



Wykorzystanie narzędzi QGIS, w analizie zanieczyszczenia światłem w środowisku miejskim

Zuzanna Śliwa



Uniwersytet
Jana Kochanowskiego
w Kielcach



Wydział Nauk Ścisłych i Przyrodniczych



Ministerstwo Nauki
i Szkolnictwa Wyższego



Regionalna
Inicjatywa
Doskonałości

Wprowadzenie

Zanieczyszczenie światłem jest istotnym przejawem antropopresji w środowisku miejskim, którego natężenie i rozkład przestrzenny pozostają silnie zróżnicowane. Presja antropogenicznego światła oddziaływane zarówno na komponent przyrodniczy, jak i społeczny.



„Sztuczne światło w nocy stanowi jedno z najszybciej narastających źródeł presji środowiskowej o szerokim zakresie oddziaływania.”

(Falchi i in., 2016)



Zanieczyszczenie światłem



To nadmierna lub niepożądana emisja sztucznego światła do środowiska, szczególnie w porze nocnej, która prowadzi do zaburzeń naturalnych warunków oświetleniowych ekosystemów, negatywnie oddziałując na organizmy żywe, w tym człowieka.

(Jechow i in. 2019; Falchi i in. 2016)



Skyglow



Light
Trespass



Glare



Over-
illumination



Light
Clutter

Skutki zanieczyszczenia światłem w mieście



Lp.	Skutek	Opis
1	Zaburzenia snu człowieka	Nadmierne światło nocą zakłóca naturalny rytm dobowy.
2	Zamieszczenie nieba światłem	Ograniczenie widoczności gwiazd i degradacja krajobrazu nocnego.
3	Zużycie energii i emisje	Oświetlenie zwiększa zapotrzebowanie na energię, a jej produkcja generuje emisje do ekosystemu przyrodniczego
4	Wpływ na faunę	Zmiany aktywności, migracji, żerowania i rozrodu zwierząt.
5	Wpływ na florę	Zakłócenie naturalnych procesów zależnych od cyklu dnia i nocy.
6	Zaburzenie równowagi biologicznej	Źle dobrane widmo światła LED może ograniczać bioróżnorodność oraz sprzyjać namnażaniu wybranych mikroorganizmów.

Opracowanie: własne na podstawie Ratajkiewicz, Michałak, 2023

Cel pracy

Ocena natężenia emisji sztucznego światła oraz identyfikacja jego przestrzennych wzorców w środowisku miejskim z wykorzystaniem nocnych danych satelitarnych **VIIRS** przy wykorzystaniu narzędzi **QGIS**, w tym analizy autokorelacji przestrzennej (**LISA**), jako etapu wstępnego do opracowania wskaźnika **IDEAL-city**.



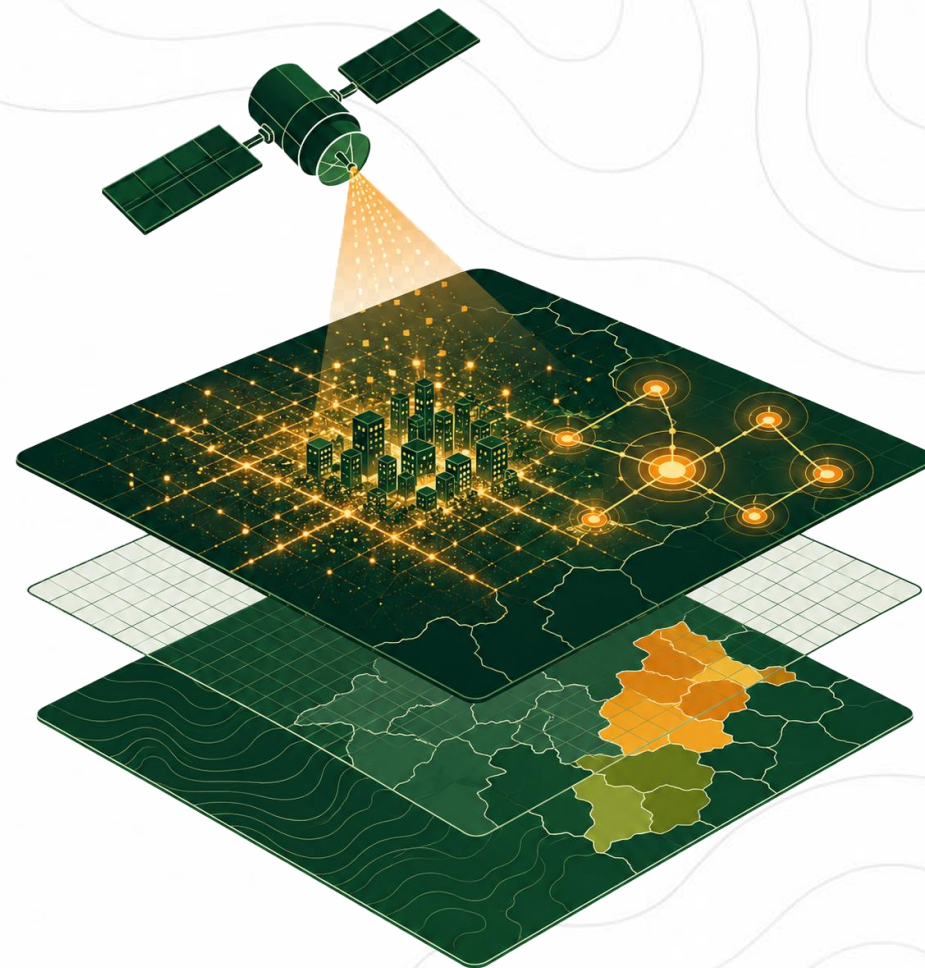
Komponent satelitarny
nocne dane VIIRS



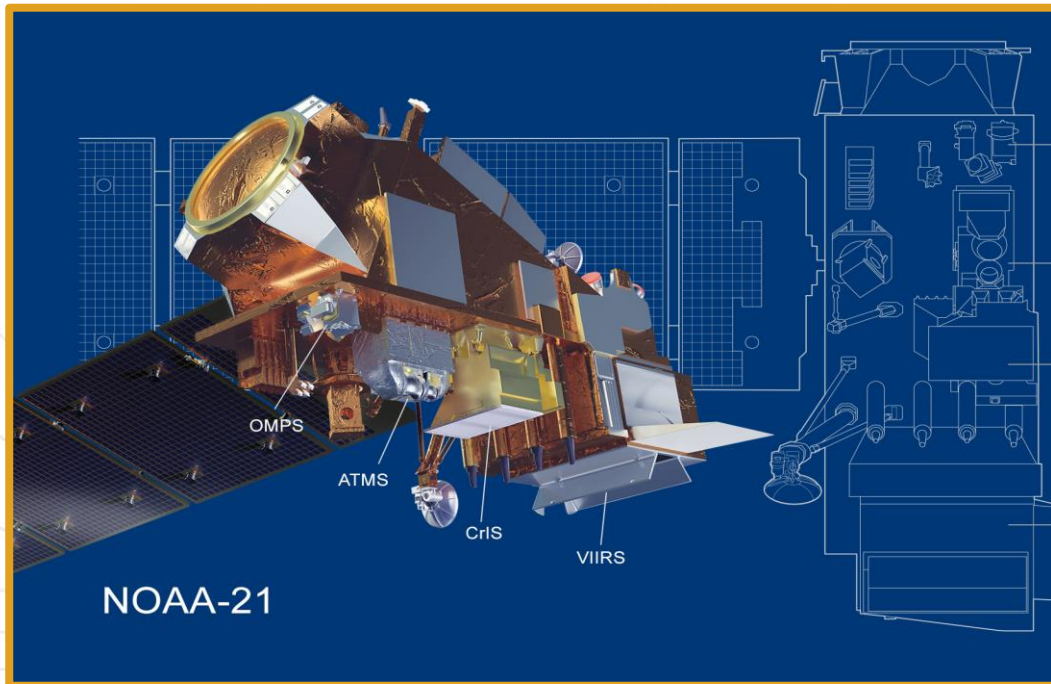
Komponent przestrzenny
wzorce przestrzenne



Komponent świetlny
emisja sztucznego światła



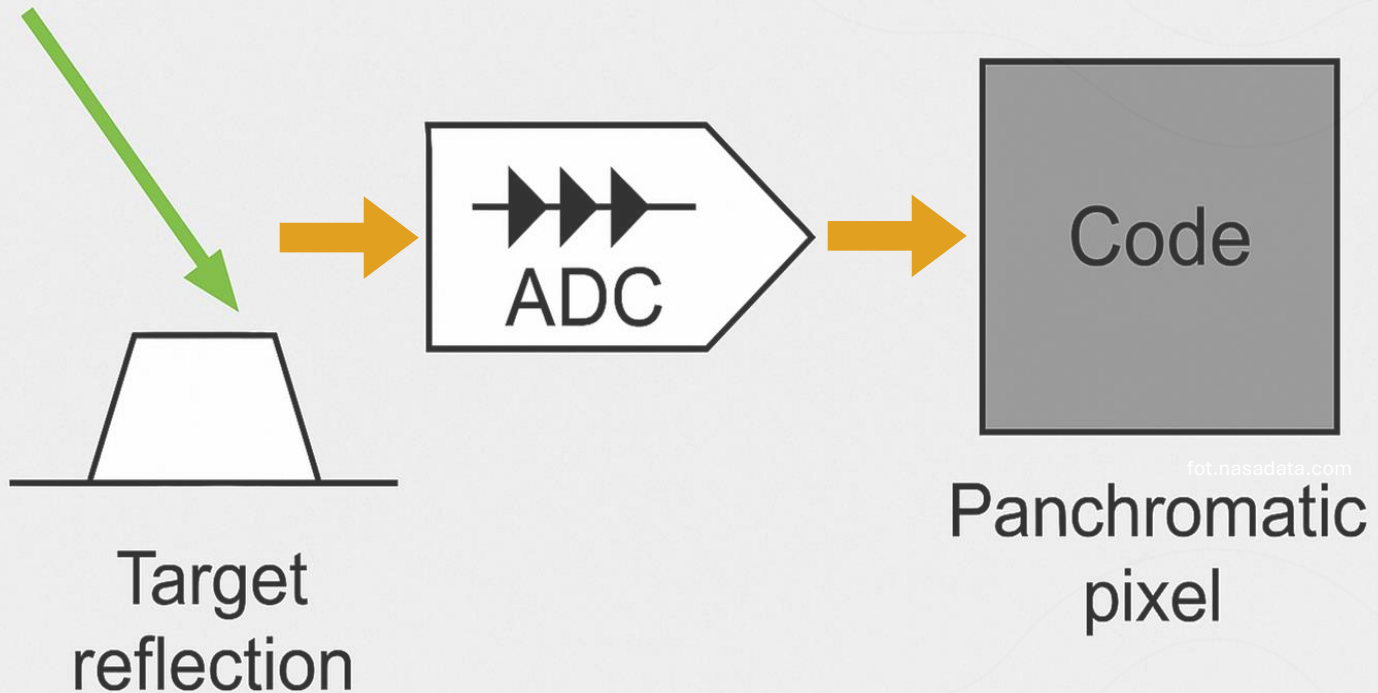
Jak działa VIIRS ?



