMPENAERS, B., VISSER, M. E., SPOELSTRA, K. (2015). Effects of nocturnal illumination on life-history decisions and fitness in two wild songbird species. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 370, 20140128. DOI: <https://doi.org/10.1098/rstb.2014.0128>
- FOERSTER, K., VALCU, M., JOHNSEN, A., KEMPENAERS, B. (2006). A spatial genetic structure and effects of relatedness on mate choice in a wild bird population. *Molecular Ecology*, 15: 4555–4567. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2006.03091.x>

- GILL, V. (2016). Light pollution dampens urban robins' song. BBC News. *Science & Environment*. <https://www.bbc.com/news/science-environment-38317255>
- KEMPENAERS, B., VERHEYEN, G. R., VAN DEN BROECK, M., BURKE, T., VAN BROECKHOVEN, C., DHONDT, A. A. (1992). Extra-pair paternity results from female preference for high-quality males in the blue tit. *Nature*, 357, 494–496.
- KEMPENAERS, B., BORGSTRÖM, P., LOES, P., SCHLICHT, E., VALCU, M. (2010). Artificial Night Lighting Affects Dawn Song, Extra-Pair Siring Success, and Lay Date in Songbirds. *Current Biology*, 20. 1735–1739. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cub.2010.08.028>
- KOLLÁTH, Z., JECHOW, A., COOL, A., KOLLÁTH, K., SZÁZ, D., TONG, K. P. (2020). Introducing the Dark Sky Unit for multi-spectral measurement of the night sky quality with commercial digital cameras. *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*, 253, 107162. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jqsrt.2020.107162>
- KOLLÁTH, Z., SZÁZ, D., TONG, K. P., KOLLÁTH, K., VANYÓ, J. (2021). Light Pollution Survey in Hungarian National Parks. In this volume. *Acta Universitatis de Carolo Eszterházy Nominatae Sectio Biologiae* in press
- LAMBRECHTS, M. M., BLONDEL, J., MAISTRE, M., & PERRET, P. (1997). A single response mechanism is responsible for evolutionary adaptive variation in a bird's laying date. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 94(10), 5153–5155. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.94.10.5153>
- LONGCORE, T., RICH, C. (2004). Ecological light pollution. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2(4), 191–198. DOI: 10.1890/1540-9295(2004)002[0191:ELP]2.0.CO;2
- KISS, Cs., MOLNÁR P., KARCZA, Zs., LUKÁCS, K. O., WINKLER, D., GYURÁ CZ, J. (2020). Study of apparent survival and capture probabilities of some passerines in Hungary. *North-western Journal of Zoology*. 16(1), 78–83.
- MÁTRAI, N., GYURÁ CZ, J., LENCZL, M., HOFFMANN, Gy., BAKONYI, G., MÁTICS, R. (2012). Philopatry analysis of the great reed warbler (*Acrocephalus arundinaceus*) based on ringing data in Europe. *Biologia Section Zoology* 67(3), 596–601. DOI: <https://doi.org/10.2478/s11756-012-0043-8>.
- ORBÁN, L., LOVÁSZ, L., LUKÁCS, Z., GYURÁ CZ, J. (2019). Age-, sex- and size-related spatial distribution in the common blackbird (*Turdus merula*) during the postfledging period. *North-western Journal of Zoology* 15(1). 84–90.
- POESEL, A., KUNC, H. P., FOERSTER, K., JOHNSEN, A., KEMPENAERS, B. (2006). Early birds are sexy: Male age, dawn song and extra-pair paternity in blue tits *Cyanistes* (formerly *Parus*) *caeruleus*. *Animal Behavior* 72. 531–538.
- SUTER, S. M., ERMACORA, D., RIELLE, N., MEYER, D. R. (2009). A distinct reed bunting dawn song and its relation to extra-pair paternity. *Animal Behavior* 77. pp. 473–480.

- SVENSSON, L. (1992). Identification Guide to European Passerines. 4th ed. Uggå, Stockholm.
- SZENTENDREY, G., LÖVEL, G. KÁLLAY, Gy. (1979). Az „Actio Hungarica” madárgyűrűző tábor mérési módszerei. [Measuring methods in the bird ringing camps of Actio Hungarica] *Állattani Közlemények* 66, 161–166. (in Hungarian)
- RAAP, T., PINXTEN, R. EENS, M. (2015). Light pollution disrupts sleep in free-living animals. *Scientific Report* 5, 13557.
- WHITE, G. C., BURNHAM, K. P. (1999). Program MARK: survival estimation from populations of marked animals. *Bird Study*, 46, 120–138.

MAGDOLNA DANI, PÉTER MOLNÁR, ANNA SKRIBANEK

THE SENSITIVITY OF HERBACEOUS PLANTS TO LIGHT POLLUTION

Eötvös Loránd University (ELTE) BDKP, Department of Biology,
Szombathely, Hungary

E-mail: kollerne.dani.magdolna@sek.elte.hu

Abstract

Plants living near street lights in temperate zones are good examples of the effect of light pollution with a marked shift in leaf fall and bud breaking. Low intensity light (light pollution) is not sufficient for photosynthesis, but can cause changes in many physiological processes, moreover, it can have a disrupting effect on the plant and its connected ecosystem. In this study, physiological effects of light pollution on leaf morphology, leaf anatomy, and photosynthesis were investigated in the herbaceous species *Erigeron annuus* (L.) Pers. and *Fallopia x bohemica* (Chrtek et Chrtková) J.P. Bailey under conventional HPS and LED illumination. In our experience, HPS lamps supported the photosynthetic activity of the studied species, the growth of palisade tissue cells. Light pollution of LED lamps reduced net photosynthesis in both species compared to non-light-polluted leaves.

