

Zanieczyszczenie światłem – czarna plama w edukacji!

Karolina Jasińska, Piotr Kowal

Abstrakt. Zanieczyszczenie światłem jest jednym z głównych typów zanieczyszczenia powodowanych przez człowieka. Sztuczne oświetlenie w dużych miastach, zbędne oświetlenie szlaków komunikacyjnych, czy niepotrzebnie włączone światło w domu powoduje ogromny wpływ na organizmy żywe, z czego często nie zdajemy sobie sprawy. Zanieczyszczenie światłem kojarzy nam się przede wszystkim z zaburzeniem widoczności gwiazd w nocy. Tymczasem zanieczyszczenie światłem powoduje także zaburzenia w behawiorze i fizjologii zwierząt – zmiany w cyklu dobowym, problemy w orientacji przestrzennej, zaburzenia komunikacji czy ekologii zwierząt, zaburzenia rozrodu i innych procesów fizjologicznych. Co więcej, zanieczyszczenie światłem ma wpływ na cały szereg zwierząt – począwszy od bezkręgowców, a skończywszy na człowieku. Na świecie coraz częściej mówi się o problemie zanieczyszczenia światłem. Jednak, aby skutecznie walczyć z tym problemem należy zacząć od edukacji o tym, czym jest to zagrożenie, co powoduje i jak mu skutecznie zapobiegać. Edukację w tym kierunku prowadzi między innymi NASA (National Aeronautics and Space Administration) czy IDA (Dark-Sky Association), organizacja stworzona specjalnie do walki z zanieczyszczeniem światłem. Także duże aglomeracje miejskie starają się edukować swoich mieszkańców w tej kwestii i ograniczać zanieczyszczenie światłem (np. Lights Out Toronto!). A my? Czy my możemy w jakiś sposób zapobiegać zanieczyszczeniu światłem? W jaki sposób o tym mówić?

Słowa kluczowe: sztuczne światło, zanieczyszczenie, zaburzenia w ekologii, zaburzenia w fizjologii, edukacja

Abstract. Light pollution - black mark in education! Light pollution is one of the major types of pollution caused by men. Artificial lighting in big cities, excessive lighting on transportation routes or households affect living organisms, which the general public are not really aware of. Light pollution is usually mostly associated with the inability to see the stars at night whereas, in fact, it leads to behavioral and physiological disorders such as changes in the diurnal cycle, problems with spatial orientation, disturbance in communication or animal ecology, reproduction disorders, etc. Light pollution affects, moreover, almost every living organism ranging from invertebrates to humans themselves. As the problem of light pollution is becoming more and more recognisable worldwide, it is advisable that people should be better educated about it. They need to know what light pollution is, what it causes and how to prevent it. To illustrate, public campaigns against light pollution conducted by NASA (National Aeronautics and Space Administration) or IDA (Dark-Sky Association), an organisation dedicated to combating light pollution, are focused on education first. Also big cities try to educate their citizens about light pollu-

tion and its prevention, e.g. Toronto has launched its 'Lights Out Toronto!' campaign. Now, the only question left is how Polish citizens can prevent light pollution.

Key words: artificial light, pollution, ecological disorders, physiological disorders, education

Czym jest zanieczyszczenie światłem?

Wykorzystanie sztucznego oświetlenia w przeciągu ostatnich 20-30 lat dramatycznie wzrosło (Cinzano i in. 2001, Smith 2009). Choć wydaje się ono w obecnych czasach niezbędne do funkcjonowania człowieka, to zbyt duża jego ilość wpływa nie tylko na człowieka, ale też na inne organizmy żywe czy całe ekosystemy (Hölker i in. 2010, Bobkowska i in. 2016). Obserwuje się, że zmiany jakie wykazują zwierzęta obecne na terenach sztucznie oświetlonych są dla nich niekorzystne, dlatego termin określający niepożądany wpływ sztucznego oświetlenia na przyrodę (w tym człowieka) nazwano zanieczyszczeniem światłem (Longcore i Rich 2004, Navara i Nelson 2007, Hölker i in. 2010). Zanieczyszczenie światłem jest powodowane przez nadużycie lub niewłaściwe stosowanie sztucznego oświetlenia. Przy użyciu zbyt dużej ilości światła lub bezsensownym skierowaniu oświetlenia bezpośrednio w niebo, światło rozprasza cząstki w atmosferze, tworząc blask dodatkowego światła (DeAngelo 2013). Nadmiar sztucznego oświetlenia został sklasyfikowany jako nowy rodzaj zanieczyszczenia na początku XXI wieku i obecnie jest to jedno z najpoważniejszych zagrożeń dla bioróżnorodności i funkcjonowania ekosystemów (Hölker i in. 2010).