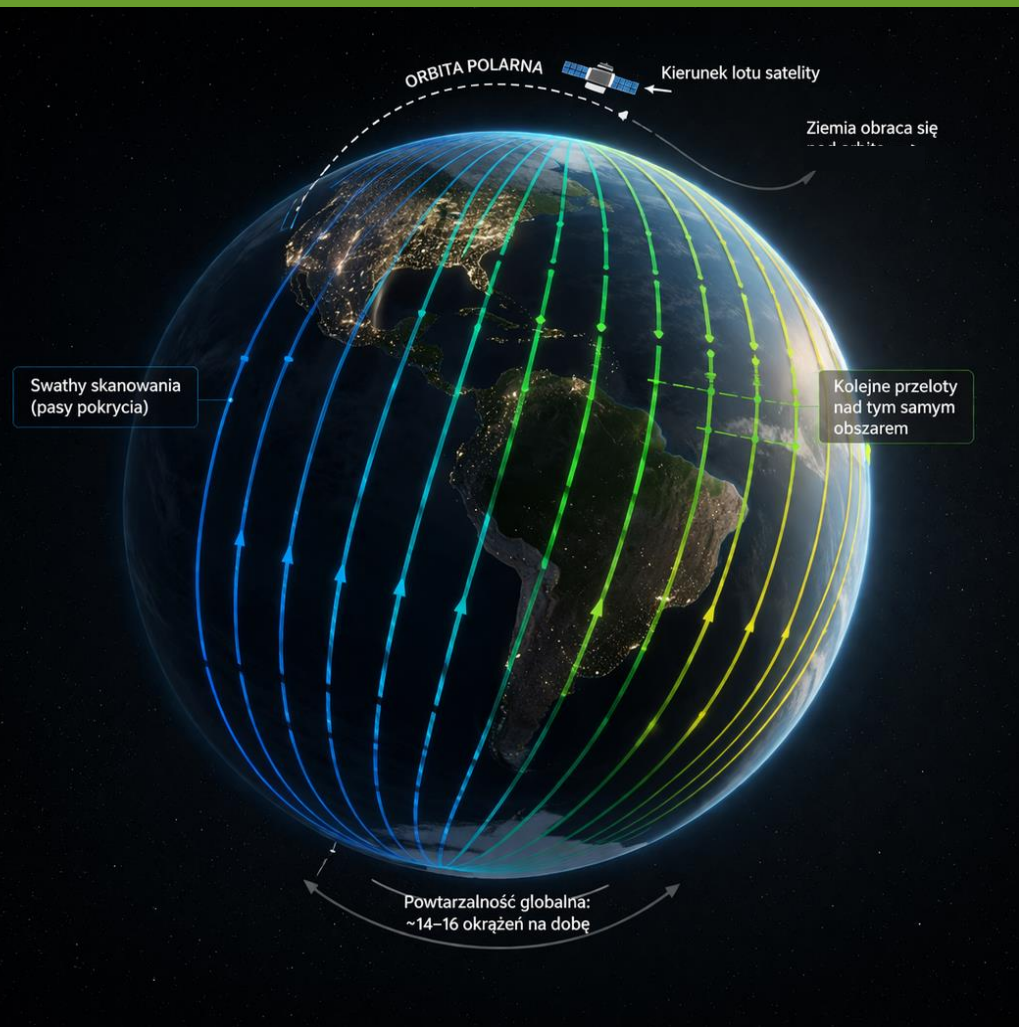
VIIRS - satelitarny sensor do analizy nocnego środowiska świetlnego, umożliwia pomiar natężenia sztucznego światła (DNB)

(Elvidge i in. 2013)

Laser
reflection



Charakterystyka danych VIIRS

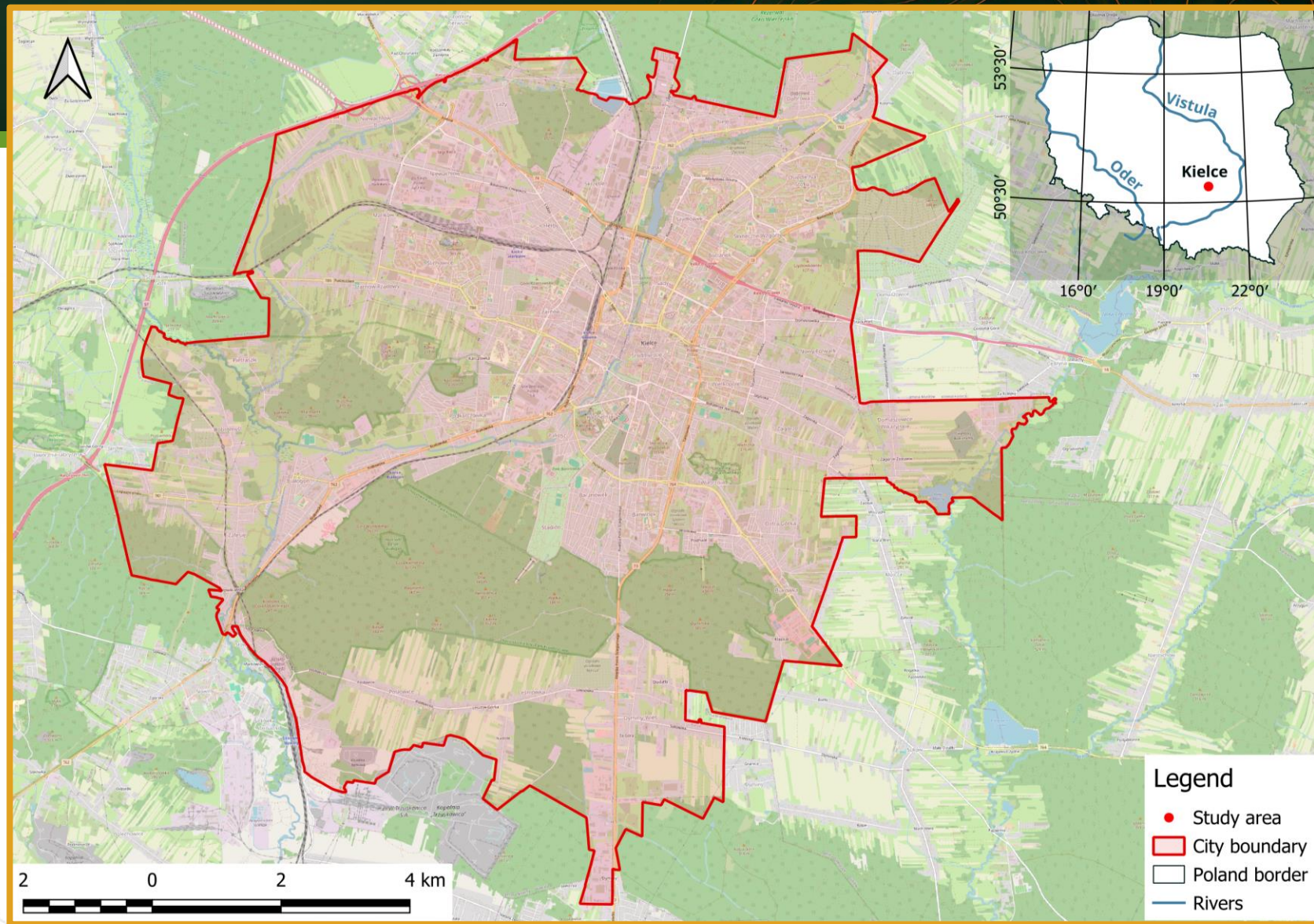


Parametr	Opis
Czułość radiometryczna	Umożliwia detekcję zarówno bardzo słabych, jak i intensywnych źródeł światła
Rozdzielczość przestrzenna	15 arc-second ($\sim 0.0041667^\circ$) = 500 m
Rozdzielczość czasowa	Zobrazowania w cyklu dobowym (~ 24 h)
Czas rejestracji danych	Nocne obserwacje ($\sim 01:30$ czasu lokalnego)
Orbita satelity	Orbita polarna heliosynchroniczna – zapewnia powtarzalność warunków obserwacji
Dostępność danych	Otwarte dane (open data)

Obszar badań

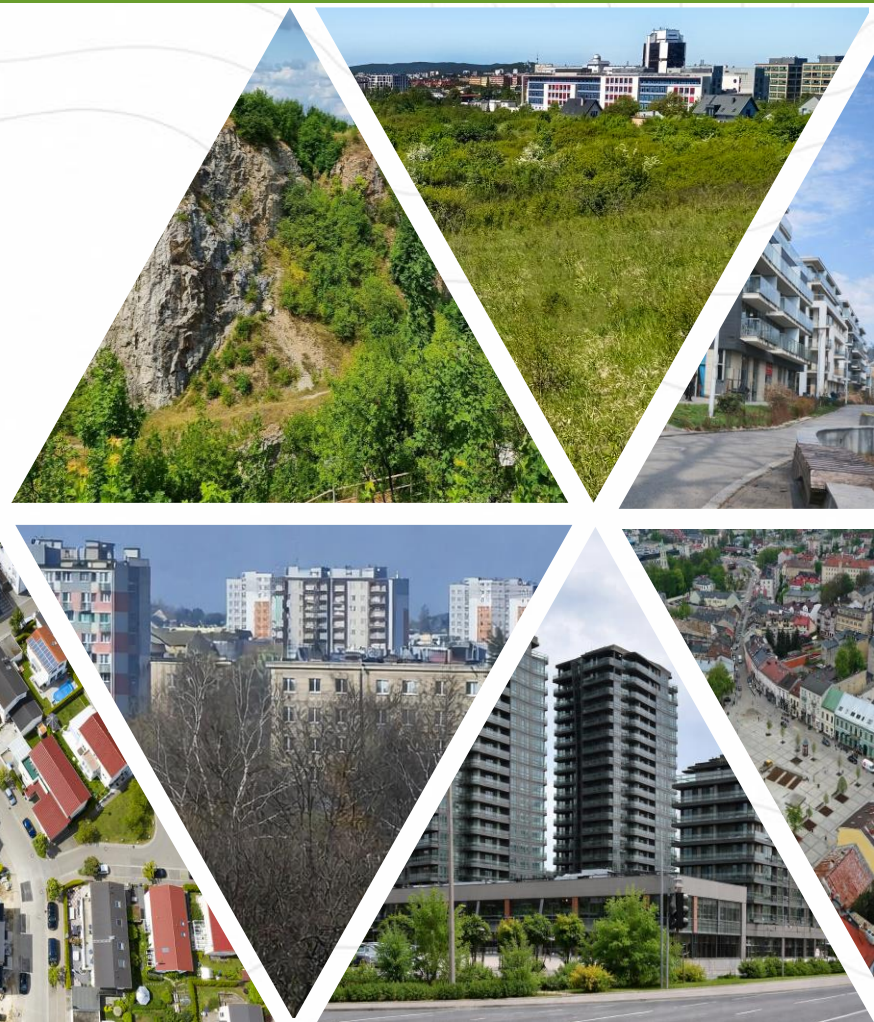
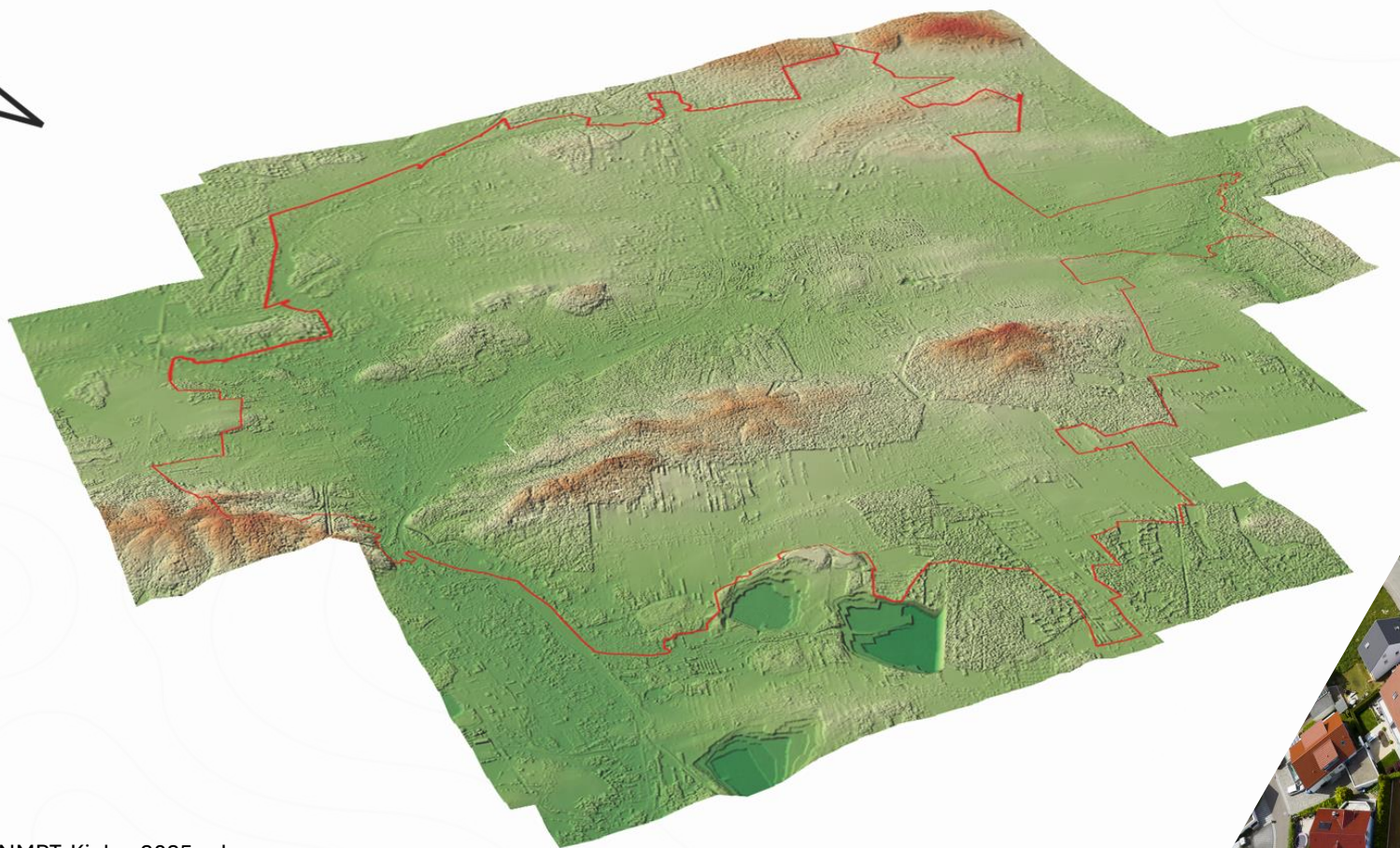
Miasto Kielce – średniej wielkości ośrodek miejski w południowo-wschodniej Polsce