Key words: *light pollution, Erigeron, Fallopia, morpho-anatomy, photosynthetic activity*

DANI MAGDOLNA, MOLNÁR PÉTER, SKRIBANEK ANNA

A LÁGYSZÁRÚ FAJOK ÉRZÉKENYSÉGE A FÉNYSZENNYEZÉSRE

*Eötvös Loránd Tudományegyetem (ELTE) BDPK, Biológiai Tanszék,
Szombathely*

Összegzés

A mérsékelt égövi utcai lámpák közelében élő növények a fényszennyezés hatását jól szemléltetik a levélhullás és rügyfakadás szembetűnő eltolódásával. A gyengébb intenzitású fény nem elegendő a fotoszintézishez, de számos élet-tani folyamat megváltoztatását idézheti elő, zavart okozva a növény és a vele kapcsolatban álló élőlények életében is. Vizsgálataink során az *Erigeron annuus* (L.) Pers. és a *Fallopia x bohemica* (Chrtek et Chrtková) J. P. Bailey lágyszárú fajok fényszennyezésre bekövetkező levélmorfológiai, levélanatómiai és fotoszintézis élettani változásait vizsgáltuk hagyományos HPS- és LED-megvilágítás mellett. A HPS-lámpák tapasztalataink szerint támogatják a vizsgált fajok fotoszintetikus aktivitását, a paliszád szövet sejtjeinek növekedését. A LED-lámpák fényszennyezése mindkét faj esetében csökkentette a nettó fotoszintézist a nem fényszennyezett levelekhez képest.

Kulcsszavak: *fényszennyezés, Erigeron, Fallopia, morfo-anatómia, fotoszintetikus aktivitás*

Introduction

In the natural rhythm of life on earth, darkness at night means calmness, regeneration, rest for most living beings, while for others it means activity. This alternating rhythm determines the normal cycle of life. In the civilized world, at many locations, artificial light at night disturbs this natural rhythm by eliminating the dark period. But what does artificial light at night mean for photosynthesizing organisms? For the vast majority of plants, light means life, regardless of its source, if its intensity is high enough for assimilation to take place.

Plants also sense the length of dark and light periods, which are used to regulate their internal processes (KROONFELD-SCHOR and DAYAN, 2003; GERRISH et al., 2009). Although lower intensity light is not sufficient for photosynthesis, it can alter the plants' physiological processes, especially in plants where timing of their bud breaking, flowering, ripening, and dormancy periods are based on the light and dark cycle. One of the striking effects of artificial light is observed mainly in temperate plants, where light-sensitive receptors (red - distant red receptors) of trees near street lamps are deceived by light pollution, thus the days are perceived to be longer, causing leaf fall to be delayed, even to December. Consequently, the plant cannot prepare for the cold period, it can fall victim to frost and ice damage. Light pollution can also have an effect in the spring, causing early bud breaking and flowering, endangering the reproductive success of the plants by the disruption of their coordinated relationship with frost effects or with pollinating insects. In the present study, as continuation of our preliminary methodological experiments, we followed the physiological changes in leaf morphology, anatomy and photosynthesis in herbaceous species during two consecutive years.

Literature review

Research shows that light pollution affects plant leaf growth, increases the number of stomas and influences the opening of the stomas as well, which can interfere with the regulation of evaporation and thus with drought tolerance (CHANEY, 2002). The susceptibility of open somas to air pollution can thus increase, which can cause further changes in plant physiology. Photobiological processes in plants are regulated by visible light supporting the process of photosynthesis (400–450 nm and 625–700 nm), and light in the visible red (625–760 nm) and infrared (760–850 nm) spectrum through the photosensitive pigments (e.g. phytochromes). In addition to wavelength, the intensity and duration of the illumination determine the processes influenced by light in plants (CHANEY, , 2002). Light pollution at night provides almost continuous (day and night) illumination for the plant. Studies have shown that in the case of *Panax notoginseng*, subjected to continuous and high intensity light, the leaves shrank, the stomas closed and the net photosynthesis of the plant decreased. Normal plant

growth was successful only with shading (Li et al., 2009). Several studies have shown that continuous periods of darkness are critical for certain processes controlling repair and recovery of physiological functions in many species, and therefore darkness can be considered as a source of physiological activity (GASTON et al., 2013). For example, VOLLSNES et al. (2009) demonstrated that light during Arctic summer nights inhibits recovery from leaf damage caused by atmospheric ozone in subterranean clover *Trifolium subterraneum*, and in *Arabidopsis thaliana* QUEVAL et al. (2007) showed correlation between day length and the rate of oxidative cell death.

In angiosperm plants, the synthesis of photosynthetic pigments (chlorophylls) occurs only under photosynthetically active radiation (PAR) at wavelengths between 400 and 700 nm (REINBOTHÉ et al., 1996). The intensity of the light is strongly correlated with the amount of the incorporated CO₂. The intensity of light pollution at night is typically less than 0.5 $\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$, extremely low compared to daylight (100–2000 $\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$), so the impact of light pollution on net carbon incorporation is likely to be negligible in most cases (MERAVI and PRAJAPATI, 2018).

Woody plants (65 species) were separated into high, medium, and low sensitivity groups by CHANEY (2002) according to the sensitivity of their internal biological clock to red and infrared light pollution (bud break, flowering induction, dormancy). For many species of trees in the streets, nocturnal light pollution reduces plant photosynthesis (MERAVI and PRAJAPATI, 2018). The maximum photochemical quantum yield (Fv/Fm) of Photosystem II is decreased, which is also an indicator of the stress level of the plants. In addition to the physiological effects on the plants, light pollution can also upset the balance of the ecosystem, as plants that can take advantage of growth-inducing effects of artificial lighting can suppress their peers, thus changing the composition of the ecosystem (NAVARA & NELSON 2007). Changes in the physiology of plants can also cause disturbances in the food chains built on them and in the relationship of the animals involved in it, as well as in the feeding and hiding opportunities of insects and birds (NAVARA and NELSON, 2007).