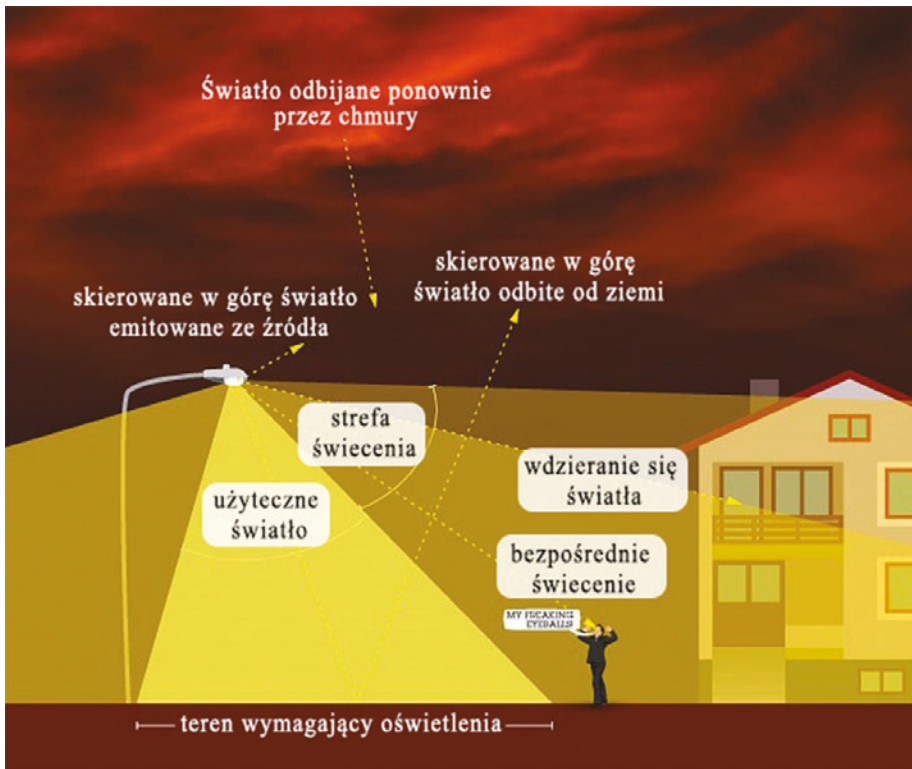
Nadmierne sztuczne oświetlenie powoduje 4 efekty (ryc. 1) (The Royal Commission On Environmental Pollution 2009, Gaston et al. 2012, Nawalkowski 2017).

Świecenie (ang. glare) to efekt pojawienia się sztucznego światła na obszarze, gdzie panuje ciemność. Może ono powodować zupełne oślepienie (efekt podobny do patrzenia w słońce – częściowa lub całkowita utrata wzroku), upośledzenie widzenia (efekt oślepienia przez samochód – obniżenie możliwości widzenia) lub przeszkadzać w wykonywaniu czynności (przy czym nie stwarza niebezpiecznych sytuacji). Efekt świecenia nazywany jest w języku polskim także blaskiem, oślepieniem czy przewymiarowaniem światła.

Jarzenie się nieba (ang. skyglow) to skutek rozpraszania sztucznego światła przez zanieczyszczenia pyłowe zawarte w powietrzu. Uniemożliwia ono obserwowanie gwiazd i innych ciał niebieskich na niebie. Efekt jarzenia się nieba nazywany jest w języku polskim także luną miejskiego nieba, sztucznym brzaskiem, smogiem świetlnym.

