

# Instalacja oświetleniowa placu parkingowego jako źródło zanieczyszczenia świetlnego

Lighting installation of a parking lot as a source of light pollution

TOMASZ ŚCIEŻOR, ANNA CZAPLIKA

DOI 10.36119/15.2023.11.8

Place parkingowe, niejednokrotnie o dużej powierzchni, stają się typowym elementem krajobrazu współczesnych miast i ich otoczenia. Można je znaleźć zarówno przy centrach handlowych, jak też w obrębie kompleksów biurowych czy w pobliżu centrów komunikacyjnych. Oświetlenie ich powierzchni musi zapewnić przede wszystkim ochronę zaparkowanych na nich pojazdów oraz ich użytkowników, lecz również w stopniu minimalnym ingerować w środowisko naturalne. W ramach prowadzonych badań wykonano analizę oświetlenia placu parkingowego w jednym z kompleksów biurowych w Katowicach, jak też zespołu placów parkingowych otaczających jedno z centrów handlowych w Krakowie. W obu przypadkach stwierdzono prawidłową konstrukcję wszystkich zastosowanych źródeł światła. Stwierdzono występowanie zjawiska oślnienia, związanego z oświetlaniem sąsiednich budynków. Głównym jednak problemem jest występowanie obszarów niedoświetlonych, co jest związane zarówno z niewłaściwym przestrzennym rozkładem użytych lamp, jak też z ekranowaniem części oświetlenia przez różnego rodzaju obiekty terenowe, takie jak tablice reklamowe czy drzewa.

*Słowa kluczowe: zanieczyszczenie świetlne, sztuczne oświetlenie, place parkingowe, centra handlowe*

Parking lots, often of a large area, are becoming a typical element of the landscape of modern cities and their surroundings. They can be found both at shopping malls, within office complexes or near communication centres. Illumination of their surface must ensure, above all, the protection of parked vehicles and their users, but also minimally interfere with the natural environment. As part of the research, an analysis of the lighting of a parking lot in one of the office complexes in Katowice, as well as a complex of parking lots surrounding one of the shopping centres in Krakow, was carried out. In both cases, the proper construction of all the light sources used was found. The phenomenon of glare related to the illumination of neighbouring buildings was found. However, the main problem is the presence of underexposed areas, which is related to both the incorrect spatial distribution of the lamps used, as well as the shielding of part of the lighting by various types of terrain objects, such as billboards or trees.

*Keywords: light pollution, artificial lighting, parking lots, shopping malls*

## Wprowadzenie

Problematyka zanieczyszczenia świetlnego, określanego też jako zanieczyszczenie światłem (ang. *light pollution*), była już kilkakrotnie poruszana na łamach czasopisma Instal [1, 2], jak również wielu publikacji krajowych [3, 4, 5] i zagranicznych [6, 7, 8]. O ile dawniej aspekty astronomiczne oraz ekologiczne tego zagadnienia były poruszane oddzielnie [9, 10, 11], o tyle obecnie daje się zauważyć tendencje do rozpatrywania ich razem [11, 12]. Coraz częściej zwraca się również uwagę nie tyle na ograniczanie sztucznego oświetlenia w nocy, co na taką jego konstrukcję, aby przy redukcji tzw. oświetlenia jałowego, szkodliwego środowiskowo, poprowadziło się oświetlenie obiektów oświetlanych [13]. W obliczu trwającego kryzysu energetycznego zwraca się przede wszystkim uwagę na zapewnienie optymalnego oświetlenia przy najmniejszych kosztach jego wytworzenia [14].

Tradycyjnie, do negatywnych zjawisk, związanych z niewłaściwą konstrukcją oświetlenia nocnego, określanych łącznie jako zanieczyszczenie świetlne, zalicza się przede wszystkim oślnienie, określane często jako oślepienie (ang. *glare*) oraz zaświecanie okolicy (ang. *trespass*) [15]. Zjawiska te, często występujące wspólnie, mają zasięg lokalny. Niewłaściwie skierowane, zbyt silne światło, oświetlające teren sąsiedni w stosunku do intencjonalnie oświetlanego (zaświecanie), oddziałuje bezpośrednio na zmysł wzroku ludzi i zwierząt, powodując zaburzenia percepcji wzrokowej (oślepienie). Przyczyną powstawania tych zjawisk jest m.in. kierowanie strumieni światła w płaszczyźnie zbliżonej do płaszczyzny horyzontu lub nawet powyżej niej [16]. Światło to rozprasza się w atmosferze, wywołując efekt sztucznej poświaty niebieskiej, nazywanej również łuną świetlną (ang. *sky glow*) [17]. Łuna świetlna, jako jasny obiekt powierzchniowy świecący na nocnym niebie, oddziałuje w sposób bezpośredni nawet na od-

dalone od źródeł światła ekosystemy nocne. W efekcie, często pod pojęciem zanieczyszczenia świetlnego rozumie się właśnie łunę świetlną [18]. Źródłami sztucznej poświaty niebieskiej (łuny świetlnej) są najczęściej miasta [19]. Analiza zdjęć satelitarnych pokazujących radiancję, czyli emisję światła w kosmos, pozwala stwierdzić, że głównym źródłem tej emisji są wielkopowierzchniowe szklarnie, zakłady przemysłowe oraz miasta. Z kolei, w obrębie miast źródłami tymi są przede wszystkim kompleksy biurowe oraz centra handlowe. Na fakt ten, w przypadku kompleksów biurowych, zwrócono uwagę pod koniec XX w., przy czym już wtedy zauważono istotny czynnik oświetlenia parkingów, znajdujących się w ich obrębie [20, 21]. W ostatnich latach budowanych jest coraz więcej centrów handlowych. Powstają one zarówno w obrębie miast, jak też na ich peryferiach, a nawet w sąsiedztwie obszarów cennych przyrodniczo. Zazwyczaj dużą część ich powierzchni zajmują jasno oświetlone place parkingowe, w znaczącym

dr hab. Tomasz Ścieżor <https://orcid.org/0000-0001-6158-6074>, dr hab. inż. Anna Czaplika <https://orcid.org/0000-0002-2063-9034> [anna.czaplika@pk.edu.pl](mailto:anna.czaplika@pk.edu.pl) – Pracownia Monitoringu Zanieczyszczenia Świetlnego, Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki, Politechnika Krakowska, Kraków. Adres do korespondencji/ Corresponding author: [tsciezor@pk.edu.pl](mailto:tsciezor@pk.edu.pl)

stopniu przyczyniając się do powstania bądź rozjaśnienia istniejącej tony świetlnej. Efekt ten widoczny jest na zdjęciach satelitarnych radiancji [22, 23].