Materials and methods

In the present work, the herbaceous, not very selective *Erigeron annuus* (L.) Pers. and the also invasively expanding *Fallopia x bohémica* (Chrtek et Chrtková) J.P. Bailey species were studied. Our morpho-anatomical and photosynthetic physiological studies were performed for two years, in 2018 and 2019. Leaf samples were collected in Bárdudvarnok, Hungary, located near the border of The Zselic Park of Stars.

Observations and measurements were made on 10 fully developed, healthy, similarly orientated leaves of the plants. Three plants were selected in each locations, there were 3 separate locations. Histological examinations were per-

formed on 2 leaves obtained from 2 plants from the 3 locations. Photosynthesis was studied by measuring net photosynthesis with a LICOR 6400 device. Pulse-Amplitude-Modulation fluorometry was used to obtain quantitative information on the quantum yield of photosynthetic energy conversion. The leaves were dark adapted for 20 min before measurement, then the level of measurement light (80 PAR) was maintained for 20 s and fluorescence was measured before (F_0) and after (F_m) a saturation flash. The maximum quantum efficiency of photosystem II (PSII) was calculated as $F_v/F_m = (F_m - F_0)/F_m$ according to BJÖRKMAN and DEMMIG (1987). In the first year we studied individuals living under traditional (HPS) street lighting, in the following year we examined and compared the shoots of the same individuals developed under LED lights. The Past program (HAMMER et al., 2001) were used for statistical analysis. Data were expressed as mean \pm SD. Student's t-test were used for statistical comparisons.

Results

The leaves of *Erigeron annuus* (Fig. 1A) and *Fallopia x bohémica* (Fig. 1B) have a typical dorsiventral heterogeneous mesophyll structure. in *Fallopia x bohémica*.

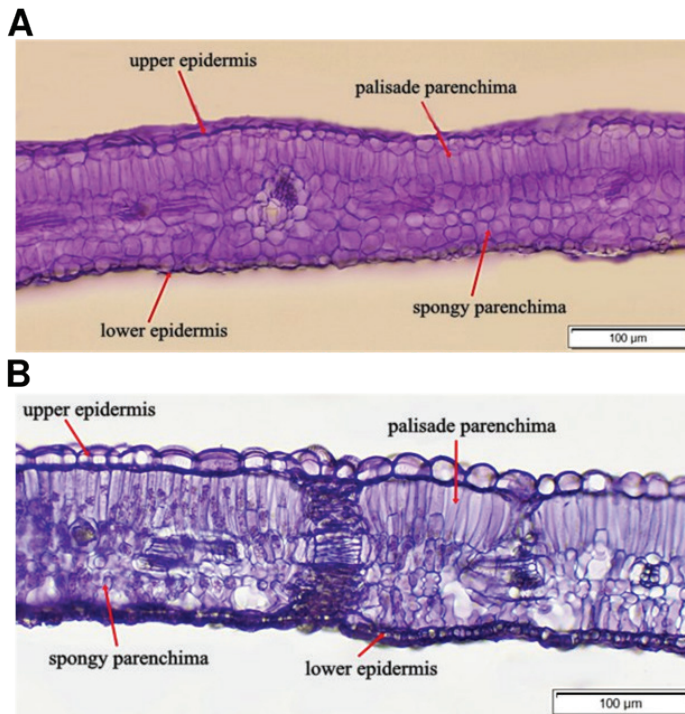


Figure 1. Cross sections of light- and non-light-polluted leaves.

A) Cross section of light polluted leaf of *Erigeron annuus* (2018). B) Cross section of non-light polluted leaf of *Fallopia x bohémica* (2019).

Below the cuticle-covered ventral epidermis is a one-layer columnar parenchyma. On the dorsal side, the mesophyll of the epidermis is formed by a multilayered spongy tissue, which is dense in *Erigeron annuus* and loose with many intercellular passages in *Fallopia x bohémica*.

Both the length (significantly) and the leaf thickness of the palisade cells of the species *Erigeron annuus* increased as a result of the light pollution of the HPS lamps (2018). However, with LED lamps (2019), all this could not be observed, in this case the length of the palisade parenchyma cells and the leaf thickness of the non-light-polluted leaves showed significantly higher values (Table 1).

In the case of *Fallopia x bohémica*, light polluted of both HPS and LED lamps significantly increased the length of the palisade cells and the thickness of the leaf.

		Erigeron annuus	
		light polluted	non-light-polluted
2018	leaf thickness (μm)	299,1+16,9***	184,9+6,6
	length of palisade cells (μm)	67,6+7,1	42,4+4,8
2019	leaf thickness (μm)	150,2+27,9***	175,1+6,3
	length of palisade cells (μm)	32,7+3,8***	45,8+6,9

Table 1: Length of palisade parenchyma cells and leaf thickness in light-polluted and non-light-polluted leaves

Based on the length and width of the leaves, light pollution of HPS and LED lamps did not cause a significant increase in leaf surface area (Table 2).

	light polluted			non-light-polluted		
	leaf length (cm)	leaf width (cm)	length/width (ratio)	leaf length (cm)	leaf width (cm)	length/width (ratio)
2018 (HPS)	17,57+1,45	12,18+2,08 **	1,56+0,84	18,15+1,86	13,05+1,30	1,40+0,13
2019 (LED)	19,09+1,18**	15,93+1,62	1,21+0,12**	19,93+1,49	15,81+1,78	1,27+0,11

Table 2: Morphometric characteristics of *Fallopia x bohémica* leaves under HPS (2018) and LED (2019) illumination (Legend **: $P < 0,05\%$)

Concerning the net photosynthesis of *Erigeron annuus*, photosynthetic activity of leaves light-polluted by HPS lamps were higher than the control. However, after lamp replacement, under LED lamps, the net photosynthesis of non-light-polluted leaves was significantly higher for both species (Fig. 2).