Słotczenie światła (ang. light clutter) to nadmierne gromadzenie źródeł sztucznego światła, takich jak latarnie, neony czy ledowe tablice reklamowe. Nagromadzenie w jednym miejscu sztucznego oświetlenia powoduje dezorientację, rozprasza i skutkuje wypadkami. Efekt słotczenia światła nazywany jest w języku polskim także zakłóceniami świetlnymi czy symfonią świateł.

Ostatnim efektem powodowanym przez sztuczne oświetlenie jest wdzieranie się światła na tereny, gdzie jest ono zbędne czy nawet niepożądane (ang. light trespass). Taki efekt kojarzony jest z latarnią zapaloną przy oknie sypialni, która utrudnia zasypianie i zaburza sen. Ten efekt zanieczyszczenia światłem nazywany jest w języku polskim także światłem niepożądanym, zbłąkanym.



Ryc. 1. Efekty powodowane przez sztuczne oświetlenie (Gocova 2013, zmienione)
 Fig. 1. Effects caused by artificial lighting

Problemy związane z zanieczyszczeniem światłem

Istnieje kilka typów oddziaływania zanieczyszczenia światłem na ludzi i zwierzęta z czego najczęściej wymienia się oddziaływanie astronomiczne i ekologiczne. Zanieczyszczenie światłem kojarzy się głównie z oddziaływaniem astronomicznym. Ludzie w mieście nie są już w stanie obserwować większości gwiazd na niebie w nocy, a w niektórych krajach gwiazd nie widać już wcale. Jest to duży problem nie tylko dla astronomów, ale także ludzi czy zwierząt, które w czasie migracji posługują się nawigacją na podstawie gwiazd (Longcore i Rich 2004). Jednak najbardziej niepożądany wpływ jaki powoduje zanieczyszczenie światłem na organizmy żywe to oddziaływanie ekologiczne.

Oddziaływanie ekologiczne sztucznego światła powoduje różnego rodzaju zaburzenia w behawiorze zwierząt – zmiany w cyklu dobowym (Dominoni 2015, LeTellec i in. 2015), problemy w orientacji przestrzennej, zaburzenia rozrodu, komunikacji czy ekologii zwierząt (Longcore i Rich 2004). Zanieczyszczenie światłem powoduje zacieranie się granicy pomię-

dzy dniem a nocą (Hölker i in. 2010), powodując zmiany w cyklu dobowym zwierząt. Zmiany te dotyczą najczęściej gatunków aktywnych w dzień, które na skutek sztucznego oświetlenia wydłużają swoją aktywność na terenach zanieczyszczonych światłem. Przykładowo dzienne gatunki ptaków rozpoczynają śpiewanie przed świtem (Kempnaers i in. 2010) lub przeciągają zerowanie do nocy, tam, gdzie występuje sztuczne oświetlenie (Santos i in. 2010).

Poważnym problemem są problemy z orientacją przestrzenną lub zmiany kierunków migracji wywołane sztucznym światłem. Oprócz wspomnianych wcześniej problemów z nawigacją, powodowanych przez niemożność zobaczenia gwiazd, obserwowane są także zmiany kierunku migracji wywołane przez obecność źródła dodatkowego światła. Zmiany te dotyczą zarówno małych zwierząt, takich jak nietoperze (Stone i in. 2009) czy ptaki (Longcore i Rich 2004), jak też większych, takich jak duże ssaki kotowate, które w czasie wędrówek wyraźnie unikają terenów oświetlonych (Longcore i Rich 2004). Jednym z najbardziej znanych efektów zanieczyszczenia światłem jest dezorientacja świeżo wyklutych żółwi morskich, które zamiast do morza kierują się w stronę miast, biorąc mylnie lunę światła nad nimi za odbłaski światła na wodzie (Longcore i Rich 2004). Sztuczne światło może także przywabiać różne gatunki zwierząt – ryby, płazy (Longcore i Rich 2004), gady (Zozaya i in. 2015) czy ptaki, które wpadając na jasno oświetlone budynki giną w wyniku kolizji lub stają się łatwą ofiarą dla drapieżnika (Longcore i Rich 2004). Także bezkręgowce przywabiane przez światło mogą mieć problemy z zasiedlaniem nowych miejsc (Perkin i in. 2013) lub stać się ofiarami dla drapieżników takich jak gekony (Zozaya i in. 2015), czy nietoperze (Schoeman 2016).