- zróżnicowana struktura przestrzenna miasta,
- obecność silnych przekształceń antropogenicznych,
- zróżnicowanie rzeźby terenu,
- współwystępowanie terenów zurbanizowanych i zielonych,
- dostępność danych satelitarnych (VIIRS) i materiałów kartograficznych.



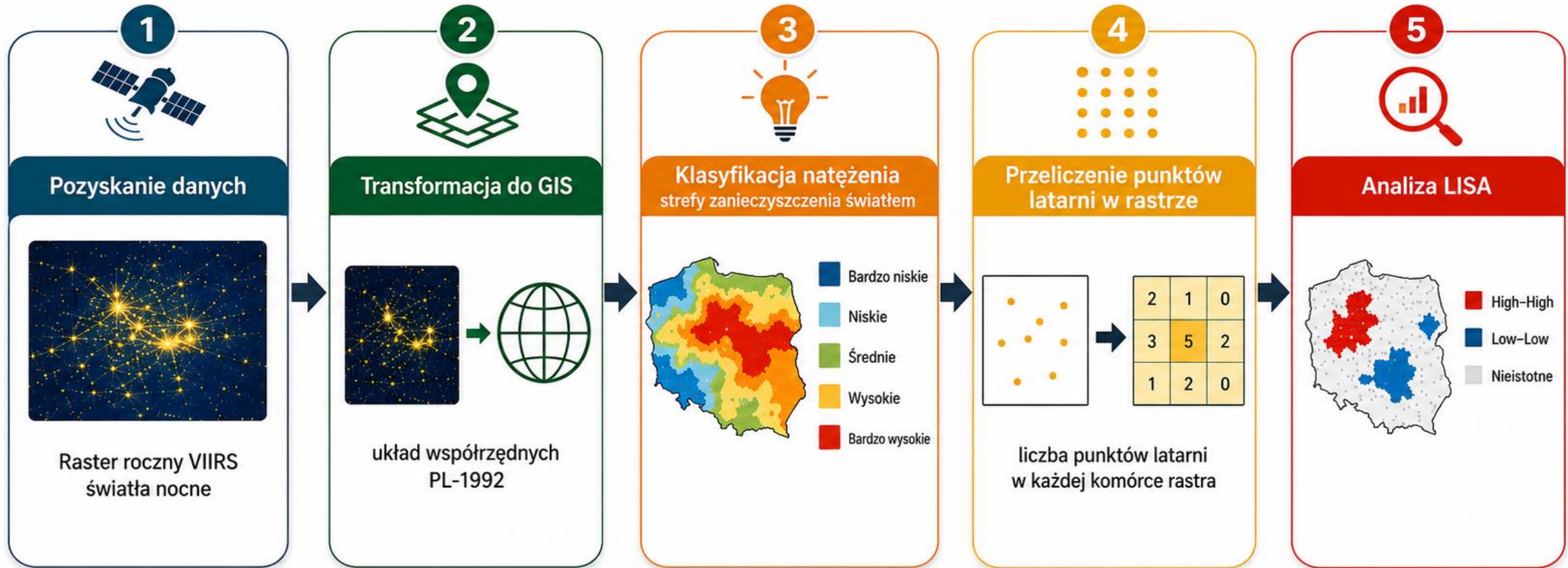
Ryc.1 Lokalizacja obszaru badań/własne na podstawie BDOT10K oraz OSM

Kielce



Ryc.2 NMPT-Kielce 2025 rok

Metodyka

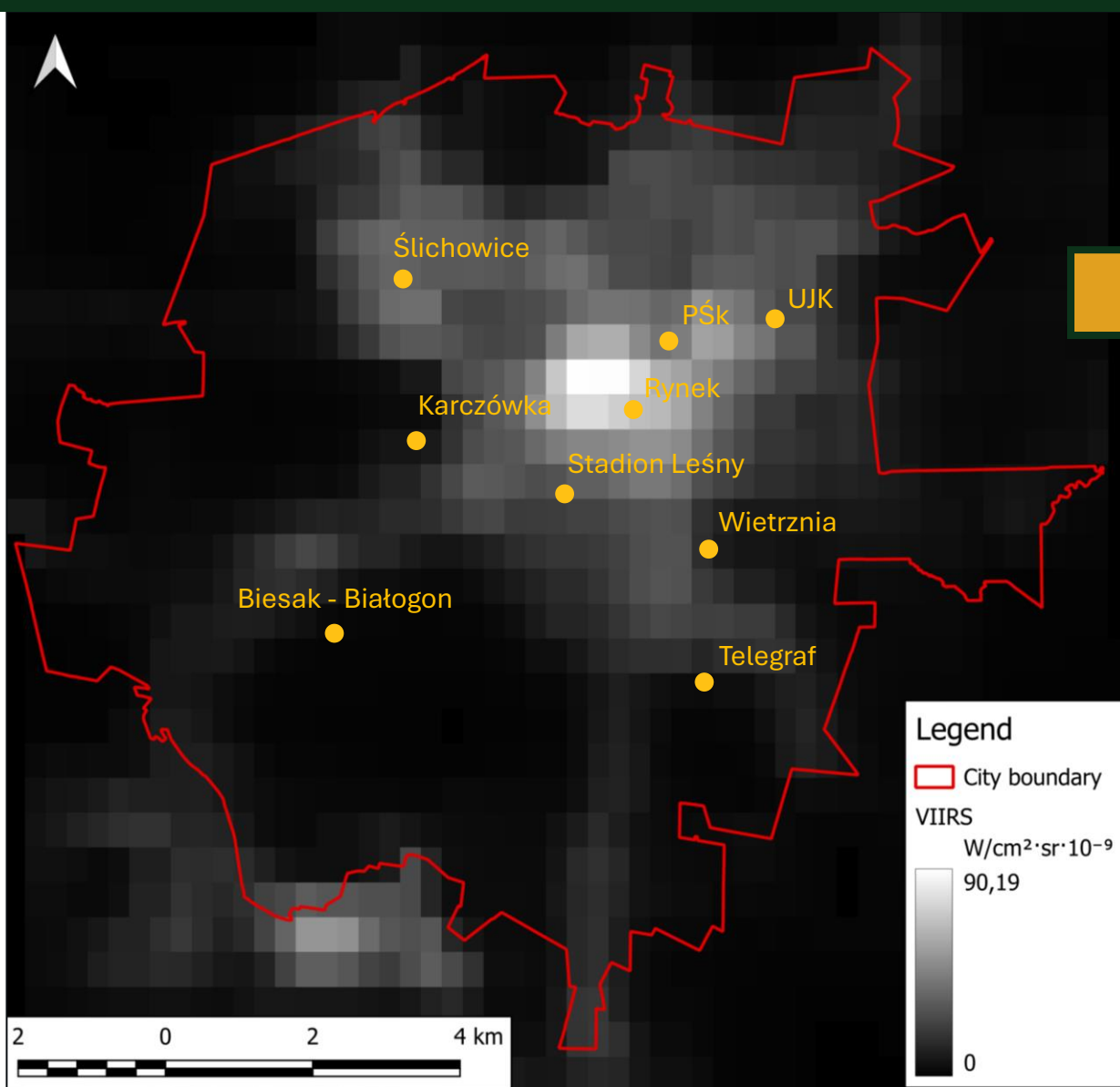




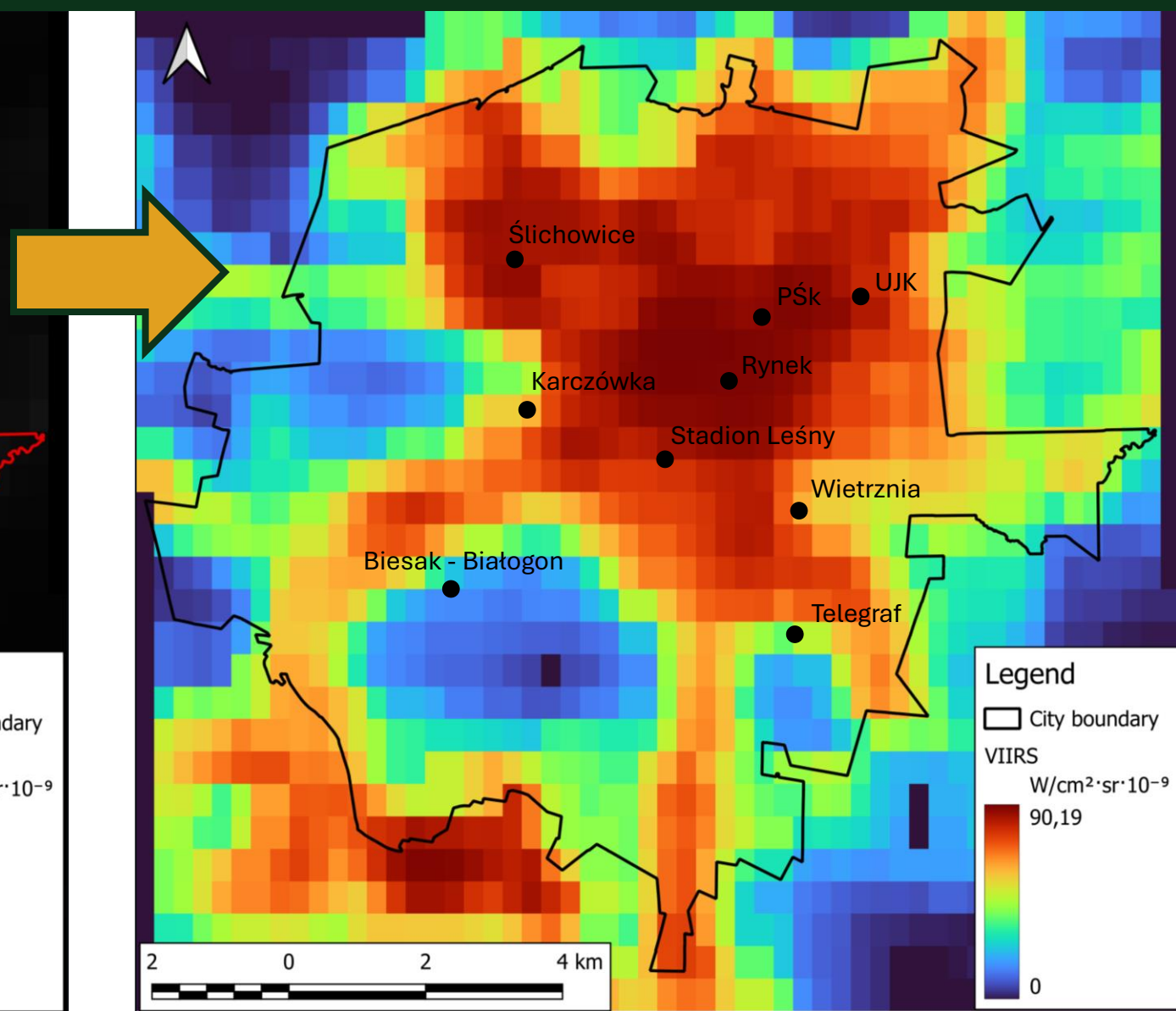
WYNIKI



Dofinansowano ze środków Ministra Nauki w ramach Programu „Regionalna inicjatywa doskonałości” (nr projektu: RID/SP/0015/2024/01)