W ramach prac Pracowni Monitoringu Zanieczyszczenia Świetlnego (PMZŚ), działającej w Politechnice Krakowskiej, podjęto badania wpływu oświetlenia kompleksów biurowych oraz centrów handlowych na środowisko naturalne. W poprzednim artykule wykonano analizę oświetlenia jednego z kompleksów biurowych, dla którego prowadzenie prac remontowych umożliwiło określenie wpływu różnych składników oświetlenia budynków na poziom zanieczyszczenia świetlnego w mieście [2]. W badanym wtedy kompleksie biurowym oświetlenie nielicznych naziemnych miejsc parkingowych w znikomym stopniu wpływa na radiancję kompleksu. W związku z powyższym, do obecnej analizy wybrano dwa inne kompleksy: biurowy, zawierający w sobie oddzielne naziemne pole parkingowe oraz handlowy, obejmujący budynek galerii handlowej otoczony kilkoma placami parkingowymi. Dzięki współpracy z administracjami kompleksów, możliwe było nie tylko wykonywanie badań w nocy w różnych warunkach oświetleniowych i pogodowych, jak również z dachów budynków. Wykorzystano również fakt, że w związku z kryzysem energetycznym, w porze nocnej oświetlenie badanych parkingów jest wyłączone.

## Uwarunkowania przestrzenne i czasowe pomiarów

### Kompleks biurowy KA/2022/1

Badany kompleks biurowy (określany dalej jako KA/2022/1) zlokalizowany jest



Rys.1. Kompleks biurowy KA2022/1. Plac parkingowy między budynkami 34 (po lewej) i 36 (po prawej) (fot. T. Ścieżor)  
Fig.1. The office complex KA2022/1. Parking lot between buildings 34 (left) and 36 (right) (photo: T. Ścieżor)

w Katowicach przy ulicy Francuskiej 34-36. Obejmuje on zespół dwóch sześciopiętrowych budynków biurowych oraz, położone między nimi, placu parkingowego z dojazdem (rys.1).

Badany obszar ma kształt zbliżony do trapezu. Całkowita jego powierzchnia równa jest 7190 m<sup>2</sup>, z czego 1593 m<sup>2</sup> zajmuje plac parkingowy wraz z placem manewrowym i dojazdem. Na środku placu manewrowego znajduje się rondo, wewnątrz którego obsadzone jest krzewami. Niezależnie od placu parkingowego, pod kompleksem mieści się

również garaż podziemny, do którego wjazd (oświetlony skierowanym w stronę podłoża bocznym oświetleniem murem) znajduje się wzdłuż północnej elewacji budynku 34. Wejścia do budynków usytuowane są od strony placu parkingowego.

### Centrum handlowe KR/2022/2

Badane centrum handlowe, oznaczone jako KR/2022/2, zlokalizowane jest w Modlniczce (województwo małopolskie), tuż przy granicach administracyjnych Krakowa, w pobliżu węzła komunikacyjnego Modlniczka. Zbiegają się tu: droga krajowa S52, prowadząca do autostrady A4; droga krajowa nr 94; droga krajowa nr 79 oraz droga krajowa nr 7, stanowiąca element IV Obwodnicy Krakowa. Na obszarze tym znajduje się budynek Galerii Handlowej otoczony trzema parkingami naziemnymi: wschodnim (E) i zachodnim (W) oraz północnym (N) (rys.2).

Obszar KR/2022/2 ma kształt zbliżony do prostokąta. Całkowita jego powierzchnia równa jest 249200 m<sup>2</sup>, z czego powierzchnia budynku Galerii Handlowej wynosi 65200 m<sup>2</sup>, pola parkingowego E: 27500 m<sup>2</sup>,

Rys.2. Parking wschodni (E) przy centrum handlowym KR/2022/2 (fot. T. Ścieżor)  
Fig.2. Eastern parking lot (E) at the shopping centre KR/2022/2 (photo: T. Ścieżor)



pola parkingowego W: 33300 m<sup>2</sup>, pola parkingowego N: 20500 m<sup>2</sup>. W sumie obiekt dysponuje 1400 miejscami parkingowymi. Całość kompleksu otoczona jest drogami dojazdowymi. W pobliżu zewnętrznych narożników tych parkingów, w celu ułatwienia komunikacji pomiędzy drogami dojazdowymi, usytuowano trzy ronda. Ronda te znajdują się od strony północno-wschodniej i południowo-wschodniej pola parkingowego E oraz od strony północno-zachodniej pola parkingowego W.

Należy zauważyć, że od wschodu pole parkingowe E graniczy z niezagospodarowanym obszarem leśnym Pasternik.

### Zakres czasowy pomiarów

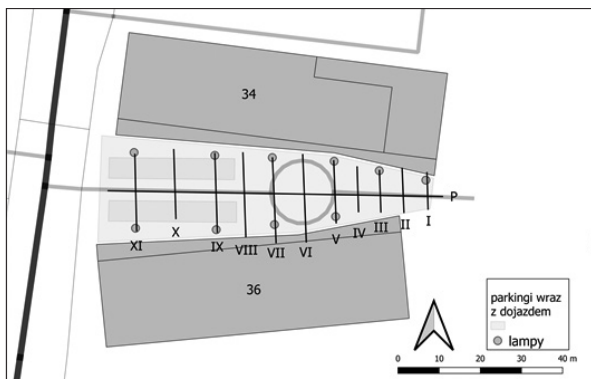
Pomiary wykonywane były w ciągu kilku nocy w okresie 13-20 stycznia 2022 r. (KA/2022/1) oraz 22-26 listopada 2022 r. (KR/2022/2). Pomiary wykonywano zarówno przy niebie zastąpionym niskimi chmurami, jak też przy niebie bezchmurnym. W tym drugim przypadku wybrano taką porę nocy, w której na wyniki pomiarów nie wpływało światło Księżycą.