Zanieczyszczenie światłem powoduje zaburzenia w rozrodzie zwierząt. Zauważono na przykład, że zwierzęta zasiedlające miasta szybciej przystępują do rozrodu. Dotyczy to szczególnie ptaków (Kampnaers i in. 2010, Longcore 2010, Dominoni 2015), ale także ssaków (LeTallec i in. 2015). Zaburzenia w rozrodzie obserwowano także u owadów występujących w miejscach nagromadzenia sztucznego światła (Van Geffen i in. 2015), np. świetlików, których samce z powodu zanieczyszczenia światłem nie są w stanie zlokalizować samic (Longcore i Rich 2004).

Brak granicy pomiędzy dniem a nocą skutkuje nie tylko zaburzeniami w całych ekosystemach, czy w behawiorze zwierząt, ale też w ich fizjologii (Hölker i in. 2010, Meyer i Sullivan 2013, Cyunel i in. 2015). Wśród problemów natury fizjologicznej wskazuje się głównie problemy w gospodarce melatoniny, hormonu obecnego właściwie u wszystkich organizmów żywych, syntezowanego w ciemności (Durrant 2015). Sztuczne oświetlenie dające efekt wydłużania się dnia powoduje supresję melatoniny, działającej antyoksydacyjnie i antykanцерогennie (Kaleta 2007). Powoduje to zaburzenia wzrostu we wczesnych stadiach życia, np. u ryb (Bruning i in. 2011), zaburzenia funkcji immunologicznych (Durrant i in. 2015), czy przyspieszone starzenie się (Vinogradova i in. 2010, Durrant i in. 2015).

Także u ludzi długotrwałe wystawianie się na sztuczne światło w nocy powoduje problemy ze snem czy choroby układu krwionośnego (Cho i in. 2015), ale także niedobór melatoniny, co zwiększa ryzyko raka piersi i prostaty (Haim i Zubidat 2015).

Zapobieganie zanieczyszczeniu światłem

W celu skutecznego zapobiegania zanieczyszczeniu światłem należy najpierw zrozumieć, czym takie zagrożenie jest i co może powodować. Ponadto, ponieważ jest to zagrożenie, które pojawiło się stosunkowo niedawno, ciągle nie jest ono dobrze poznane, tak jak nie jest do

końca zbadany jego wpływ na organizmy żywe. Organizacje poświęcone walce z zanieczyszczeniem światłem zwracają uwagę na potrzebę ciągłych badań nad efektami wywoływanymi przez sztuczne światło (m.in. Dark-Sky Association, www.darksky.org). Wiedza na ten temat pozwoli na opracowanie skutecznych strategii i regulacji dla ochrony środowiska przed sztucznym oświetleniem.

Sztuczne światło jest obecnie niezastąpione dla aktywności człowieka. Pozwala człowiekowi na dłuższą aktywność w czasie zimy, czy na bezpieczne poruszanie się w ciemności. To, że sztuczne światło dla człowieka daje wiele możliwości, dlatego tak trudno jest połączyć je z negatywnym oddziaływaniem jakie powoduje. Tym bardziej trudno jest uwierzyć, że sztuczne światło może być większym zagrożeniem niż pomocą (Hölker i in. 2010). Właśnie z tego powodu najważniejsza w chwili obecnej jest edukacja na temat sztucznego oświetlenia i zanieczyszczenia światłem. Edukacja ta powinna być skierowana do jak największej liczby osób, np. poprzez akcje społeczne czy internet. W Polsce znana jest inicjatywa pt. „Godzina dla Ziemi”, akcja prowadzona przez WWF (www.earthhour.org). Akcja ta spotyka się często z krytyką, ponieważ trwa zaledwie 60 minut w ciągu całego roku, co nie pozwala nawet w minimalnym stopniu ograniczyć negatywnego wpływu na przyrodę. Dodatkowo zbyt mało pojawia się informacji związanych z tą inicjatywą.