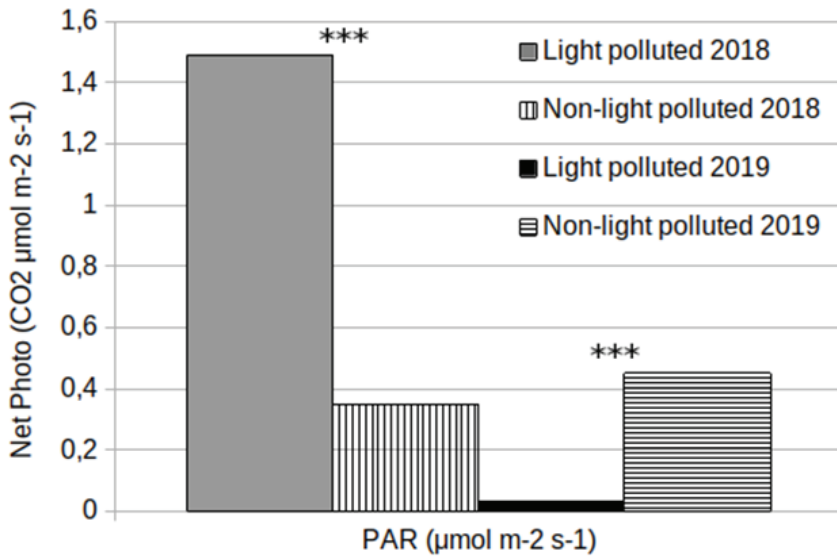


Figure 2. Net photosynthesis of *Erigeron annuus* in a light-polluted and non-light-polluted environment under HPS (2018) and LED (2019) lighting (Legend ***: $P \leq 0,01\%$)

Both the maximum photochemical quantum yield (F_v / F_m) of photosystem II and net photosynthesis decreased for *Fallopia x bohémica* due to light pollution by LED lamps, however, there was no detectable difference in the case of HPS illumination (Fig. 3).

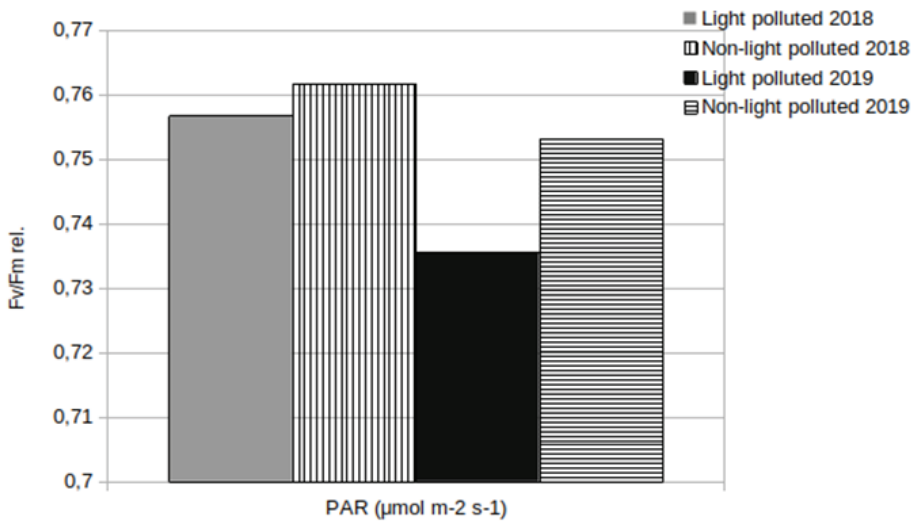


Figure 3. Maximum quantum yield of photosystem II of *Fallopia x bohémica* in light-polluted and non-light-polluted environments under HPS (2018) and LED (2019) illumination.

Discussion

The studied species have a wide environmental tolerance and are invasive in Hungary. According to the relative light requirements of *Erigeron annuus*, it can be classified mainly into the group of semi-shade plants (PÁL, 2012), *Fallopia x bohemica* grows well in areas without cover, in semi-shade or in the forest in shady places (BALOGH, 2012). Although the illumination spectra of HPS lamps does not cover the full wavelength range of photosynthesis, in our experience it supports the photosynthetic activity of the studied species and the growth of palisade tissue cells, which play a key role in leaf photosynthesis, thus increasing plant biological production. Light pollution of LED lamps, according to our studies, inhibits the development of the monophylum of *Erigeron annuus* leaf (thinner leaf, shorter palisade cells) (Table 1), and reduces its net photosynthesis compared to leaves developing under normal conditions. Although LED light pollution in *Fallopia x bohemica* significantly increased leaf thickness and supported photosynthetic palisade cell growth, but similarly to *Erigeron annuus*, it reduced net photosynthesis and the maximum quantum yield of photosystem II. This also suggests high plant stress level, which is supported by the observation that *Fallopia x bohemica* ventral epidermal cells were thicker in LED light-polluted leaves, which might serve protection against stress. Based on our results, LED lamps do not help the expansion of the studied invasive species in the living environment.

Acknowledgement

The project is supported by the European Union and co-financed by the European Social Fund (Grant no. EFOP-3.6.2- 16-2017-00014; Development of international research environment for light pollution studies).