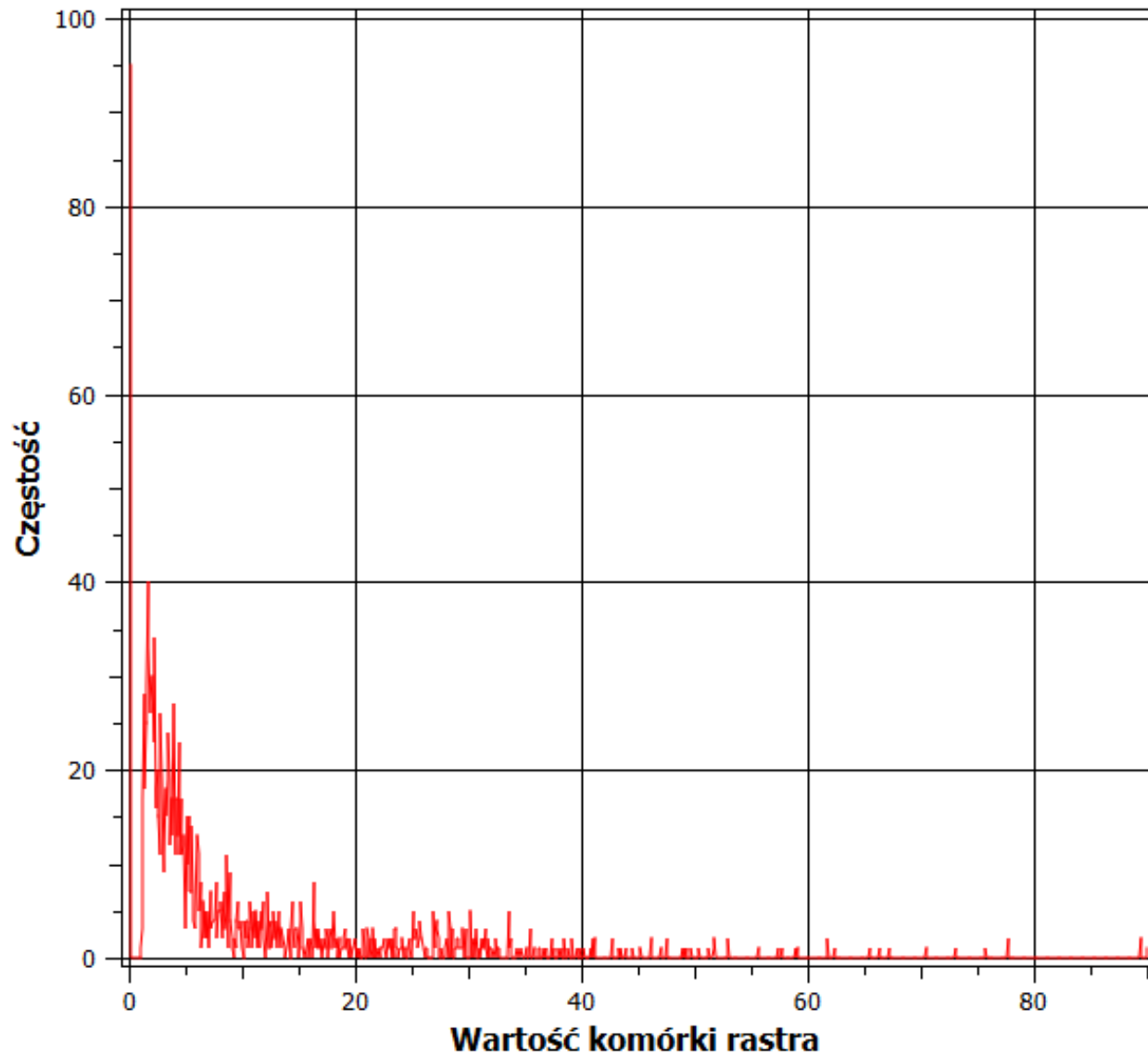


Ryc.3 Dane VIIRS

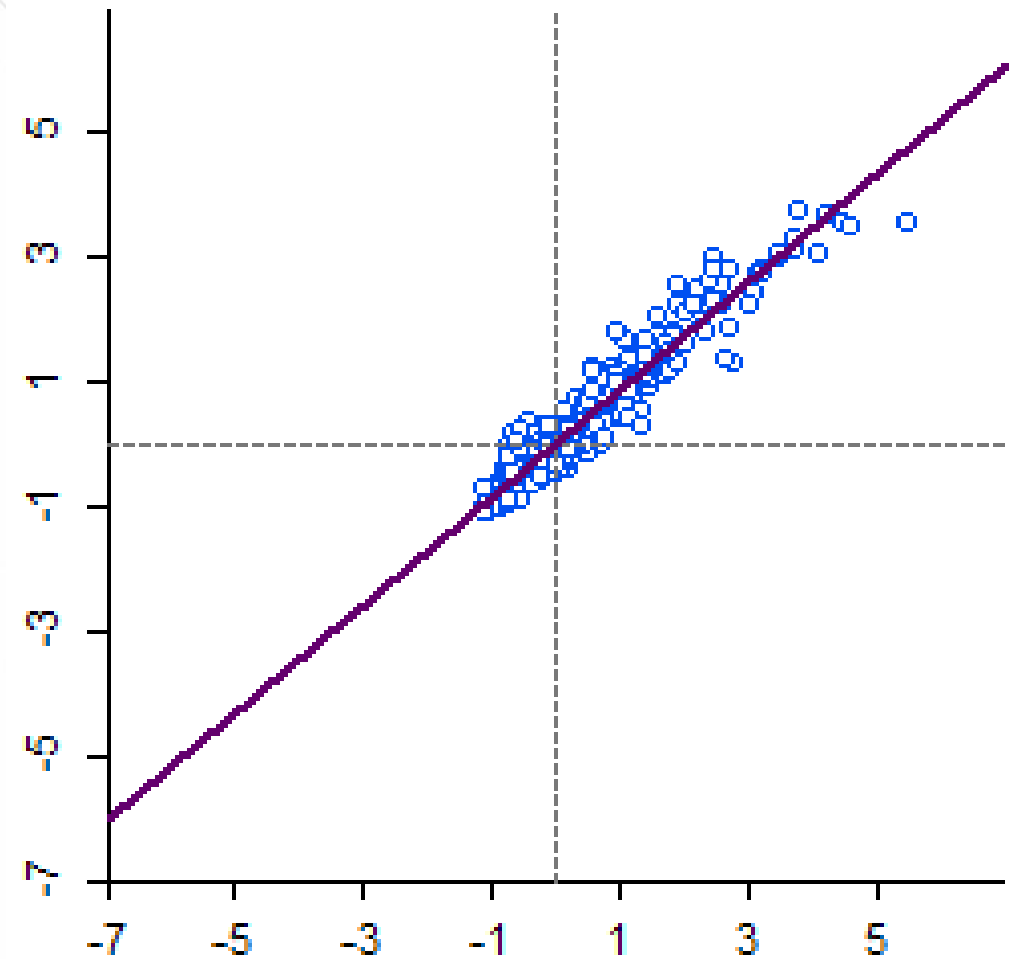


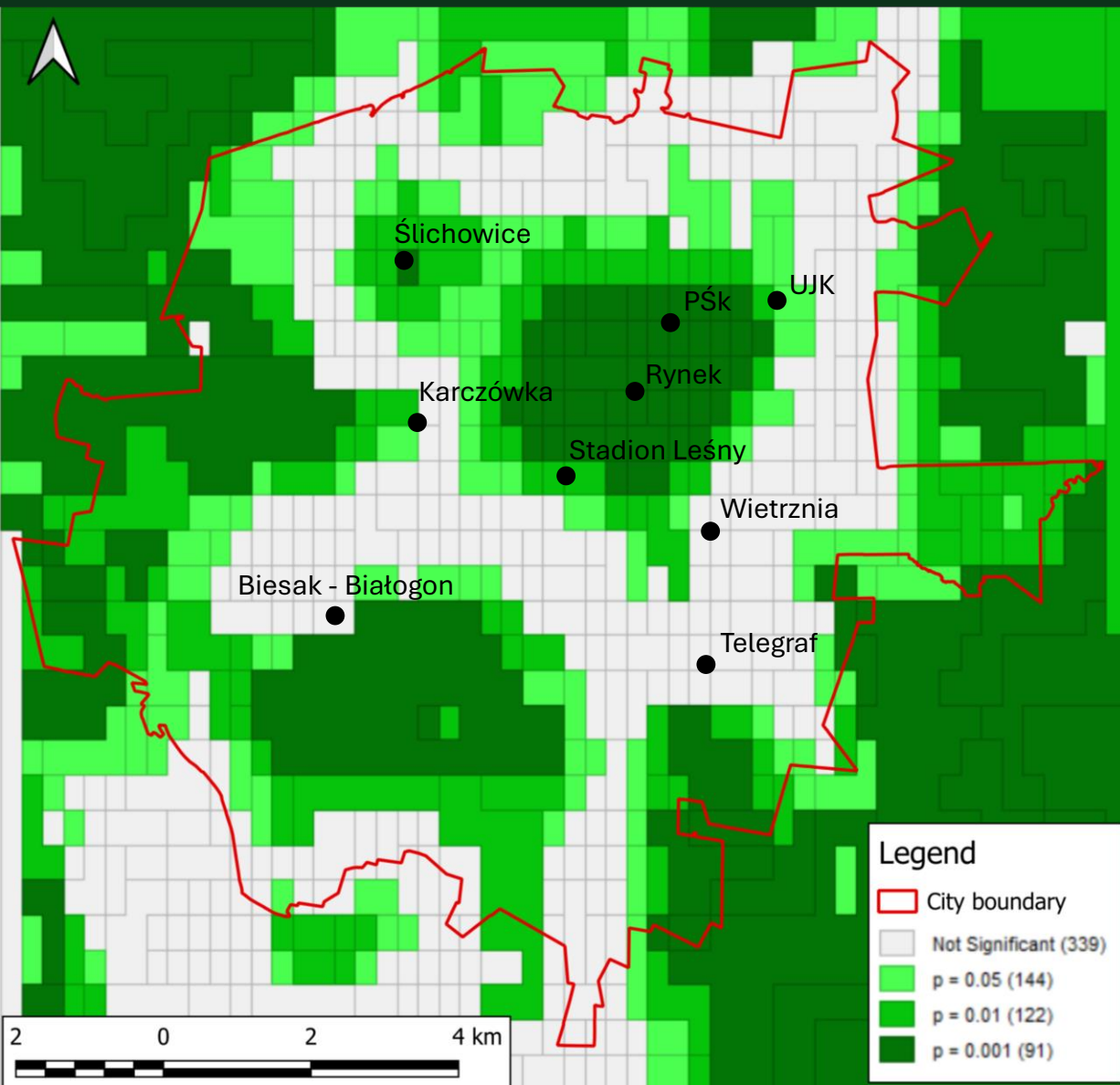
Ryc.4 Dane wtórne VIIRS

Histogram rastra

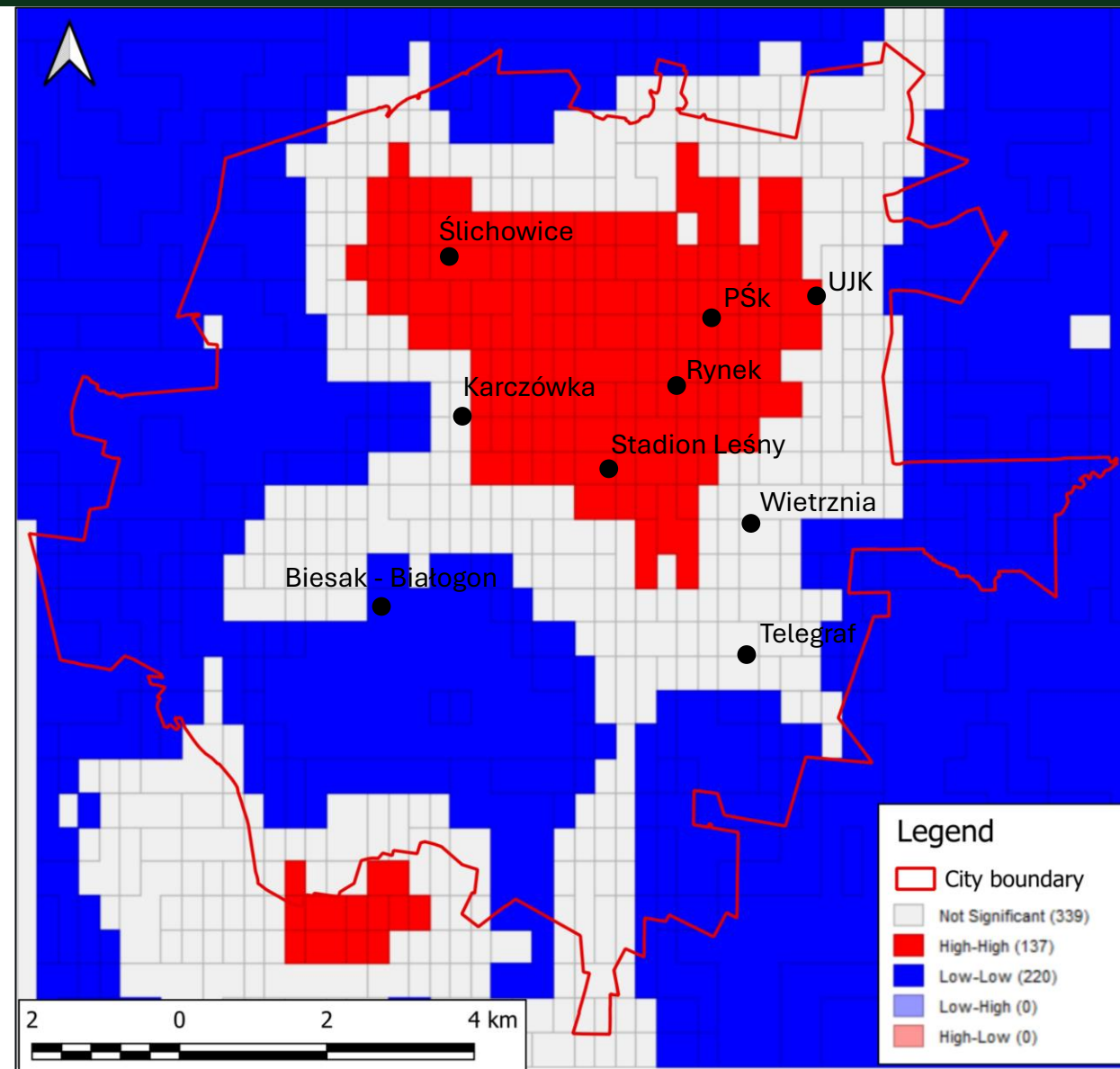


Moran's I: 0.866

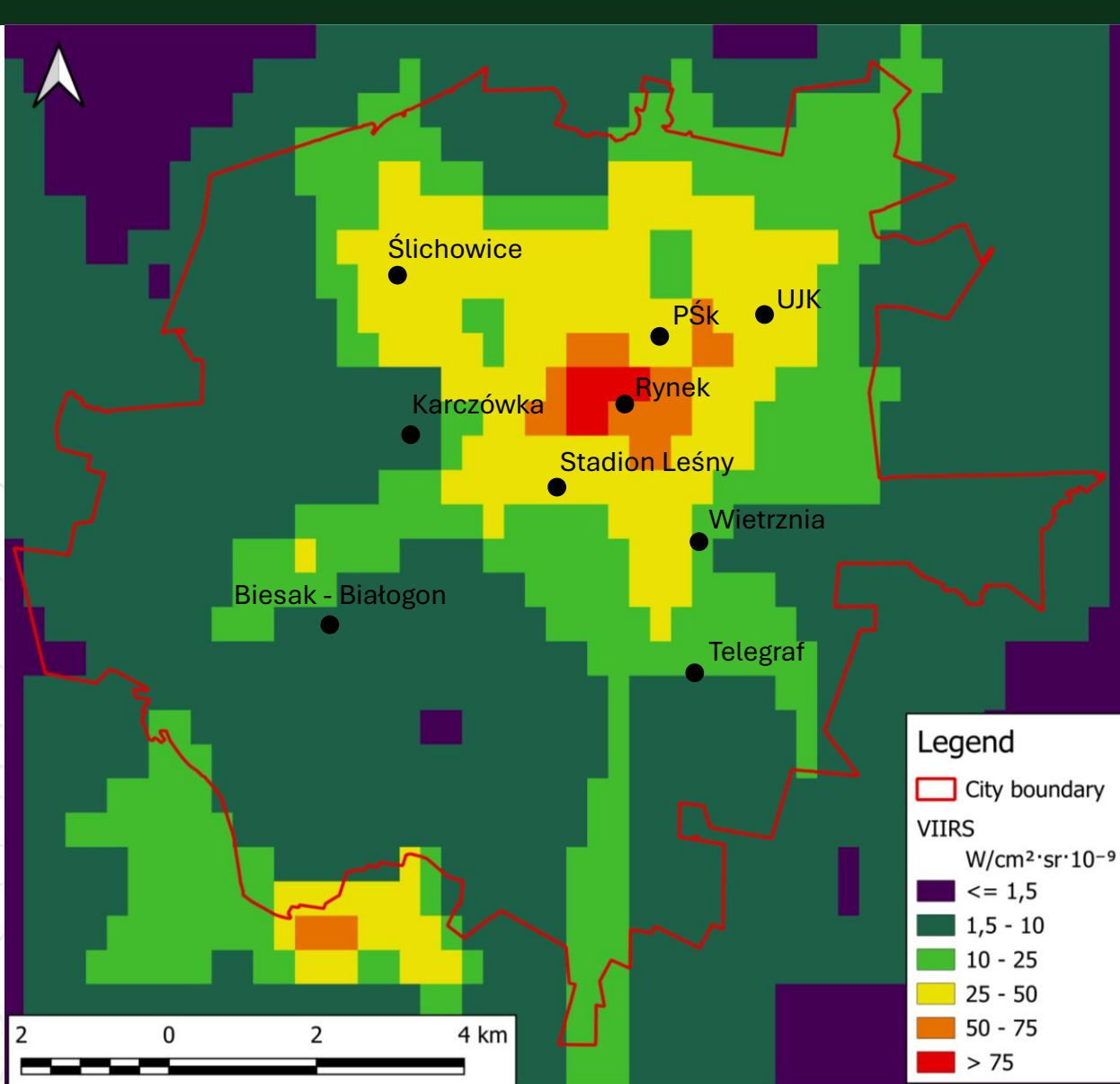




Ryc.5 Mapa Istotności



Ryc.6 Analiza LISA

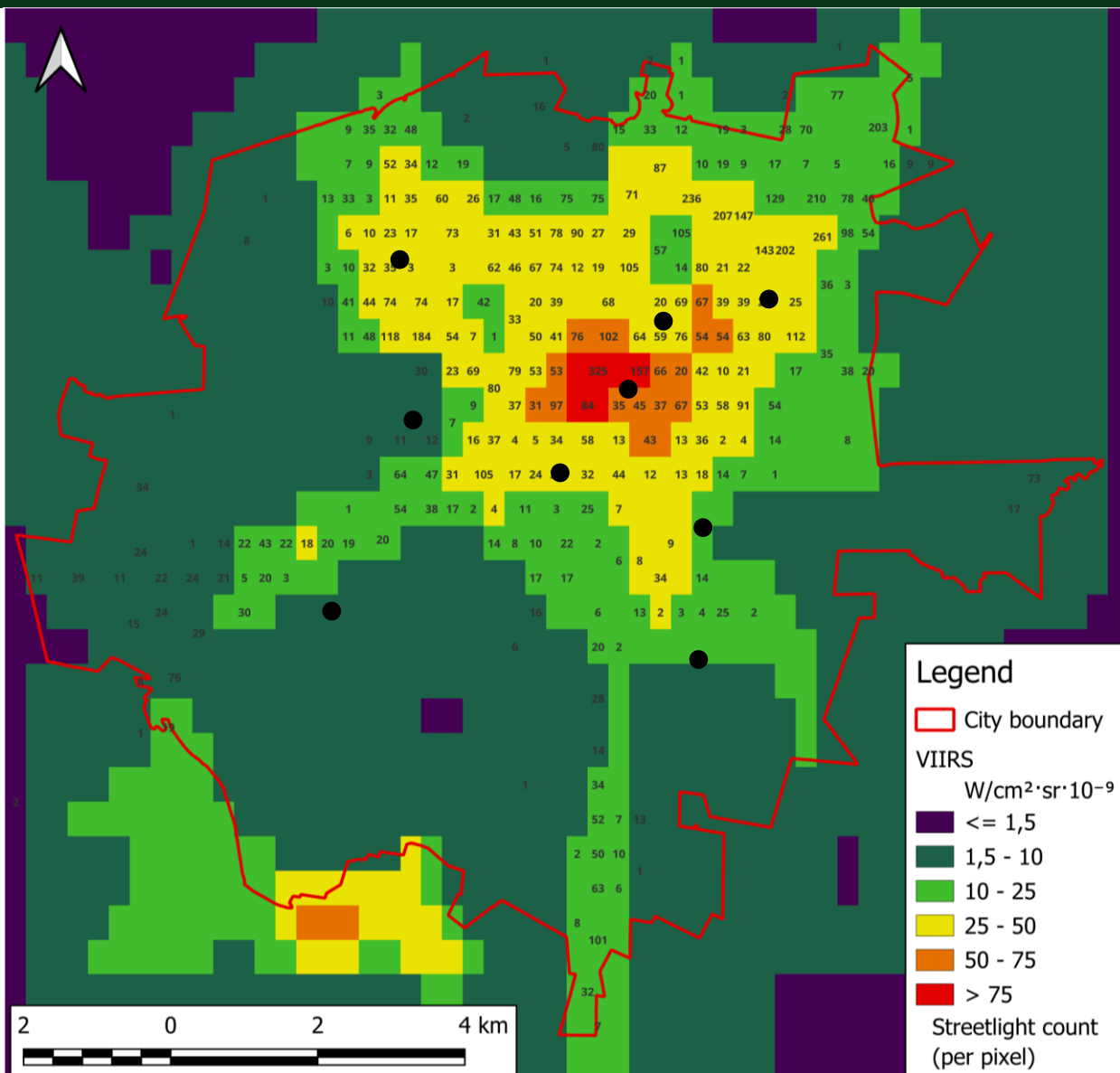


Ryc.7 Mapa zanieczyszczenia światłem

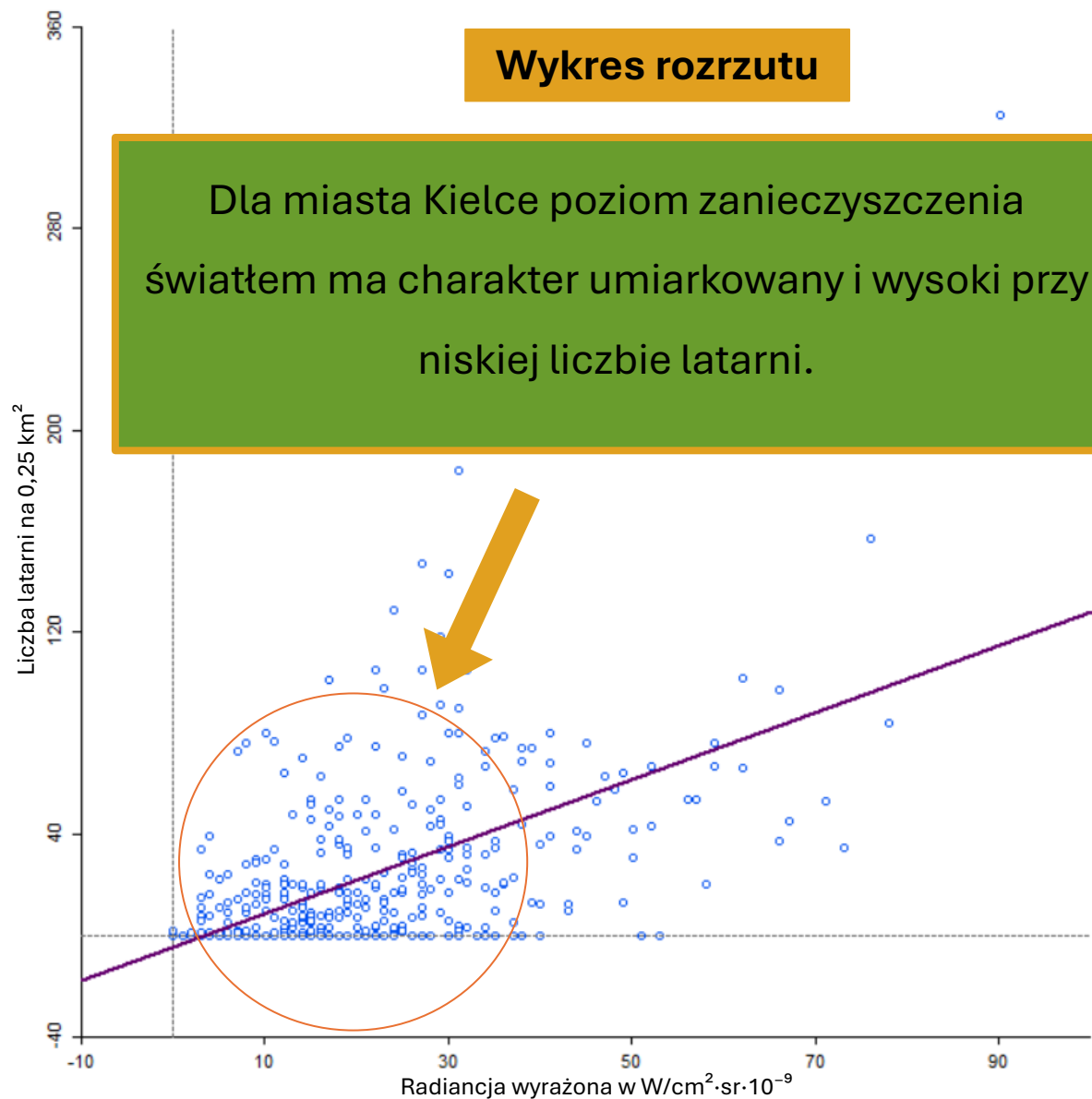
Tab. Klasy zanieczyszczenia światłem na podstawie radiancji

Klasa	Zakres radiancji [$W/cm^2 \cdot sr \cdot 10^{-9}$]	Poziom zanieczyszczenia	Charakterystyka
1	0 – 1,50	bardzo niski (tło)	Izolowane, rozproszone piksele o niskiej intensywności. Mogą obejmować szумы danych, obszary niezurbanizowane lub punktowe źródła światła o niewielkim znaczeniu przestrzennym.
2	1,50 – 10	niski	Obszary o niewielkim natężeniu sztucznego oświetlenia, typowe dla terenów peryferyjnych, zabudowy rozproszonej oraz słabo oświetlonych dróg lokalnych.