W celu edukacji ludzi na temat zagrożenia powodowanego przez sztuczne światło, najlepsze są długoterminowe akcje, które jasno podają zagrożenie jakiemu przeciwdziałają. Przykładem takiej akcji jest Lights Out Toronto! (www.flap.org/toronto-lights-out.php). Akcja ta ma na celu wyłączenie świateł w biurach po pracy i w weekendy, co ogranicza liczbę kolizji ptaków z budynkami. Długotrwała akcja zwraca uwagę społeczeństwa na kolizje ptaków z wysokimi budynkami, w których świeci się światło, co pozwala mieszkańcom Toronto przede wszystkim zwrócić uwagę na ten problem, ale także zastanowić się dlaczego do takich sytuacji dochodzi i jaką rolę odgrywa w nich sztuczne oświetlenie.

Ponadto w dobie internetu najskuteczniejsza edukacja prowadzona jest w sieci. Do tej pory powstało wiele różnych stron internetowych poświęconych zanieczyszczeniu światłem (np. Dark-Sky Association, www.darksky.org, Globe at Night, www.globeatnight.org). Strony te skupiają się głównie na edukacji, która może być prowadzona przez każdego człowieka. Edukacja na temat sztucznego oświetlenia i zanieczyszczenia światłem nie musi być od razu prowadzona na szeroką skalę. Ważna jest także edukacja wśród najbliższych osób, takich jak rodzina, znajomi, sąsiedzi, a materiały udostępniane przez organizacje walczące z zanieczyszczeniem światłem na stronach internetowych pozwalają na samodzielną edukację wszystkich zainteresowanych. Warto jednak zwrócić uwagę, że są to głównie strony angielskojęzyczne, niedostępne dla ludzi nieznających tego języka. Według wiedzy autorów w chwili obecnej w Polsce istnieje tylko jedna strona całkowicie poświęcona temu problemowi – strona Programu Ciemne Niebo (www.ciemneniebo.pl).

Należy także pamiętać, że ważna jest edukacja nie tylko w szkołach, na uczelniach wyższych, ale także w różnego rodzaju klubach czy organizacjach.

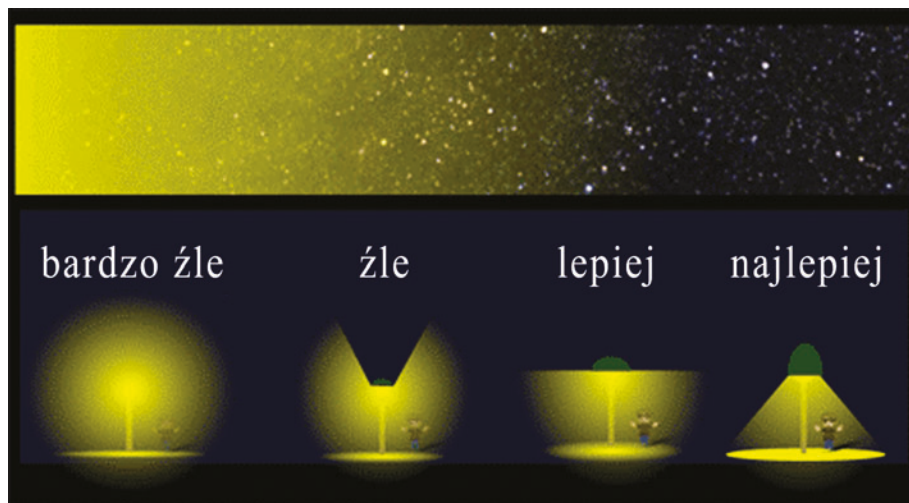
O czym edukować?

Edukacja na temat zanieczyszczenia światłem czy sztucznego oświetlenia powinna dotyczyć w dużej mierze efektów powodowanych przez sztuczne oświetlenie. Ważne jest tu także

podkreślenie efektów i zagrożeń jakie dla ludzkiego zdrowia niesie zbyt długa ekspozycja na sztuczne światło.