References

- BALOGH, L. (2012). Óriáskeserűfű fajok (*Fallopia* spp.). – In: Csiszár Á. (szerk.) *Inváziós növényfajok Magyarországon*. Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó. Sopron 49-57.
- BJÖRKMAN, O., DEMMIG, B. (1987). Photon yields of O₂ evolution and chlorophyll fluorescence characteristics at 77-K among vascular plants of diverse origins. *Planta* 170, 489–504. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00402983>.
- CHANEY, R.W. (2002). Does Night Lighting Harm Trees? Purdue University Cooperative Extension Service, Forestry and Natural Resources, FNR-FAQ 17. <https://www.extension.purdue.edu/extmedia/FNR/FNR-FAQ-17.pdf>

- GASTON, K. J., BENNIE, J., DAVIES, T. W., HOPKINS, J. (2013). The ecological impacts of nighttime light pollution: a mechanistic appraisal. *Biological Reviews*, 88(4), 912–927. DOI: <https://doi.org/10.1111/brv.12036>
- GERRISH, G. A., MORIN, J. G., RIVERS, T. J., PATRAWALA, Z. (2009). Darkness as an ecological resource: the role of light in partitioning the nocturnal niche. *Oecologia*, 160(3), 525–536. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00442-009-1327-8>
- HAMMER, Ø., HARPER, D. A. T., RYAN, P. D. (2001). PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9pp. http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm
- KRONFELD-SCHOR, N., DAYAN, T. (2003). Partitioning of time as an ecological resource. *Annu Rev. Ecol. Evol. Syst.*, 34, 153–181. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.34.011802.132435>
- LI, Z.T., DUAN, C.L., XIAO, F.X., (2009). Effects of artificial light treatments on morphological structure and photosynthetic indices of one – old *Panax notoginseng* plants. *Journal of Yunnan Agricultural University* 24(5), 677–683.
- MERAVI, N., PRAJAPATI, S. K. (2020). Effect street light pollution on the photosynthetic efficiency of different plants. *Biological Rhythm Research*, 5–, 67–75. DOI: <https://doi.org/10.1080/09291016.2018.1518206>
- NAVARA, K. J., NELSON, R. J. (2007). The Dark Side of Light at Night: Physiological, Epidemiological, and Ecological Consequences, *Pineal Research*, 43(3), 215–224.
- REINBOTHE, S., REINBOTHE, C., APEL, K., LEBEDEV, N. (1996). Evolution of chlorophyll biosynthesis—the challenge to survive photooxidation. *Cell*, 86, 703–705.
- VOLLSNES, A. V., ERIKSEN, A. B., OTTERHOLT, E., KVAAL, K., OXAAL, U., FUTSAETHER, C. M. (2009). Visible foliar injury and infrared imaging show that daylength affects short-term recovery after ozone stress in *Trifolium subterraneum*. *Journal of Experimental Botany*, 60, 3677–3686. DOI: <https://doi.org/10.1093/jxb/erp213>
- QUEVAL, G., ISSAKIDIS-BOURGUET, E., HOEBERICHTS, F.A., VANDORPE, M., GAKIÈRE, B., VANACKER, H., MIGINIAC-MASLOW, M., VAN BREUSEGEM, F., NOCTOR, G. (2007). Conditional Oxidative Stress Responses in the Arabidopsis Photorespiratory Mutant cat2 Demonstrate That Redox State Is a Key Modulator of Daylength-Dependent Gene Expression, and Define Photoperiod as a Crucial Factor in the Regulation of H₂O₂-induced Cell Death, *Plant J.*, 52(4), 640–57.
- PÁL, R. (2012). Egy nyári seprence (*Erigeron annuus*). – In: Csiszár Á. (szerk.) 2012. *Inváziós növényfajok Magyarországon*. Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó. Sopron 225–231.

JÁNOS MIKA, ANNA APRÓ

CONNECTIONS OF THE LIGHT POLLUTION ISSUE TO THE UN SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS

*Eszterházy Károly University, Department of Environmental Science
and Landscape Ecology, Eger*

E-mail: mika.janos@uni-eszterhazy.hu

Abstract

Our study answers the question: Which targets of the UN Sustainable Development Goals (2016-2030) are related to the light pollution. Although, the word light pollution is not mentioned by any of the 169 targets contained by 17 Goals, we found 12 targets to be related to the problem. Nine targets operate with general terms in which light pollution can also be considered. In the case of two further targets only the other environmental loads are mentioned, erroneously without the light pollution. One further target is connected through the fact that light pollution may hinder the foreseen positive processes of the target. The presented connections of light pollution to the SDG can also be utilised also in education of the issue. Besides its main target, the paper also provides a natural classification of the 17 Goals into five classes containing 2-4 Goals. These classes are Primary needs of humans (4 Goals); Equality between humans (4 Goals); Efficient, sustainable economy (4 Goals); Landscapes in danger (3 Goals); Worldwide cooperation (2 Goals).

Keywords: *light pollution, sustainable development, physiological effects, education,*

JEL Code: Q01

MIKA JÁNOS, APRÓ ANNA

A FÉNYSZENNYEZÉS TÉMAKÖRÉNEK KAPCSOLÓDÁSA AZ ENSZ FENNTARTHATÓ FEJLŐDÉSI CÉLJAIHOZ

*Eszterházy Károly Egyetem, Környezettudományi és Tájökológiai
Tanszék, Eger*

Összefoglalás

Írásunkban áttekintjük, hogy a fényszennyezés milyen részcélokban szerepel az ENSZ 2016 és 2030 között elérendő Fenntartható Fejlődési Céljai között. Bár szó szerint egyik rész cél sem tartalmazza a fényszennyezést, a dokumentum 17 célja által tartalmazott 169 rész cél közül 12 rész cél kapcsolatba hozható a problémával. E rész célok közül kilenc olyan, aminek megfogalmazásaiba a fényszennyezés is beleérthető. További két rész cél felsorol más környezeti hatásokat, de a fényszennyezést – helytelenül – nem, míg egy rész cél úgy kapcsolódik, hogy a fényszennyezés nehezíti az ott megfogalmazott törekvéseket. Az ENSZ-célokhoz kapcsolódás felhasználható a fényszennyezés témájának oktatásában is. A tanulmány fő célja mellett bemutatunk egy természetes osztályozást is, amely a 17 célt öt egyenként 2-4 célt egyesítő osztályba sorolja. Az osztályok a következők: Elsődleges emberi igények (4 cél); Egyenlőség, igazságosság (4 cél); Hatékony és fenntartható gyártás (4 cél); Veszélyeztetett tájak (3 cél); Világ méretű együttműködés (2 cél).