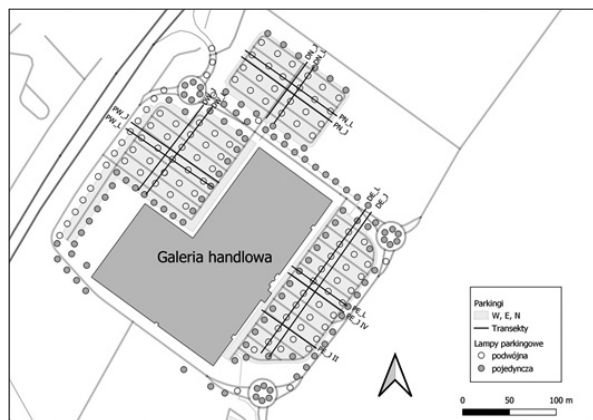
### Specyfikacja oświetlenia

W obu przypadkach oświetlenie pól parkingowych realizowane jest przez lampy wolnostojące, zaznaczone na mapach (rys.3, rys.4).

W przypadku kompleksu biurowego jest to dziesięć lamp z oprawami parkowymi ISKRA LED ALFA 24 o mocy 30 W każda, zamontowanymi na słupach o wysokości 5 m, z których sześć usytuowanych jest wzdłuż południowej elewacji budynku nr 34, a cztery wzdłuż północnej elewacji budynku nr 36.

Rys.3. Mapa obszaru pomiarowego KA/2022/1 z zaznaczonymi transektami pomiarowymi  
Fig.3. Map of the KA/2022/1 measurement area with marked measurement transects





Rys.4.  
Mapa obszaru pomiarowego KR/2022/2 z zaznaczonymi transektami pomiarowymi  
Fig.4. Map of the KR/2022/2 measurement area with marked measurement transects

W przypadku kompleksu handlowego jako źródła oświetlenia powierzchni parkingowych wykorzystane są lampy metalohalogenkowe (MHL) typu CDM-TT, o mocy 150 W każda. Zamontowane są one w oprawach systemu MUSTANG (typu box) na słupach o wysokości 10 m (parkingi E, W i N) (rys. 5a). Wewnątrz obszarów pól parkingowych, na każdym ze słupów (rys. 5b) zamontowane są po dwie oprawy (oświetlenie uliczne dwulampowe), rozmieszczone naprzeciwlegle w kierunku SW-NE. Na słupach umiejscowionych wzdłuż zachodniej (parking W) oraz wschodniej elewacji budynku galerii handlowej (parking E) zamontowane są pojedyncze oprawy (oświetlenie uliczne jednolampowe). Oświetlenie jednolampowe zastosowano również wzdłuż północnej i południowej krawędzi parkingu N oraz południowej krawędzi parkingu E.

### Miejsca usytuowania punktów pomiarowych

Na obszarach analizowanych parkingów wytyczono szereg transektów (przekrojów) pomiarowych, przecinających się pod kątem prostym. W przypadku obszaru KA/2022/1 był to jeden transekt podłużny, poprowadzony w kierunku wschód-zachód pośrodku placu manewrowego między budynkami (P) oraz zespół 11 transektów prostopadłych do powyższego, między elewacjami budynków (I-XI) (rys.3). Transekty poprowadzono zarówno w linii lamp, jak też w połowie odległości między kolejnymi rzędami lamp.

W obrębie obszaru KR/2022/1 poprowadzono po dwa transekty podłużne (jeden w linii lamp i drugi między liniami lamp) dla każdego z parkingów: E, W i N (odpowiednio: DE\_L, DE\_J, DW\_L, DW\_J oraz DL\_L, DL\_J)., Prostopadłe do nich wytyczono analogicznie oznaczone po transekty poprzeczne (PE\_L, PE\_J IV, PW\_L, PW\_J oraz PL\_L, PL\_J). Dodatkowo, na obszarze parkingu E wytyczono dodatkowy, porównawczy transekt PE-J II. Wzdłuż transektów równomiernie usytuowano punkty pomiarowe, w których, przy pomocy luksomierza, mierzono natężenie oświetlenia na powierzchni gruntu.

Wszystkie pomiary wykonywano zarówno przy w pełni włączonym oświetleniu bada-

nych obszarów, jak też przy oświetleniu całkowicie wyłączonym. Dodatkowo, na dachach biurowca 34 (KA/2022/1) oraz budynku galerii handlowej (KR/2022/2) mierzono natężenie oświetlenia ich powierzchni przez lunę świetlną nocnego nieba (przy pomocy luksomierza), jak też jej jasność powierzchniową (przy pomocy miernika SQM).

### Oświetlenie badanego kompleksu

#### Aparatura pomiarowa

Pomiary jasności powierzchniowej nocnego nieba wykonano za pomocą ręcznych fotometrów Sky Quality Meter (SQM) firmy Unihedron, dedykowanych do tego celu badań. Mierzona wartość wyświetlana jest w powszechnie stosowanych w tej dziedzinie jednostkach jasności powierzchniowej ( $S_{0v}$ ), magnitudo na sekundę kątową do kwadratu ( $\text{mag}/\text{arcsec}^2$ ). Skala ta jest skalą logarytmiczną i odwrotną, tzn. większa zmierzona wartość oznacza mniejszą jasność powierzchniową nieba. Specyfikacja mierni-

ków, podana przez producenta, umożliwia powiązanie tej skali z luminancją, której jednostką w układzie SI jest kandela na metr kwadratowy ( $\text{cd}/\text{m}^2$ ), czy też na jej jednostkę pochodną, częściej używaną przy pomiarach jasności powierzchniowej nocnego nieba,  $\text{mcd}/\text{m}^2$ . W pracy podane są zarówno mierzone wartości  $S_{0v}$ , jak też odpowiadające im wartości luminancji.