3	10 – 25	umiarkowany	Strefy o średnim natężeniu emisji światła, charakterystyczne dla zabudowy mieszkaniowej o większej gęstości oraz obszarów usługowych o lokalnym znaczeniu.
4	25 – 50	wysoki	Obszary intensywnej urbanizacji, obejmujące zwarte struktury miejskie oraz główne ciągi komunikacyjne o dużym natężeniu ruchu i oświetlenia.
5	50 – 75	bardzo wysoki	Strefy o wysokiej koncentracji źródeł światła, w tym centra handlowe, węzły transportowe oraz śródmieścia o rozwiniętej infrastrukturze miejskiej.
6	≥ 75	ekstremalny	Obszary o najwyższej intensywności emisji światła, związane z centralnymi częściami miast lub obiektami o silnej iluminacji. Mogą wskazywać na istotną presję środowiskową oraz potencjalne oddziaływanie na zdrowie i ekosystemy.

Źródło: opracowanie własne na podstawie klasyfikacji radiancji VIIRS/DNB oraz adaptacji progów interpretacyjnych (por. Falchi et al., 2016; Bortle, 2001; Łachowski i Łęczek, 2021).



Ryc.8 Liczba latarni drogowych na tle mapy zanieczyszczenia światłem



Koncepcja wskaźnika „IDEAL-City”

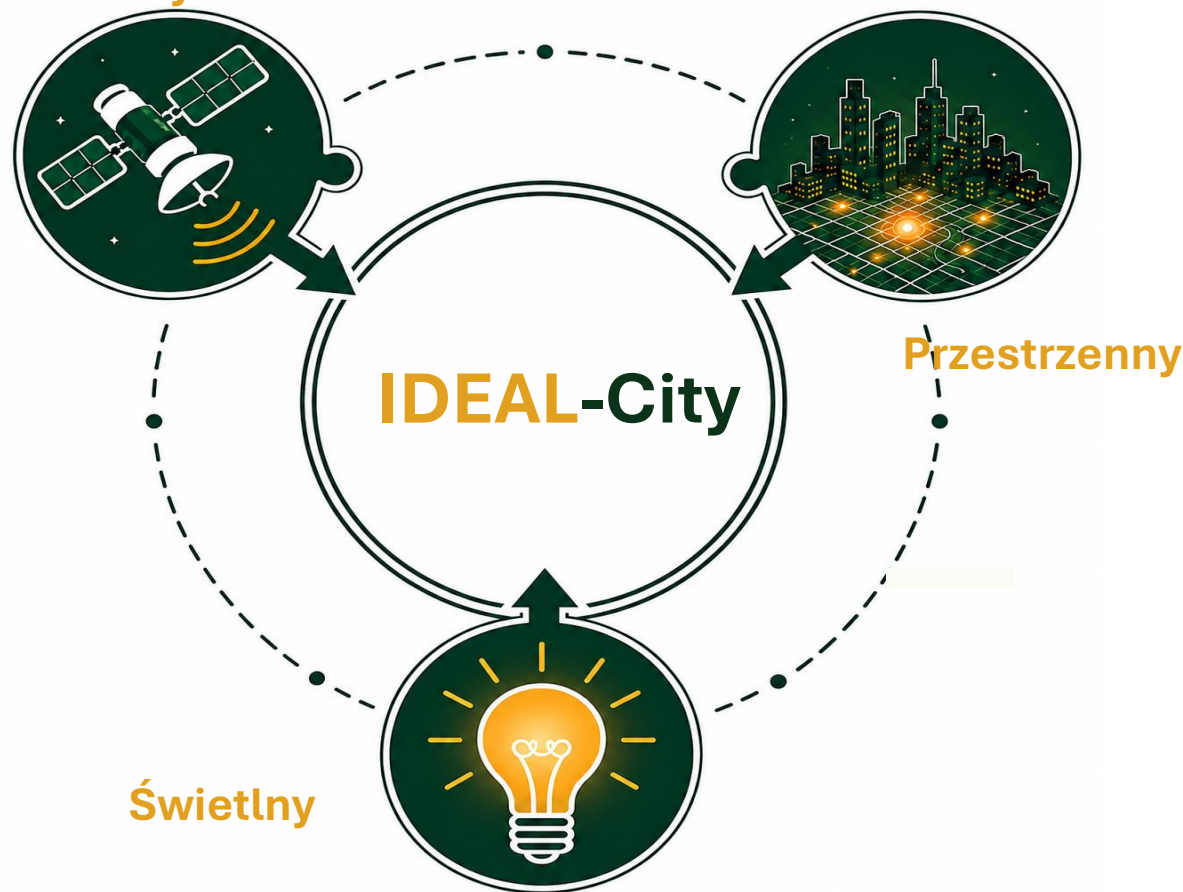
Zintegrowany wskaźnik presji sztucznego światła w mieście, łączący dane satelitarne, infrastrukturę oświetleniową i warunki propagacji światła, w celu oceny obszarów wymagających ograniczenia emisji lub modernizacji systemu oświetlenia. Wpisując się w ideę Zrównoważonego Rozwoju



Integrated Delimitation and Evaluation of Artificial Light in City

Zintegrowany wskaźnik delimitacji i oceny sztucznego światła w mieście

Satelitarny

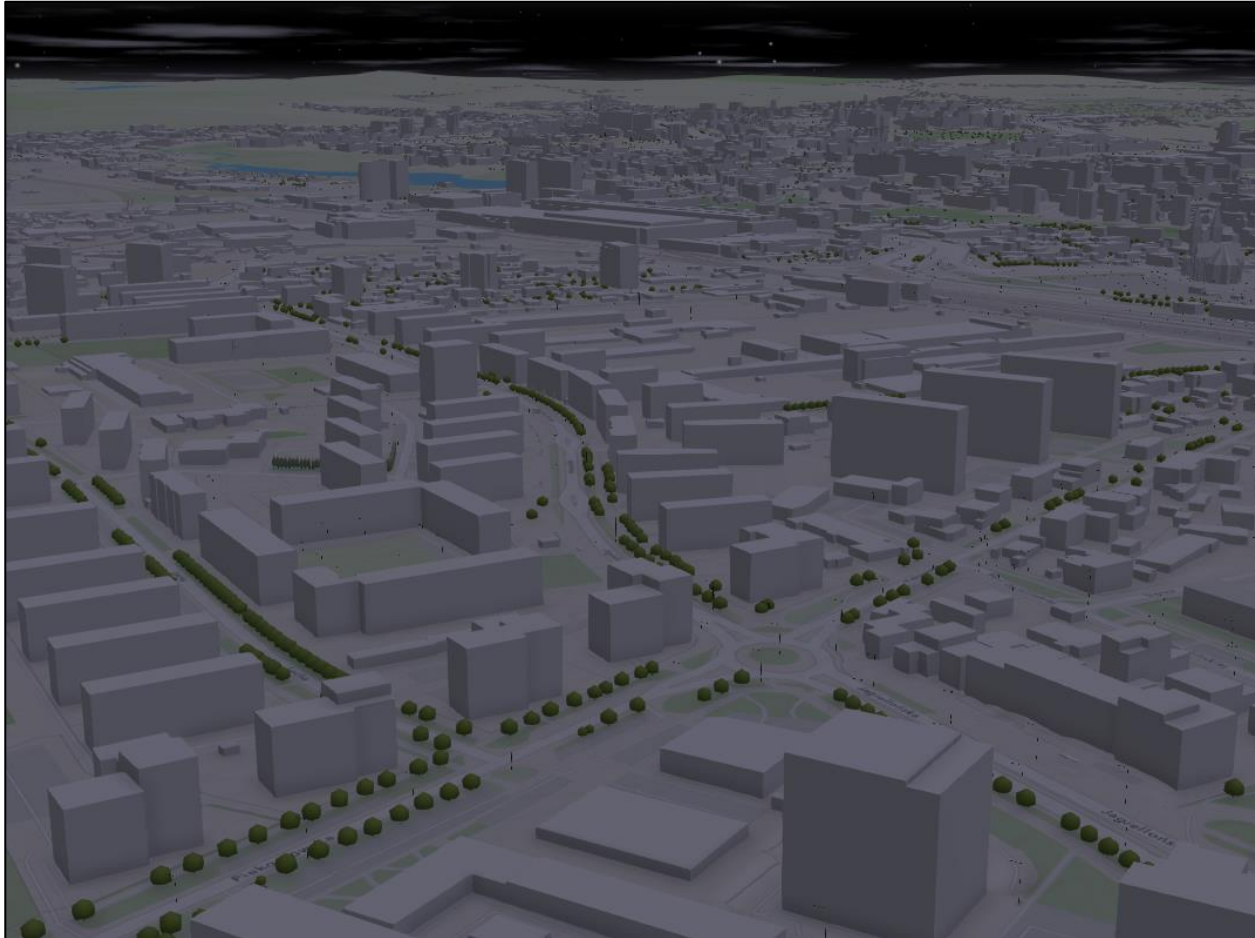


Satellite <i>Satelitarny</i>	Spatial <i>Przestrzenny</i>	Light <i>Świetlny</i>
Dane teledetekcyjne określające intensywność emisji światła w skali miasta	Rozmieszczenie infrastruktury oświetleniowej i jej koncentracja w przestrzeni.	Rozprzestrzenianie światła w zależności od warunków środowiskowych.