Edukacja ta powinna także podkreślać to, co może zrobić każdy z nas, aby minimalizować efekty powodowane przez sztuczne światło. Na środowisko przyrodnicze największy efekt ma oświetlenie zewnętrzne, które często pozostaje włączone bez potrzeby, powodując właśnie zanieczyszczenie światłem. Ważne są tu trzy zasady, które pomogą ograniczać niekorzystny efekt sztucznego oświetlenia:

1. Odpowiednio dobierz oświetlenie zewnętrzne (ryc. 2)!
2. Używaj żarówek o małej mocy, emitujących ciepłe białe światło!
3. Oświetlaj tylko to, co konieczne i wtedy, kiedy jest to konieczne!



Ryc. 2. Odpowiedni dobór lampy do oświetlenia ulicznego (www.penny4nasa.org)
Fig. 2. The proper choice of street lighting

Ponieważ sztuczne oświetlenie stosowane na zewnątrz domów jest niezbędne, ważne jest by było dobrane w taki sposób, aby najbardziej ograniczać negatywny wpływ sztucznego światła na środowisko. Najbardziej obiecujące są lampy, które kierują światło bezpośrednio na oświetlany obiekt (rys. 2). Czasami montowane są lampy tuż przy ziemi, które oświetlają obiekty od dołu. Stosowanie tego typu źródła światła jest najgorsze dla otoczenia (Hölker i in. 2010, www.darksky.org). Światło wykorzystywane do oświetlenia zewnętrznych obiektów powinno być tak dobrane, aby powodować jak najmniejszą szkodę w środowisku przyrodniczym. Badania wykazały, że najlepsze jest słabe białe światło. Ważne jest też stosowanie timerów i sensorów pozwalających na wyłączenie się światła wtedy, kiedy nie jest ono potrzebne (Hölker i in. 2010).

Podsumowanie

Zanieczyszczenie światłem jest problemem, który staje się coraz bardziej poważny. Niemniej jednak, edukacja związana z tym zagadnieniem wydaje się w tej chwili jedynym skutecznym sposobem na walkę i zapobieganie temu problemowi. Ponieważ współczesne społeczeństwo nie jest w stanie zrezygnować ze sztucznego oświetlenia, eliminując tym samym problem zanieczyszczenia światłem, dlatego ważne jest podjęcie próby zminimalizowania tego problemu. Edukacja społeczeństwa musi być prowadzona na szeroką skalę, aby „dobra praktyka” stosowania odpowiedniego oświetlenia dotarła do jak największej rzeszy ludzi. Ważna jest także edukacja wśród najbliższych – przyjaciół, rodziny, ponieważ najniebezpieczniejsza jest niewiedza dotycząca wpływu sztucznego światła na przyrodę i człowieka.

Literatura

- Bobkowska K., Janowski A., Jasińska K., Kowal P., Przyborski M. 2016. Light pollution in the context of threats to the wildlife corridors. 16th International Multidisciplinary Scientific Geoconference (SGEM 2016), Book 6 (3): 665-670. Technology Ltd, Albena, Bulgaria.
- Bruning A., Hölker F., Wolter C. 2011. Artificial light at night: implications for early life stages development in four temperate freshwater fish species. *Aquatic Sciences*, 73: 143-152.
- Cho Y., Ryu S.H., Lee B.R., Kim K.H., Lee E., Choi J. 2015. Effects of artificial light at night on human health: A literature review of observational and experimental studies applied to exposure assessment. *Chronobiology International*, 32: 1294-1310.
- Cinzano P., Falchi F., Elvidge C.D. 2001. The first World Atlas of the artificial night sky brightness. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 328: 689-707.
- Cyunel M., Czaplicka A., Stochel-Cyunel J. 2015. Oświetlenie miejskie w kontekście zanieczyszczenia światłem. *Kosmos*, 4: 537-544.
- DeAngelo J. 2013. Light Pollution and NASA: Combating the “Dark Side” of Light.
- Dominoni D.M., Van’t Hof T.J., Partecke J. 2015. Social cues are unlikely to be the single cause for early reproduction in urban European blackbirds (*Turdus merula*). *Physiology & Behavior*, 142: 14-19.
- Durrant J., Michaelides E.B., Rupasinghe T., Tull D., Green M.P., Jones T.M. 2015. Constant illumination reduces circulating melatonin and impairs immune function in the cricket *Teleogryllus commodus*. *PeerJ*, 3: 23.
- Gaston K.J., Davies T.W., Bennie J., Hopkins, J. 2012. REVIEW: Reducing the ecological consequences of night-time light pollution: options and developments. *Journal of Applied Ecology*, 49: 1256-1266.
- Gocova A. 2013. The Night Issue. *Alternatives Journal* 39: 5.
- Haim A. Zubidat A.E. 2015. Artificial light at night: melatonin as a mediator between the environment and epigenome. *Phil. Trans. R. Soc. B*, 370.
- Hölker F., Moss T., Griefahn B., Kloas W., Voigt C.C., Henckel D., Hanel A., Kappeler P.M., Volker S., Schwöpe A., Franke S., Uhrlandt D., Fischer J., Klenke R., Wolter C., Tockner K. 2010. The Dark Side of Light: A Transdisciplinary Research Agenda for Light Pollution Policy. *Ecology and Society*, 15: 11.
- Kaleta T. 2007. Wpływ niektórych antropogenicznych zmian środowiskowych na zachowanie się zwierząt. *Życie weterynaryjne*, 83: 375-378.
- Kempenaers B., Borgström P., Loës 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.
- LeTallec T., Théry M., Perret M. 2015. Effects of light pollution on seasonal estrus and daily rhythms in a nocturnal primate. *Journal of Mammalogy*, 96: 438-445.
- Longcore T., Rich C. 2004. Ecological light pollution. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2: 191-198.
- Meyer L.A., Sullivan S.M.P. 2013. Bright lights, big city: influences of ecological light pollution on