Kulcsszavak: *fényszennyezés, fenntartható fejlődés, élettani hatás, oktatás*

Introduction

The term Sustainable Development was effectively distributed by the Bruntland Commission Report (1987) as “development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs.” Nowadays, the scope of the Sustainable Development is much wider than the initial concept of environmental sustainability (e.g. GOODLAND and DALY, 1996). Society and economy are not only preconditions of ensuring environmental sustainability, but both economy and society add to the problems to solve. A survey of original and complex concepts of sustainability is provided by KISS and MORELLI (2015). In this paper, the expressions sustainable development and sustainability are used as synonyms.

Since its establishing, the UN tries to provide peace and prosperity on Earth, as to ensure fair distribution of the goods. Sustainable development as a concept reached public consciousness at in connection with the second Earth Summit (Rio de Janeiro, 1992), where the UN affirmed the program entitled Tasks for the 21st Century (Agenda 21). A few years later, in 2000, world leaders formulated eight main goals for the period 2000 - 2015, i.e. the Millennium Development Goals (MDG). Environmental sustainability was only one of the eight goals of the document.

The UN Sustainable Development Goals (2016-2030)

The General Assembly of the United Nations (UN) accepted the 2030 Agenda for Sustainable Development including 17 Sustainable Development Goals (SDG, 2015) including 169 more detailed targets. Elaboration of the Goals and Targets had been directed by Csaba Korosi (Hungary) and Macharia Kamau (Kenya) as elected co-chairs of the process.

This document, integrating all aims of mankind into Sustainable Development, is in the focus of the present study. These goals are compared with the relevant UN documents by VLADIMIROVA and LE BLANC (2015). Several global statistics and tendencies possibly used by the working groups that compiled the Document in our focus have been published later by the UN SDG Report (2016).

These goals spread over all natural, human and economic aspects of sustainability. The 17 established Goals, comprehended in *Fig. 1*, are not ordered into any logical structure. One may suspect that the Goals of physical needs, key resources and landscapes in danger are intentionally mixed with those of technological and institutional character in order to present all the Goals as one unit. (One could also think that the colouring of *Fig. 1* bears an inherent grouping, but such grouping was neither reported, nor easily discovered.)



Figure 1. The pictograms of the 17 Sustainable Development Goals (Harvey, 2016). Note, that these pictograms exist in different versions, especially for Goal 3, 9 and 15.

The United Nations' 17 Sustainable Development Goals (SDG) and detailed 169 Targets for the 2016-2030 period (SDG, 2015) use the term 'Sustainability' in its widest understanding. This set of the problems for humankind to solve is much wider than initial thoughts on sustainability considered. The internal problems within society and the economic system are more than just pre-conditions for environmental sustainability, they are key players. Hence, the Goals encompass a very wide range of ecological, societal and economic problems. The 17 Goals as, originally compiled, are displayed as Table 1. The 17 SDGs are not arranged in any structure, and lack of structure makes the 17 goals more difficult to colligate and to memorize.

Goal 1. End poverty in all its forms everywhere

Goal 2. End hunger, achieve food security and improved nutrition and promote sustainable agriculture

Goal 3. Ensure healthy lives and promote well-being for all at all ages

Goal 4. Ensure inclusive and equitable quality education and promote lifelong learning opportunities for all

Goal 5. Achieve gender equality and empower all women and girls

Goal 6. Ensure availability and sustainable management of water and sanitation for all

Goal 7. Ensure access to affordable, reliable, sustainable and modern energy for all

Goal 8. Promote sustained, inclusive and sustainable economic growth, full and productive employment and decent work for all

Goal 9. Build resilient infrastructure, promote inclusive and sustainable industrialization and foster innovation

Goal 10. Reduce inequality within and among countries

Goal 11. Make cities and human settlements inclusive, safe, resilient and sustainable

Goal 12. Ensure sustainable consumption and production patterns

Goal 13. Take urgent action to combat climate change and its impacts

- Goal 14. Conserve and sustainably use the oceans, seas and marine resources for sustainable development
- Goal 15. Protect, restore and promote sustainable use of terrestrial ecosystems, sustainably manage forests, combat desertification, and halt and reverse land degradation and halt biodiversity loss
- Goal 16. Promote peaceful and inclusive societies for sustainable development, provide access to justice for all and build effective, accountable and inclusive institutions at all levels
- Goal 17. Strengthen the means of implementation and revitalize the Global Partnership for Sustainable Development

Table 1. The UN Sustainable Development Goals (SDG, 2015).

*Acknowledging that the United Nations Framework Convention on Climate Change is the primary international, intergovernmental forum for negotiating the global response to climate change.

MIKA and TOTH (2017) have suggested a classification of the 17 Goals as follows, which will be used throughout this study. This classification begins with the primary, needs of humans. These are followed by goals targeting human welfare and equity. The focus then shifts toward the revision of the economic system, which should be both efficient and sustainable and then to the landscapes in danger. The list of newly defined classes ends by advocating worldwide cooperation.

These classes include the following Goals:

Primary needs of humans (2. Food, 3. Health, 6. Water and 7. Energy)

Equality between humans (1. No poverty, 4 Education, 5. Gender equality and 10. Reduced inequalities)

Efficient, sustainable economy (8. Economic growth, 9. Innovative industry, 12. Responsible consumption and production, 13. Climate action)

Landscapes in danger (11. Cities, 14. Life in water and 15. Life on land)

Worldwide cooperation (16. Peace and justice and 17. Partnerships)

Concerning this grouping, Goal 13 - Climate action has some issues to solve. Climate change is the only environmental problem that is tackled as a separate Goal in the SDGs. All the other problems, including the loss of biodiversity, changes in the nitrogen cycle, ozone depletion, etc. are considered in connection with their effects on the vulnerable spheres or human health. This Goal is added to the efficient, sustainable economy class of Goals, since the related highest challenge concerning climate change is mitigation. Another aspect Goal 13 is that the UN's Paris Agreement deals more completely with climate change, while this Goal does not include all aspects of adaptation and mitigation.