Do pomiarów natężenia oświetlenia powierzchni ziemi (L) wykorzystywany był panel sterujący Sonopan P-200 wyposażony w wyskokozułą głowicę fotometryczną L-200, o dokładności pomiaru 0,001 lx.

Do wykonania fotografii użyto aparatu Canon 800D z obiektywem standardowym, pracującym w trybie RAW + jpg.

### Metodologia pomiarów

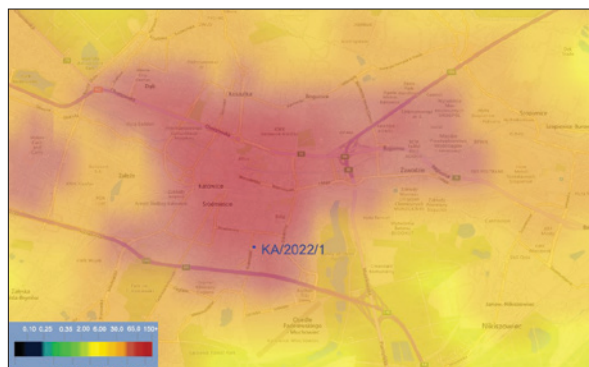
#### Określenie radiancji

Do analizy wielkości emisji świetlnej (radiancji) z badanego obszaru wykorzystano zdjęcia uzyskane przy pomocy specjalizowanej kamery VIIRS/DNB umieszczonej na pokładzie satelity Suomi NPP [24]. Rozdzielczość tych zdjęć wynosi 500 m, co umożliwia szczegółową analizę rozkładu radiancji, czyli natężenia światła emitowanego w zenit z danego terenu, z tą właśnie dokładnością.

Z analizy aktualnych map radiancji [25] wynika, że obszar KA/2022/1 znajduje się w części Katowic, dla której odnotowano maksymalną wartość radiancji, co automatycznie skutkuje wysokim poziomem zanieczyszczenia świetlnego w formie sztucznej łuny świetlnej (rys.5). Z kolei, obszar KR/2022/2 znajduje się wewnątrz lokalnej „wyspy świetlnej”, na peryferiach wyspy świetlnej Krakowa (rys.6).

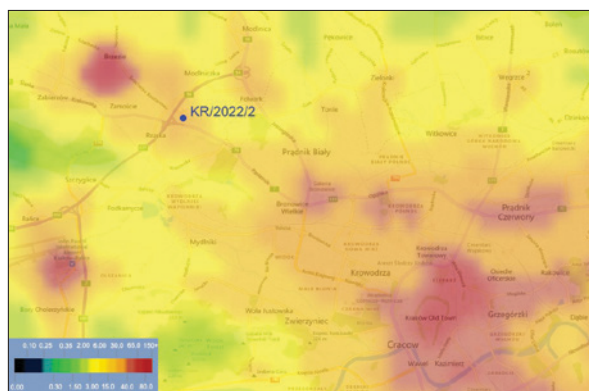
Rys.5.  
Radiancja zmierzona satelitar-  
nie w 2022 r. dla Katowic,  
z zaznaczonym położeniem  
obszaru badań (KA/2022/1).  
Podana skala wyrażona jest  
w jednostkach  $10^{-9} \text{ W}/\text{cm}^2 \cdot \text{sr}$  [25]

Fig.5. Radiance measured by  
satellite in 2022 for Katowice,  
with the location of the re-  
search area marked  
(KA/2022/2). The scale given  
is expressed in units of  
 $10^{-9} \text{ W}/\text{cm}^2 \cdot \text{sr}$  [25]



Rys.6.  
Radiancja zmierzona satelitar-  
nie w 2022 r. dla Krakowa,  
z zaznaczonym położeniem  
obszaru badań (KR/2022/2).  
Podana skala wyrażona jest  
w jednostkach  $10^{-9} \text{ W}/\text{cm}^2 \cdot \text{sr}$  [25]

Fig.6. Radiance measured by  
satellite in 2022 for Kraków,  
with the location of the re-  
search area marked  
(KR/2022/2). The scale given  
is expressed in units of  
 $10^{-9} \text{ W}/\text{cm}^2 \cdot \text{sr}$  [25]



## Pomiary zenitalnej jasności powierzchniowej nocnego nieba

W ramach prowadzonych badań wykonano pomiary jasności powierzchniowej nocnego nieba przy oknach pomiarowych mierników SQM-L skierowanych w zenit. Pomiary powtarzano każdorazowo do momentu uzyskania stabilności wyniku z dokładnością do  $0,03 \text{ mag/arcsec}^2$  przy trzech kolejnych odczytach. W celu uniknięcia bezpośredniego wpływu okolicznych źródeł światła na mierzoną wielkość, pomiary te wykonano z dachów budynków znajdujących się na badanych obszarach.

## Pomiary natężenia oświetlenia

Pomiary natężenia oświetlenia wykonano na poziomie gruntu, przy głowicy fotometrycznej luksomierza skierowanej w zenit. Pomiary wykonywano w określonych odstępach wzdłuż opisanych wcześniej transektów (rys.3, rys.4). Pomiary wykonane z dachów budynków znajdujących się przy analizowanych parkingach pozwoliły na określenie wielkości wkładu miejskiej tony świetlnej do oświetlenia powierzchni ziemi.

## Fotografie stożków świetlnych lamp oraz rozkładu oświetlenia powierzchni gruntu

W celu określenia prawidłowości montażu lamp parkingowych, wykonano fotografie ich stożków świetlnych. Z poziomu dachów budynków wykonano również fotografie badanych parkingów przy w pełni włączonym oświetleniu. Przeprowadzono analizę gęstościemetryczną wszystkich wykonanych fotografii.

## Wyniki pomiarów

### Radiancja

Odczytane z danych satelitarnych wartości średniej radiancji w 2022 r. dla obszarów KA2022/1 i KR/2022/2 wyniosły odpowiednio  $81,80 \cdot 10^{-9} \text{ W/cm}^2 \cdot \text{sr}$  i  $35,20 \cdot 10^{-9} \text{ W/cm}^2 \cdot \text{sr}$ . Analiza archiwalnych danych pozwoliła stwierdzić, że wartości te od 2020 r. praktycznie nie uległy zmianie.