- reciprocal stream-riparian invertebrate fluxes. *Ecological Applications*, 23: 1322-1330.
- Navara K.J., Nelson R.J. 2007. The dark side of light at night: physiological, epidemiological, and ecological consequences. *Journal of Pineal Research*, 43: 215-224.
- Navalkowski P. 2017. Pojęcie zanieczyszczenia sztucznym światłem i jego zakres. www.ciemnieniebo.pl/zanieczyszczenie-sztuczny-swiatlem.
- Perkin E.K., Hoelker F., Tockner K. 2014. The effects of artificial lighting on adult aquatic and terrestrial insects. *Freshwater Biology*, 59: 368-377.
- Santos C.D., Miranda A.C., Granadeiro J.P., Lourenco P.M., Saraiva S., Palmeirim J.M. 2010. Effects of artificial illumination on the nocturnal foraging of waders. *Acta Oecologica-International Journal of Ecology*, 36: 166-172.
- Schoeman M.C. 2016. Light pollution at stadiums favors urban exploiter bats. *Animal Conservation*, 19: 120-130.
- Smith M. 2009. Year of astronomy: Time to turn off the lights. *Nature*, 457: 27-27.
- Stone E.L., Jones G., Harris S. 2009. Street Lighting Disturbs Commuting Bats. *Current Biology*, 19: 1123-1127.
- The Royal Commission on Environmental Pollution. 2009. *Artificial Light in the Environment*. TSO, London.
- Van Geffen K.G., Groot A.T., Van Grunsven R.H.A., Donners M., Berendse F., Veenendaal E.M. 2015. Artificial night lighting disrupts sex pheromone in a noctuid moth. *Ecological Entomology*, 40: 401-408.
- Vinogradova I.A., Anisimov V.N., Bukalev A.V., Ilyukha V.A., Khizhkin E.A., Lotosh T.A., Semenchenko A.V., Zabezhinski M.A. 2010. Circadian disruption induced by light-at-night accelerates aging and promotes tumorigenesis in young but not in old rats. *Aging (Albany NY)*, 2: 82.
- Zozaya S.M., Alford R.A., Schwarzkopf L. 2015. Invasive house geckos are more willing to use artificial lights than are native geckos. *Austral ecology*, 40: 982-987.
- Witryny internetowe
<http://www.penny4nasa.org/2013/07/09/light-pollution-and-nasa-combating-the-dark-side-of-light/>
(dostęp z dn. 18.12.2017 r.)

Karolina Jasińska, Piotr Kowal
SGGW w Warszawie, Wydział Leśny
karolina.jasinska@wl.sggw.pl