Among the 169 targets, 126 targets have measurable, numeric indicators to be reached by a specific year (mostly 2030). These targets are set into a sequence as number, number. The remaining 43 targets are denoted as number, letter. The targets promote awareness, institutional or financial actions to

improve the issue. Examples of both kinds of targets as related to Goal 1 are:

“1.1 By 2030, eradicate extreme poverty for all people everywhere, currently measured as people living on less than \$1.25 a day.”

“1.b Create sound policy frameworks at the national, regional and international levels, based on pro-poor and gender-sensitive development strategies, to support accelerated investment in poverty eradication actions.”

At the end of this Section, note that the SDG was initially recommended as a document reflecting the important 5P for mankind: *people, planet, prosperity, peace, partnership* (SDG, 2015: p. 2), but these concepts do not consequently accompany the document. The first two groups of the above classification, i.e. the basic needs (No. 2, 3, 6 and 7) and the equity group (No. 1, 4, 5 and 10) deal really with *people*. The next two groups, the production (No. 8, 9, 12 and 13) and the zones in danger (No. 11, 14 and 15) fit to *prosperity* and *planet*, but *peace* and *partnership* are related to the smallest group, cooperation (No. 16-17).

Targets related to light pollution

In the first step of our analysis we established that neither the expression *light pollution* (in any spelling) nor the *light* was contained by the text of the 169 Targets, whereas *pollution* was always related to chemical contaminants. In the next step 12 Targets were found to be related to light pollution, and all represent the number.number type measurable requests. In the followings, these targets will be introduced according to the above classification of the Goals, but collected into two Tables only, with respect to the small number of Targets.

Both Tables display the 6-6 original compilations with accentuations added by the authors. At first, the relevant Targets are presented, then types of their relation to light pollution are established.

Target	Relatedness
2.4. By 2030, ensure sustainable food production systems and implement resilient agricultural practices that increase productivity and production , that help maintain ecosystems, that strengthen capacity for adaptation to climate change, extreme weather, drought, flooding and other disasters and that progressively improve land and soil quality	Light pollution may hinder realization of this target
3.9. By 2030, substantially reduce the number of deaths and illnesses from hazardous chemicals and air, water and soil pollution and contamination	Light pollution may also cause illnesses

<p>7.1 By 2030, ensure universal access to affordable, reliable and modern energy services</p>	<p>Consider physiologically advantageous light sources, here</p>
<p>11.6 By 2030, reduce the adverse per capita environmental impact of cities, including by paying special attention to air quality and municipal and other waste management</p>	<p>Light pollution is an adverse environmental impact, as well.</p>
<p>15.5 Take urgent and significant action to reduce the degradation of natural habitats, halt the loss of biodiversity and, by 2020, protect and prevent the extinction of threatened species</p>	<p>Help to reduce degradation by physiologically advantageous light sources.</p>
<p>17.7 Promote the development, transfer, dissemination and diffusion of environmentally sound technologies to developing countries on favorable terms, including on concessional and preferential terms, as mutually agreed</p>	<p>Consider physiologically advantageous light sources, here</p>

Table 2. Targets related to light pollution that belong to the classes of primary human needs, landscapes in danger and worldwide cooperation. The first column shows the original texts with accentuation by the authors. The second column specifies the relatedness.

In the first column of Table 2 relevant Targets belonging to the above specified classes of primary human needs, landscapes in danger and worldwide cooperation are listed. These three classes unify nine Goals, but only six Targets from six Goals are found to be related. The second column indicates how the given Target is related to the light pollution or sometimes to the lack of that.

In the first column of Table 3 six relevant Targets are listed that belong to five different Goals from the altogether eight possible Goals in the classes of equality between humans and an efficient, sustainable economy. The second column indicates relatedness of the given Target to light pollution, also here.

Target	Relatedness
<p>1.4. By 2030, ensure that all men and women, in particular the poor and the vulnerable, have equal rights to economic resources, as well as access to basic services, ownership and control over land and other forms of property, inheritance, natural resources, appropriate new technology and financial services, including microfinance</p>	<p>Consider physiologically advantageous light sources, here</p>

<p>4.7. By 2030, ensure that all learners acquire the knowledge and skills needed to promote sustainable development, including, among others, through education for sustainable development and sustainable lifestyles, human rights, gender equality, promotion of a culture of peace and non-violence, global citizenship and appreciation of cultural diversity and of culture's contribution to sustainable development</p>	<p>Education of the light pollution issue belongs to here</p>
<p>9.4 By 2030, upgrade infrastructure and retrofit industries to make them sustainable, with increased resource-use efficiency and greater adoption of clean and environmentally sound technologies and industrial processes, with all countries taking action in accordance with their respective capabilities</p>	<p>Consider physiologically advantageous light sources, here</p>
<p>12.4 By 2020, achieve the environmentally sound management of chemicals and all wastes throughout their life cycle, in accordance with agreed international frameworks, and significantly reduce their release to air, water and soil in order to minimize their adverse impacts on human health and the environment</p>	<p>Light pollution also has adverse impact on human health and the environment.</p>
<p>12.8 By 2030, ensure that people everywhere have the relevant information and awareness for sustainable development and lifestyles in harmony with nature</p>	<p>Education of the light pollution issue belongs to here.</p>
<p>13.3 Improve education, awareness-raising and human and institutional capacity on climate change mitigation, adaptation, impact reduction and early warning</p>	<p>Teach that energy efficiency should be realized by physiologically advantageous lamps.</p>

Table 3. Targets related to light pollution that belong to the classes of equality between humans and efficient, sustainable economy. The first column shows the original texts with accentuation by the authors. The second column specifies the relatedness.

In the two tables one can establish the following types of relatedness to the light pollution. The realization of five Targets (1.4, 7.1, 9.4, 15.5 and 17.7) should be performed by light sources that are advantageous for the people concerning the amount and spectral features of the light they irradiate. In one case (2.4) light pollution may hinder the realization of the Target.