## Pomiary jasności powierzchniowej nieba oraz natężenia oświetlenia powierzchni ziemi przez lunę świetlną

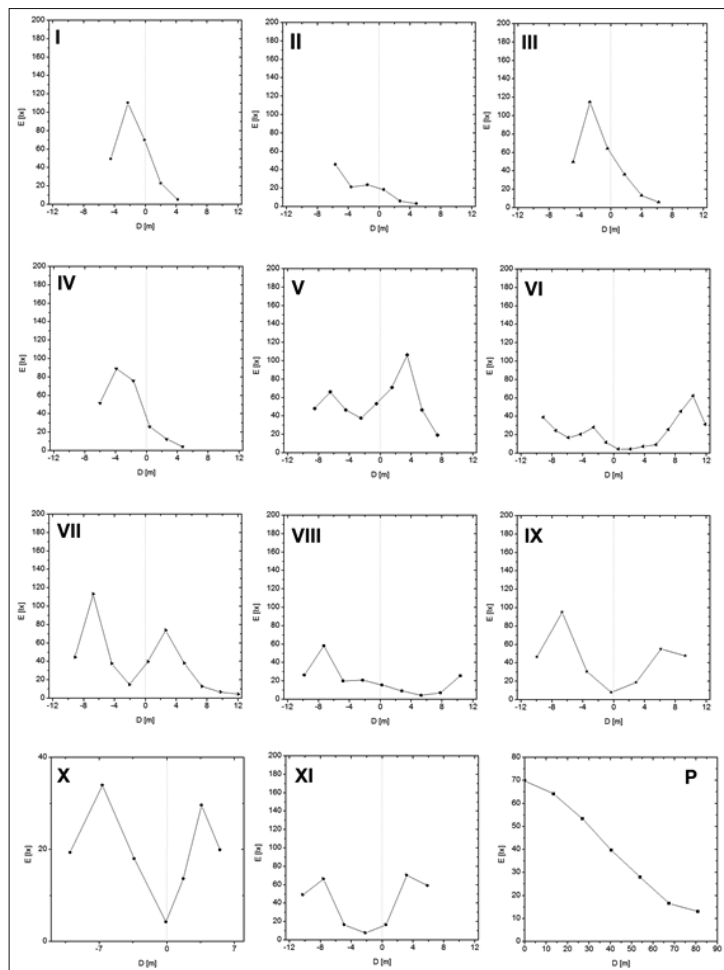
W tabeli 1 podano wartości jasności powierzchniowej nocnego nieba ( $S_a$ ) i odpowiadającej jej luminancji ( $L$ ), jak też natężenia

oświetlenia od tony świetlnej nieba ( $E$ ), zmierzone na dachu budynku nr 34 (KA/2022/1) i budynku galerii handlowej (KR/2022/2).

## Pomiary natężenia oświetlenia na obszarze parkingów

Zmierzono natężenie oświetlenia powierzchni ziemi wzdłuż opisanych wcześniej transektów (rys.3, rys.4): w obszarze KA/2022/1 (rys.7) oraz KR/2022/2 (rys.8).

**Rys.7.** Natężenie oświetlenia powierzchni ziemi mierzone wzdłuż transektów I-XI na obszarze KA/2022/1 (odległości D, od ulicy środkowej, wzrastają w kierunku południowym) oraz P (odległość D, od wschodniej krawędzi obszaru, wzrasta w kierunku zachodnim)  
**Fig.7.** The luminance measured along transects I-XI in the area KA/2022/1 (distances D, from the central street, increases towards the south) and P (distance D, from the eastern edge of the area, increases towards the west)



### Fotografie

Wykonano szereg zdjęć z poziomu dachów budynku biurowego nr 34 (KA/2022/1) (rys.9) i galerii handlowej (KR/2022/2) (rys.10), których celem było przeprowadzenie analizy fotometrycznej (ekwidensytometrii) oświetlenia badanego obszaru.

Dodatkowo, dzięki lekkiemu zamgleniu atmosfery możliwe było wykonanie zdjęć, pokazujących stożki świetlne lamp (rys.11).

## Podsumowanie

### Jasność powierzchniowa nieba

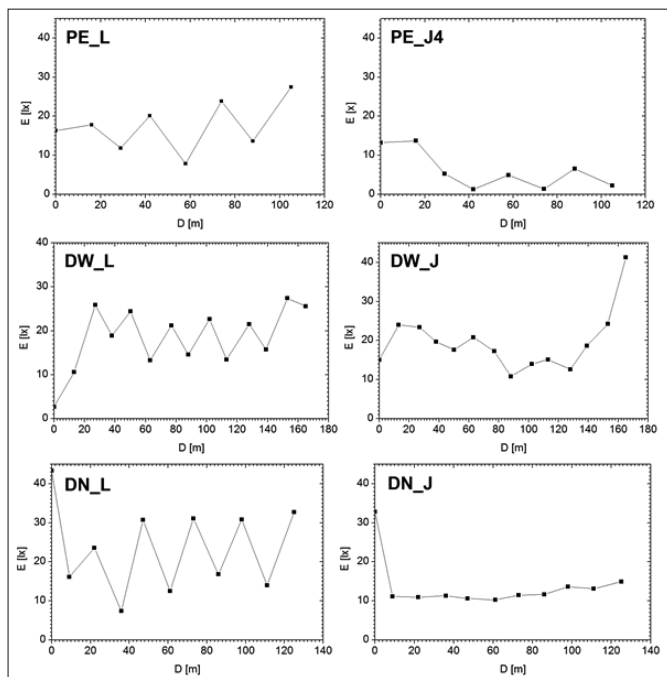
Obszar KA/2022/1 znajduje się wewnątrz dużego miasta, jakim są Katowice. Jak wykazała analiza radiancji, otoczony jest przez szereg źródeł światła o dużym natężeniu, jakimi jest oświetlenie ulic oraz sąsiednich obszarów przemysłowych. Całkowicie inne jest otoczenie obszaru KR/2022/2,

k który znajduje się na obrzeżach Krakowa, od którego oddzielony jest dużym obszarem leśnym. W efekcie, jego oświetlenie, wraz z oświetleniem sąsiednich obszarów magazynowych i oświetleniem węzła drogowego, jest jednym z głównych źródeł sztucznego oświetlenia w okolicy.