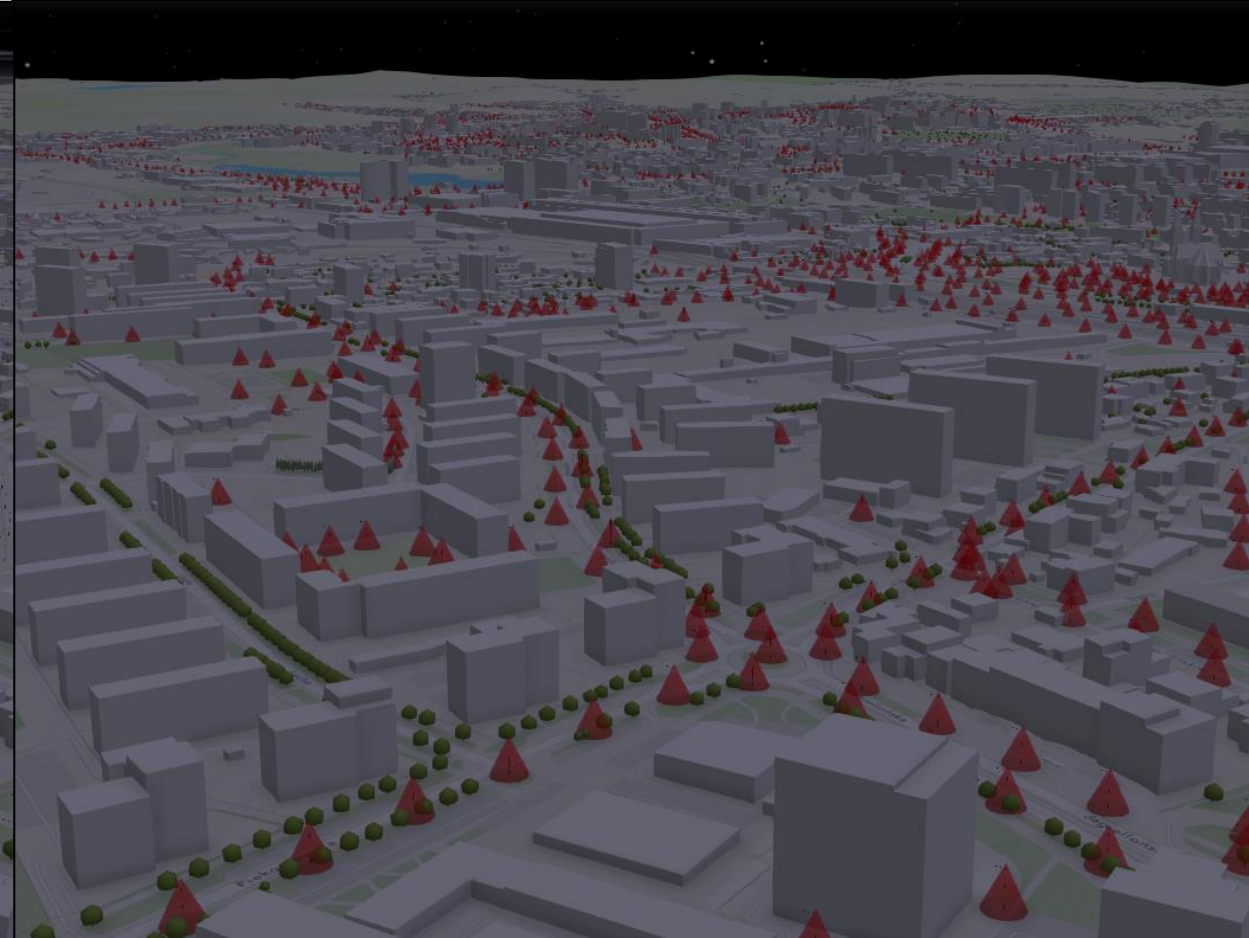


IDEAL-City w środowisku Digital Twin

Model 3D – cyfrowy bliźniak miasta



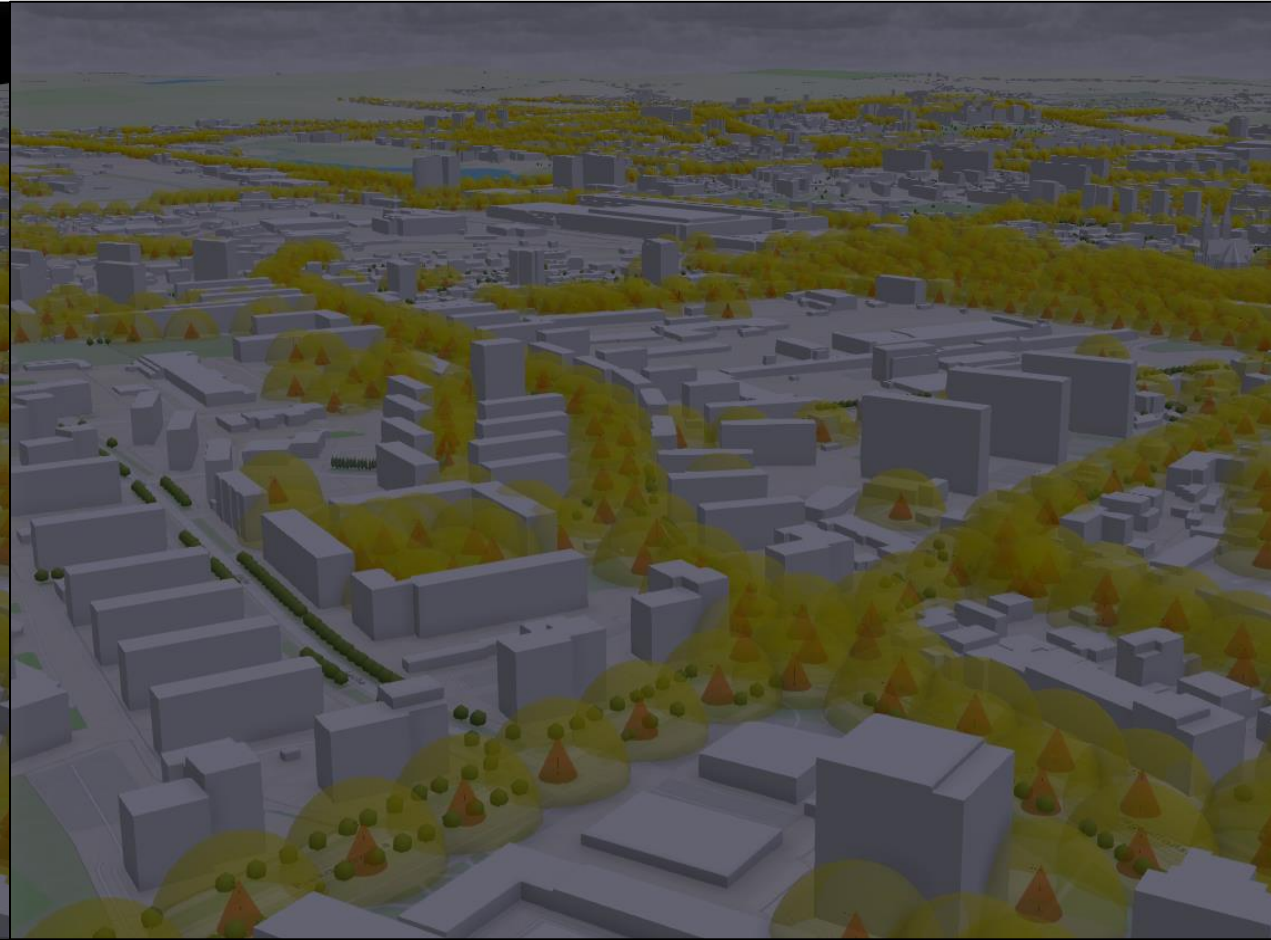
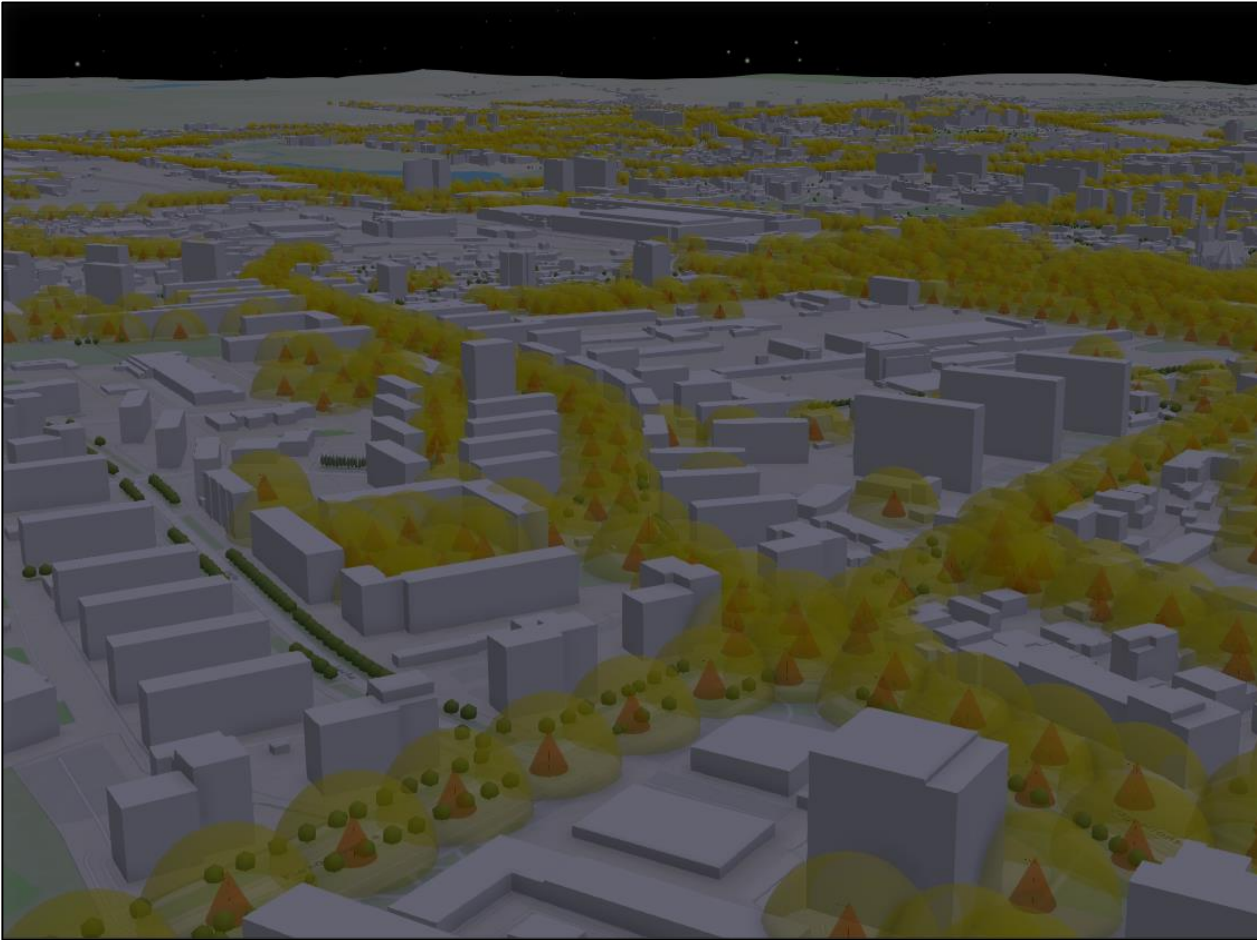
Rozmieszczenie źródeł światła (latarnie uliczne)