The effects and tasks, mentioned by three Targets (3.9, 11.6 and 12.4) aiming for chemical pollution and wastes, should also be considered for light pollution, as well. In three further Targets (4.7, 12.8 and 13.3) the highlighted education should include knowledge on the light pollution, as well.

Conclusion

According to the original numbering, nine relevant Targets (1.4; 4.7; 7.1; 9.4; 11.6; 12.8; 13.3; 15.5 és 17.7) belong to the Goals on No poverty, Education, Energy, Innovative industry, Cities, Responsible consumption and production, Climate Action, Life on Land and Partnerships. One should consider light pollution and advantageous light sources into these Goals. Two further Targets (3.9 and 12.4) where harmful effects of light pollution should be considered, are related to the Goals on Health and on Responsible consumption and production. Finally, Target 2.4 where light pollution may hinder the realization of the original Target, belongs to the Goal on Food. All these Goals are represented by one Target related to light pollution except Goal 12 represented by two related Targets.

Finally, let us characterize the above defined classes concerning their relatedness to light pollution. From the class Primary needs of humans, only Water and sanitation is not related, whereas Food, Health and Energy are. From Equality between humans No poverty and Education are related. From the class Efficient, sustainable economy Economic growth is not related, but Innovative industry, Responsible consumption and production, as well, as Climate action are. From the class Landscapes in danger obviously Cities and Life on land are related, Life in water is not. From the class Worldwide cooperation the Goal on Partnerships is related to light pollution via one of the Targets.

Acknowledgement

The project is supported by the European Union and co-financed by the European Social Fund (Grant no. EFOP-3.6.2- 16-2017-00014; Development of international research environment for light pollution studies).

References:

(All listed internet sources were available on July 5, 2020.)

BRUNTLAND COMMISSION REPORT (1987): Our Common Future. Report of the World Commission on Environment and Development 300 p. (<http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf>)

- GOODLAND, R., DALY, H. (1996). Environmental Sustainability: Universal and Non-negotiable. *Ecological Applications*, 4(6), 1002–1017. DOI: <https://doi.org/10.2307/2269583>
- HARVEY, R. (2016). Co-ops commit to UN Sustainable Development Goals. (<http://www.thenews.coop/106853/news/co-operatives/co-ops-commit-un-sustainable-development-goals/>)
- KISS, K., MORELLI J. (2016). Discussing Sustainability. LAP Lambert Acad. Publishing 129 p.
- MIKA J., TOTH, B. (2017). Environmental aspects of the Sustainable Development Goals (2016-2030) (in Hungarian) In: Mrazik J. (szerk.) HERA ÉVKÖNYVEK 2016: A TANULÁS ÚJ ÚTJAI. Magyar Nevelés- és Oktatókutatók Egyesülete, Budapest, 549–569
- SDG, 2015: United Nations Resolution A/RES/70/1 of 25 September 2015. (http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=E)
- UN SDG Report (2016): The Sustainable Development Goals Report, United Nations, New York, 56 p (<http://www.un.org.lb/Library/Assets/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2016-Global.pdf>)
- VLADIMIROVA, K., LE BLANC, D. (2015). How well are the links between education and other sustainable development goals covered in UN flagship reports? A contribution to the study of the science-policy interface on education in the UN system. DESA Working Pap. 146, 32 p. (http://www.un.org/esa/desa/papers/2015/wp146_2015.pdf)

TARTALOMJEGYZÉK

Szűcs Péter, Fintha Gabriella, Tamási Gergő	
Mohaadatok a gödöllői városi köztemetőből.....	5
Teplánszki Dóra, Korompai Tamás	
A Vércfény-hangyaboglárka, <i>Maculinea teleius</i> (Lepidoptera: Lycaenidae) mátrai állományának vizsgálata és a megmentésére irányuló kísérlet.....	13
Tatár László, Horotán Katalin, Varga Janos,	
Necrophag rovarok igazságügyben. <i>Lucilia sericata</i> (Diptera, Calliphoridae) jelentősége a tetemek lebontásának folyamatában.....	31
Fibecz Éva Anikó	
Gödöllő szelektív hulladékgyűjtése.....	51
Kiszely Kinga, Szalay Krisztina	
Környezeti attitűd vizsgálata alsó tagozatos gyermekek körében	73
Szabó Orsolya, Emri Zsuzsa	
Az autizmus spektrum betegséggel élő gyerekek iskolai integrációjának lehetősége.....	91
Kolláth Zoltán, Mika János, Péntzesné Kónya Erika (szerk):	
Nemzetközi kutatási környezet kialakítása a fényszennyezés vizsgálatának területén	107
Zoltán Kolláth	
Foreword	109
Zoltán Kolláth, Dénes Száz, Kai Pong Tong, Kornél Kolláth	
Light Pollution Survey in Hungarian National Parks.....	111
Andrea Pozsgai, Alexandra Pusztai-Eredics, Gábor Baranyai, Tibor Lenner	
The connection between public lighting modernisation and light pollution: The Dunaújváros pattern.....	125
Kai Pong Tong, Zoltán Kolláth	
Future long-term night sky monitoring projects shall use multispectral imaging sensors when possible	133
István Gyarmathy, Tamás Korompai, Richárd Novák, János Varga, Miklós Dombos	
Investigation of insect attraction effect of lamps with different color temperatures	147
József Gyurácz, Zoltán Lukács, Péter Molnár, Zoltán Kolláth	
Light and territoriality: A preliminary report on a capture-recapture study of common Blackbird (<i>Turdus Merula</i>)	157
Magdolna Dani, Péter Molnár, Anna Skribanek	
The sensitivity of herbaceous plants to light Pollution.....	173
János Mika, Anna Apró	
Connections of the light pollution issue to the un sustainable development goals.....	183