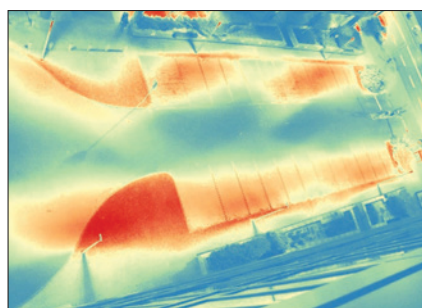
W związku z powyższym, o ile w przypadku obszaru KA/2022/1 nie stwierdzono wpływu jego oświetlenia na jasność powierzchniową nocnego nieba, o tyle w przypadku obszaru KR/2022/2 efekt ten jest wyraźny. Jednakże, przeprowadzona szczegółowa analiza wykonanych pomiarów wykazała, że głównym czynnikiem odpowiedzialnym za rozjaśnienie nieba nad obszarem KR/2022/2 jest oświetlenie elewacji budynku galerii handlowej przez niewłaściwie skonstruowane reflektory/naświetlacze, kierujące większość światła w niebo, co będzie przedmiotem dalszych badań. Wpływ oświetlenia

**Tab.1.** Wartości jasności powierzchniowej nocnego nieba  $S_a$  [ $\text{mag/arcsec}^2$ ] (i odpowiadającej jej luminancji  $L$  [ $\text{mcd/m}^2$ ]) oraz natężenia oświetlenia  $E$  [ $\text{lx}$ ] w badanych obszarach  
**Tab.1.** The surface brightness of the night sky  $S_a$  [ $\text{mag/arcsec}^2$ ] (and the corresponding luminance  $L$  [ $\text{mcd/m}^2$ ]) and the illuminance  $E$  [ $\text{lx}$ ] in the studied areas

Obszar	Stan oświetlenia	Niebo bezchmurnie			Niebo zachmurzone		
		$S_a$	L	E	$S_a$	L	E
KA/2022/1	Włączone	17,7	9,1	0,05	14,7	143,6	0,82
	Wyłączone	17,7	9,1	0,05	14,7	143,6	0,82
KR/2022/2	Włączone	17,7	9,1	0,070	15,4	75,4	0,359
	Wyłączone	18,9	3,0	0,036	15,9	47,6	0,315



Rys. 8. Natężenie oświetlenia powierzchni ziemi mierzona wzdłuż wybranych transektów w obszarze KR/2022/1 (odległości D wzrastają od zewnętrznej krawędzi parkingu w stronę budynku galerii handlowej)  
 Fig. 8. The luminance measured along selected transects in the KR/2022/1 area (distances D increase from the outer edge of the park lot towards the shopping centre building)

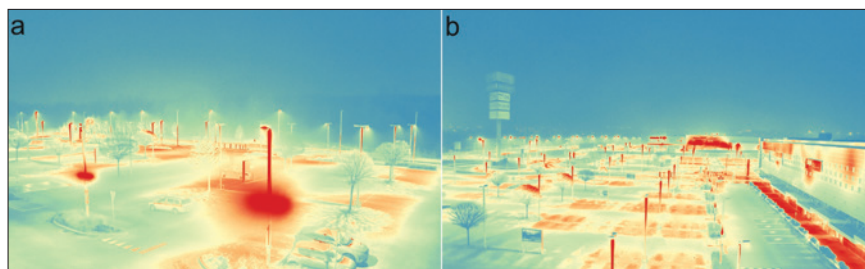


Rys. 9. Ekwidensytometria parkingu między budynkami nr 34 i 36 w obszarze KA/2022/1 przy włączonym oświetleniu. Obszary naj słabiej oświetlone oznaczone są kolorem niebieskim, najlepiej oświetlone – kolorem czerwonym  
 Fig. 9. Equidensitometry of lighting of the park lot between buildings no. 34 and 36 in the area of KA/2022/1 with the lighting on. The least lit areas are marked in blue, the best lit areas in red



Rys. 11. Stożki świetlne lamp ulicznych na parkingu E w obszarze KR/2022/2  
 Fig. 11. Light cones of street lamps in the park lot E in the KR/2022/2 area

nie z wytycznymi zawartymi w normie dot. oświetlenia zewnętrznego (PN-EN 12464-2:2014-05) przewidują minimalne natężenie



Rys. 10. Ekwidensytometria oświetlenia obszaru KR/2022/2: (a) parking E; (b) parking W. Obszary naj słabiej oświetlone oznaczone są kolorem niebieskim, najlepiej oświetlone – kolorem czerwonym  
 Fig. 10. Equidensitometry of lighting of the KR/2022/2 area: (a) park lot E; (b) park lot W. The least lit areas are marked with blue, the best lit areas with red

pół parkingowych, pomimo ich znacznej powierzchni, na jasność łuny świetlnej również i w tym przypadku wydaje się znikomy.

### Natężenie oświetlenia powierzchni ziemi

Wymagania oświetleniowe na powierzchni chodników oraz parkingów, zgod-

oświetlenia: w przypadku parkingów przy budynkach biurowych – 10 lx, w przypadku parkingów przy centach handlowych – 20 lx.