IDEAL-City w środowisku Digital Twin

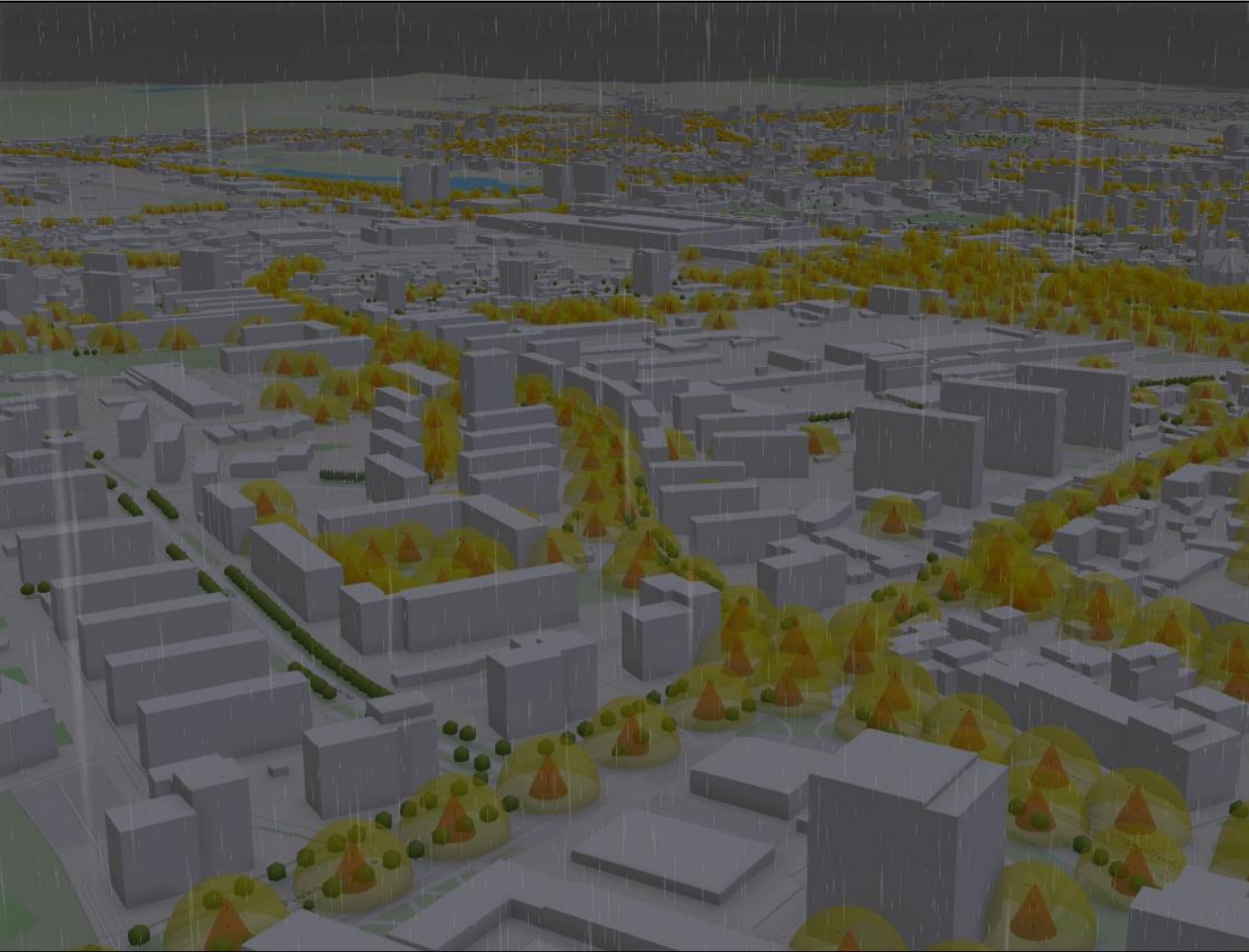
Warunki referencyjne (bez zakłóceń atmosferycznych)

Wpływ aerozoli atmosferycznych

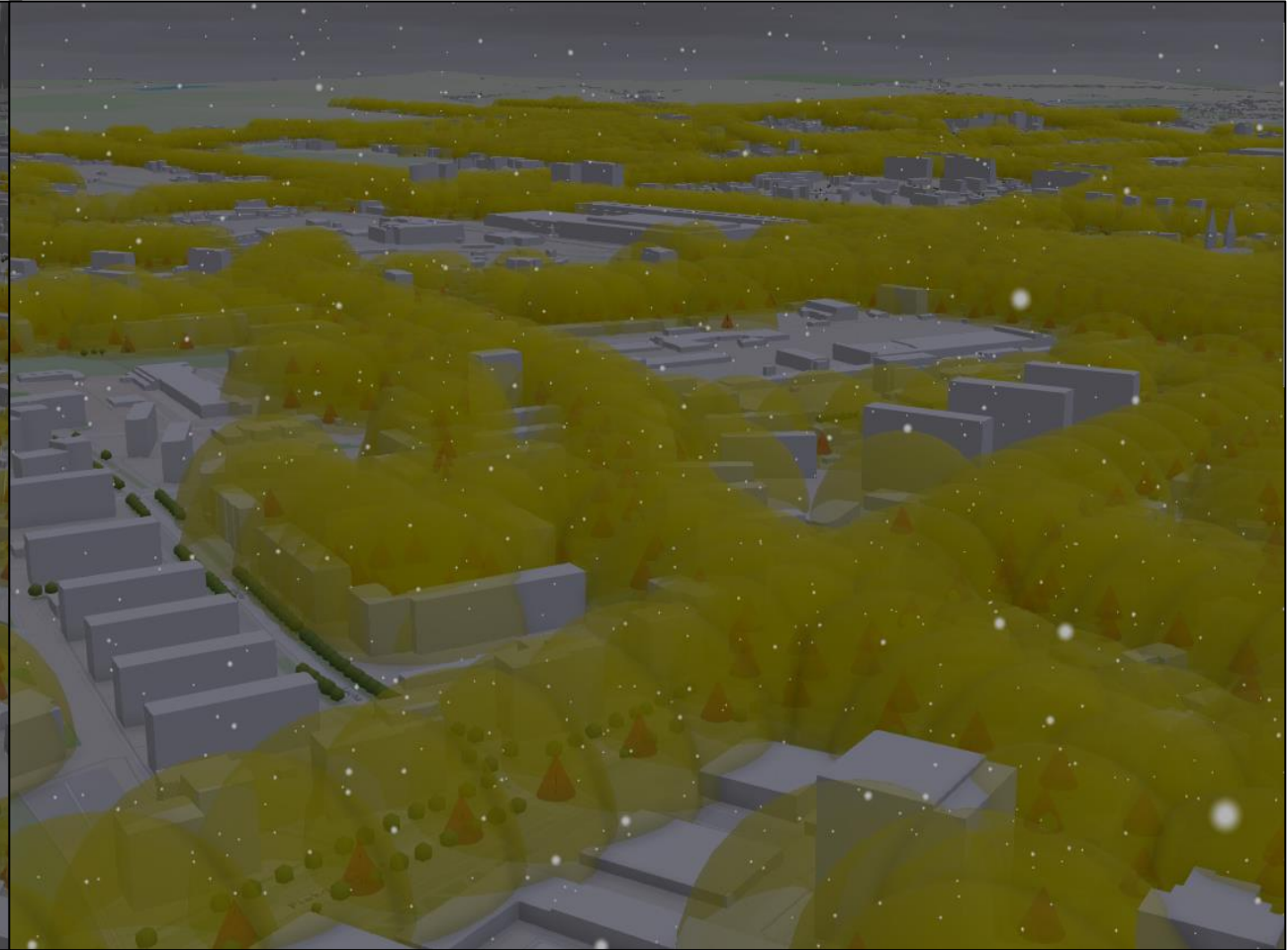


IDEAL-City w środowisku Digital Twin

Wpływ wilgotności i opadów



Wpływ pokrywy śnieżnej, opadów i zachmurzenia



Wnioski

1. Zanieczyszczenie światłem w mieście Kielce wykazuje wyraźne zróżnicowanie przestrzenne.
2. Istnieje dodatnia zależność między liczbą latarni a intensywnością emisji światła.
3. Liczba latarni drogowych nie jest jedynym czynnikiem wpływającym na rejestrowaną radiancję.
4. Warunki środowiskowe (obecność cząsek 2 i 3 fazowych) mają istotny wpływ na rozprzestrzenianie światła.
5. Zaproponowany wskaźnik IDEAL -City umożliwiłby kompleksową ocenę zjawiska, stanowiąc narzędzie wspierające planowanie przestrzenne i zrównoważone zarządzanie miastem.





Dziękuję za uwagę

Zuzanna Śliwa



Działalność Koła



Bibliografia:

- Jechow A., Ribas S.J., Canal-Domingo R., Holker F., Kolláth Z., Kyba C.C.M., 2019. Tracking the dynamics of skyglow with differential photometry using a digital camera with fisheye lens. *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*, 209: 212–223.
- Elvidge, C.D., Baugh, K., Zhizhin, M. i Hsu, F.C., 2013. *Why VIIRS data are superior to DMSP for mapping nighttime lights*. *Proceedings of the Asia-Pacific Advanced Network*, 35, s. 62–69.
- Cyunel, M., Czaplicka, A. i Stochel-Cyunel, J. (2015) *Oświetlenie miejskie w kontekście zanieczyszczenia światłem*. Kraków: Politechnika Krakowska.
- Karpińska, D. i Kunz, M. (2023) 'Measuring light pollution in the night sky – from technology demonstrator to monitoring system', *Civil and Environmental Engineering Reports*, 33(1), s. 53–70. DOI: 10.59440/ceer-2023-0004.
- Łachowski, W. i Łęczek, A. (2021) 'Zanieczyszczenie światłem w wybranych miastach Polski – analiza pomiarów z wykorzystaniem VIIRS', *Urban Development Issues*, 69, s. 38–49. DOI: 10.51733/udi.2021.69.04.
- LPTT (2023) *Raport o zanieczyszczeniu światłem w Polsce*. Light Pollution Think Tank, Polska.
- Tabaka, P. (red.) (2022) *Sztuczne światło nocą – między zagrożeniem a rozwojem*. Łódź: Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej. DOI: 10.34658/9788366741461.
- **Earth Observation Group (EOG), 2024.** *VIIRS Nighttime Lights (VNL)*. Available at: <https://eogdata.mines.edu/products/vnl/> (Accessed: 4 April 2026)
- **United Nations, n.d.** *Cele Zrównoważonego Rozwoju*. Available at: <https://www.un.org.pl/> (Accessed: 4 April 2026).
- **Light Pollution Map, n.d.** *Light pollution map*. Available at: <https://www.lightpollutionmap.info/> (Accessed: 1 April 2026).
- Ratajkiewicz, P. i Michalak, H. (2023) „Strategia oświetlenia jako element zrównoważonego rozwoju miast”, *Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej. Architektura, Urbanistyka, Architektura*.