Pomiary wykonane w miejscach parkingowych, znajdujących się w obszarze KA/2022/1 wykazały, że natężenie oświetlenia wzdłuż przecinających je transektów IX i XI (w linii łączącej naprzeciwległe lampy) wynosi

80÷100 lx. Miejsca parkingowe przecinane przez transekty VIII i X oświetlane są przez boczne światło sąsiednich lamp, toteż natężenie oświetlenia silnie zależy od ich montażu i zmienia się od 20 do 60 lx. Powyższe wartości oznaczają, że natężenie oświetlenia wszystkich miejsc parkingowych na rozważanym obszarze jest wystarczające i spełnia wymagane normą minimum dla parkingów przy budynkach biurowych (PN-EN 12464-2:2014-05, Tab.5.9, Ref.5.9.2). Analiza ekwidensytometryczna tego obszaru wykazała, że oświetlenie północnej grupy miejsc parkingowych (wzdłuż elewacji budynku nr 34) jest równomierne, natomiast oświetlenie grupy naprzeciwległej (wzdłuż elewacji budynku nr 36) wykazuje dużą zmienność, która, jak się wydaje, wynika z niewłaściwego ustawienia opraw oświetlających je lamp. Ustawienie to powoduje również nierównomierne oświetlenie drogi dojazdowej do miejsc parkingowych.

Analogiczne pomiary wykonane w obszarze KR/2022/2 wykazały, że natężenie oświetlenia miejsc parkingowych w obrębie parkingu E zmienia się w zakresie 12÷35 lx, parkingu W: 12÷28 lx i parkingu N: 12÷30 lx, przy czym wyższe wartości odpowiadają miejscom parkingowym położonym bezpośrednio pod lampami, natomiast najniższe tym, które znajdują się w połowie odległości między nimi. Powyższe wartości oznaczają, że natężenie oświetlenia parkingów na rozważanym obszarze jest wysoce niejednorodne. Co więcej, oświetlenie części miejsc parkingowych nie spełnia wymaganego normą minimum dla parkingów przy głównych centrach handlowych (PN-EN 12464-2:2014-05, Tab.5.9, Ref.5.9.3). Dodatkowo, na obszarach parkingów W i E znajdują się drzewa, które, poprzez rzucanie cienia, powodują, że natężenie oświetlenia niektórych miejsc parkingowych nie przekracza 10 lx, co jest wartością zdecydowanie zbyt niską. Analiza ekwidensytometryczna parkingów E, W i N potwierdziła ich silnie niejednorodne oświetlenie i występowanie obszarów o wyraźnie zbyt słabym oświetleniu.

### Snopy świetlne lamp

Stwierdzono, że lampy parkingowe w obu analizowanych obszarach emitują światło w stożkach o rozwartości ok. 35° (KA/2022/1) lub 70° (KR/2022/2). W obu przypadkach światło nie jest emitowane powyżej linii horyzontu. W pierwszym przypadku oświetlane jest podłoże po jednej stronie lampy, gdzie znajdują się miejsca parkingowe, natomiast światło nie jest kierowane w okna budynków. W drugim przypadku szeroka rozwartość stożka światła zapewnia oświetlenie miejsc parkingowych po obu stronach lampy.

### Wnioski

Oświetlenie obu analizowanych obszarów należy uznać za ekologicznie poprawne.

Użyte do oświetlania parkingów lampy nie emitują światła powyżej linii horyzontu, przez co nie przyczyniają się do rozwoju tony świetlnej. Jest to szczególnie istotne w przypadku obszaru KR/2022/2, położonego w sąsiedztwie obszarów leśnych, w stosunkowo niewielkiej odległości od kilku rezerwatów przyrody. Dodatkowo, istotne jest użycie w tym przypadku opraw metalohalogenkowych (MH) – emitowane przez nie światło w mniejszym stopniu odbija się od asfaltowej nawierzchni, niż pochodzące z popularnych obecnie opraw LED [26]. Na parkingu tym stwierdzono istnienie zanieczyszczenia świetlnego w postaci oślnienia (oślepienia), nie związanego jednak z analizowanym oświetleniem parkingowym – część reflektorów (naświetlaczy) zamontowanych na słupach lamp parkingowych, których zadaniem jest oświetlenie elewacji budynku galerii handlowej, na skutek nieprawidłowego montażu oślepią kierowców wjeżdżających na parking, co może stać się przyczyną kolizji bądź wypadku z udziałem pieszego (rys. 12).



**Rys. 12.** Nieprawidłowo zamontowany reflektor oślepiający kierowców wjeżdżających na parking E w obszarze KR/2022/2  
**Fig. 12.** Glare of an incorrectly mounted spotlight blinding drivers entering car park E in the KR/2022/2 area

Odrębnym zagadnieniem jest poprawność oświetlenia analizowanych parkingów pod kątem zgodności z normatywnymi wymaganiami oświetleniowymi na powierzchni parkingów. Stwierdzono, że wymagania te nie zawsze są spełniane, co jest związane z niewłaściwym ukierunkowaniem lamp (KA/2022/1) lub z przeszkodami (w formie drzew) ekranującymi od światła część miejsc parkingowych (KR/2022/2).

### Zalecenia

Jako najważniejsze zalecenie w przypadku obszaru KA/2022/1 można podać poprawienie montażu części lamp (zwłaszcza w grupie południowej, wzdłuż elewacji budynku nr 36) w ten sposób, aby oświetlenie pól parkingowych było równomierne. Można również rozważyć wymianę opraw LED na metalohalogenkowe, co zmniejszyłoby emisję światła odbitego od asfaltowej nawierzchni. Znaczną poprawę efektywności oświetlenia, przy zachowaniu obecnych opraw LED, dałoby zwiększenie wysokości słupów o ok. 2,5 m. Efektem byłoby zarówno lepsze pokrycie światłem powierzchni parkingu jak też obniżenie natężenia jego oświetlenia.

W przypadku KR/2022/2 najistotniejsze wydaje się usunięcie drzew rosnących na

terenie parkingów. Drzewa te można przesażać na ich obrzeża, przez co będą one chroniły klientów centrów handlowych przed hałasem i zanieczyszczeniami pochodzącymi z przebiegających obok dróg szybkiego ruchu.

### Podziękowania

Autorzy dziękują Administracjom analizowanych obszarów za udostępnienie ich do przeprowadzania badań w porze nocnej, w szczególności do wykonywania zdjęć i pomiarów prowadzonych z dachów budynków.

### BIBLIOGRAFIA

[1] Ścieżor T., Instalacje oświetleniowe a problem zanieczyszczenia świetlnego. Instal, 5 (406), 2019, s.28-33.

[2] Ścieżor T., Czaplicka A., Instalacja oświetleniowa kompleksu biurowego jako źródło zanieczyszczenia świetlnego. Instal, 6 (441), 2022, s.35-42. DOI: 10.36119/15.2022.6.5

[3] Khorram A, Yusefi M, Keykha S. Light Pollution, a World Problem. Health Scope. 2014;3(4):e24065. doi: 10.17795/jhealthscope-24065. doi: 10.17795/jhealthscope-24065

[4] Dominoni D.M., Nelson R.J. Artificial light at night as an environmental pollutant: An integrative approach across taxa, biological functions, and scientific disciplines. J. Exp. Zool. A Ecol. Integr. Physiol. 2018;329, pp.387–393. doi: <https://doi.org/10.1002/jez.2241>

[5] Russart K.L.G., Nelson R.J. Light at night as an environmental endocrine disruptor. Physiol. Behav. 2018;190:82–89. doi: 10.1016/j.physbeh.2017.08.029. doi: 10.1016/j.physbeh.2017.08.029

[6] Ścieżor T., Light pollution as an environmental hazard. Technical Transactions, 116, 8, 2019, pp.129-142. doi: 10.4467/2353737XCT.19.084.10863

[7] Kotarba A.Z. (red.), Zanieczyszczenie światłem: źródła, obserwacje, skutki. Warszawa 2019.

[8] Sala K., Zanieczyszczenie świetlne. Zagrożenia i sposoby jego ograniczania. Rocznik Administracji Publicznej, 6, 2020, ss.254-266. doi: 10.4467/24497800RAP.20.014.12908

[9] Garstang R.H., Night-Sky Brightness at Observatories and Sites. Publications of the Astronomical Society of the Pacific, vol. 101, no. 3, 1989, pp. 306-329.

[10] Longcore T., Rich C., Ecological light pollution, Frontiers in Ecology and the Environment, vol. 2, no. 4, 2004.

[11] Rich C., Longcore T., Ecological Consequences of Artificial Night Lighting, Island Press, 2006.

[11] Ścieżor T. (red.), Ecological and astronomical aspects of light pollution, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 2021.

[12] Memorandum w sprawie ustanowienia prawnych podstaw zrównoważonej polityki oświetlenia zewnętrznego, Instytut Metropolitalny, Gdańsk 2022 [online] [https://goodlightlaw.im.edu.pl/wp-content/uploads/2022/06/2022\\_Memorandum-ws.-polityki-oswietlenia\\_A4P.pdf](https://goodlightlaw.im.edu.pl/wp-content/uploads/2022/06/2022_Memorandum-ws.-polityki-oswietlenia_A4P.pdf) (dostęp 28.04.2023)

[13] Outdoor lighting. A guide to meeting, or exceeding, California's 2013 Building Energy Efficiency Standards, California Lighting Technology Center, UC Davis, 2014 [online] <https://cltc.ucdavis.edu/sites/default/files/files/publication/2013-title-24-outdoor-lighting-guide-mar15.pdf> (dostęp 28.04.2023)

[14] RPO: Zanieczyszczenie światłem problemem w obszarze zdrowia, stanu środowiska i kryzysu energetycznego, Teraz Środowisko [online] <https://www.teraz-srodowisko.pl/aktualnosci/zanieczyszczenie-swietlne-RPO-list-13053.html> (dostęp 28.04.2023)

[15] Sim Y, Kim I, Choi A, Sung M., A preliminary study of an evaluation method for discomfort glare due to light trespass. Lighting Research and Technology 2017, 49(5), pp. 632-650.

[16] Falchi F, Bará S., Computing light pollution indicators for environmental assessment, Natural Sciences, 2021;e10019. DOI: 10.1002/nls.10019

[17] Jägerbrand A, Gasparovsky D, Bourroussis C, Schlangen L, Lau S, Donners M., Correspondence: Obtrusive light, light pollution and sky glow: Areas for research, development and standardisation. Lighting Research & Technology. 2022;54(2): pp.191-194. DOI:10.1177/14771535211040973

[18] Lima R. C., da Cunha J. P., Peixinho N., Light Pollution: Assessment of Sky Glow on two Dark Sky Regions of Portugal. Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A. 79, 2016, pp. 1-13. DOI: 10.1080/15287394.2016.1153446.

[19] Walker M.F., The Effects of Urban Lighting on the Brightness of the Night Sky, Publications of the Astronomical Society of the Pacific, vol. 89, 1977, pp. 405–409.

[20] Rea M., Bullough J., Brons J. Parking lot lighting based upon predictions of scene brightness and personal safety. Lighting Research and Technology, 2015, p.49. DOI: 10.1177/1477153515603758.

[21] Sielachowska M., Zajkowski M. Assessment of Light Pollution in Parking Lots Using a Measuring System with a Drone. Preprints, 2021, 2021120403. doi: 10.20944/preprints202112.0403.v1.

[22] Dziurdzikowski J., Janowski A., Przyborski M., Szulwic J. Satellite Imaging in the Analyses of Light Pollution. APCBEE Procedia, 2014, p.12.

[23] Coesfeld J., Anderson S., Baugh K., Elvidge C., Schemthanner H., Kyba, C. Variation of Individual Location Radiance in VIIRS DNB Monthly Composite Images. Remote Sens. 2018, 10, p. 1964. DOI: 10.3390/rs10121964

[24] Ścieżor T. Effect of street lighting on the urban and rural night-time radiance and the brightness of the night sky. Remote Sensing, 13, 9, Spec. Iss., 2021, pp. 1-41. doi: 10.3390/rs13091654

[25] VIIRS/DMSP Earth Observation Group, NOAA National Geophysical Data Center [online] <https://www.lightpollutionmap.info> (dostęp: 25.04.2022).

[26] Fryc, I., Tabaka P., Zanieczyszczenia nocnego nieboskonu światłem emitowanym przez oprawy oświetlenia zewnętrznego, Przegląd Elektrotechniczny 93, 6, s. 46-49, 2017. DOI: 10.15199/48.2017.06.12