

Astrolabium

Konkurs astronomiczny

Pomiary zanieczyszczenia światłem



Szkoła średnia
Doświadczenie konkursowe 1

Rok 2024

1. Wstęp teoretyczny

Zanieczyszczenie świetlne (ang. *light pollution*) jest nadmiarem oświetlenia nocnego, generowanym przez sztuczne światła. Pojęcie powstało w latach 70 XX w., kiedy wzrosła świadomość na temat skutków, jakie to zjawisko za sobą niesie. Zanieczyszczenie świetlne ma negatywny wpływ na florę i faunę – światło zakłóca aktywność zwierząt takich jak nietoperze, sowy czy jeże, utrudniając im polowanie i nawigację. Może ono też zaburzać rytm dobowy ludzi, powodując problemy ze snem.

Istotną konsekwencją tego zjawiska jest również negatywny wpływ na astronomię. Jasność nocnego nieba spowodowana nadmiernym oświetleniem miejskim utrudnia obserwacje astronomiczne. Zanikają słabsze gwiazdy i inne obiekty kosmiczne, co utrudnia pracę zarówno profesjonalnym astronomom, jak i amatorom.

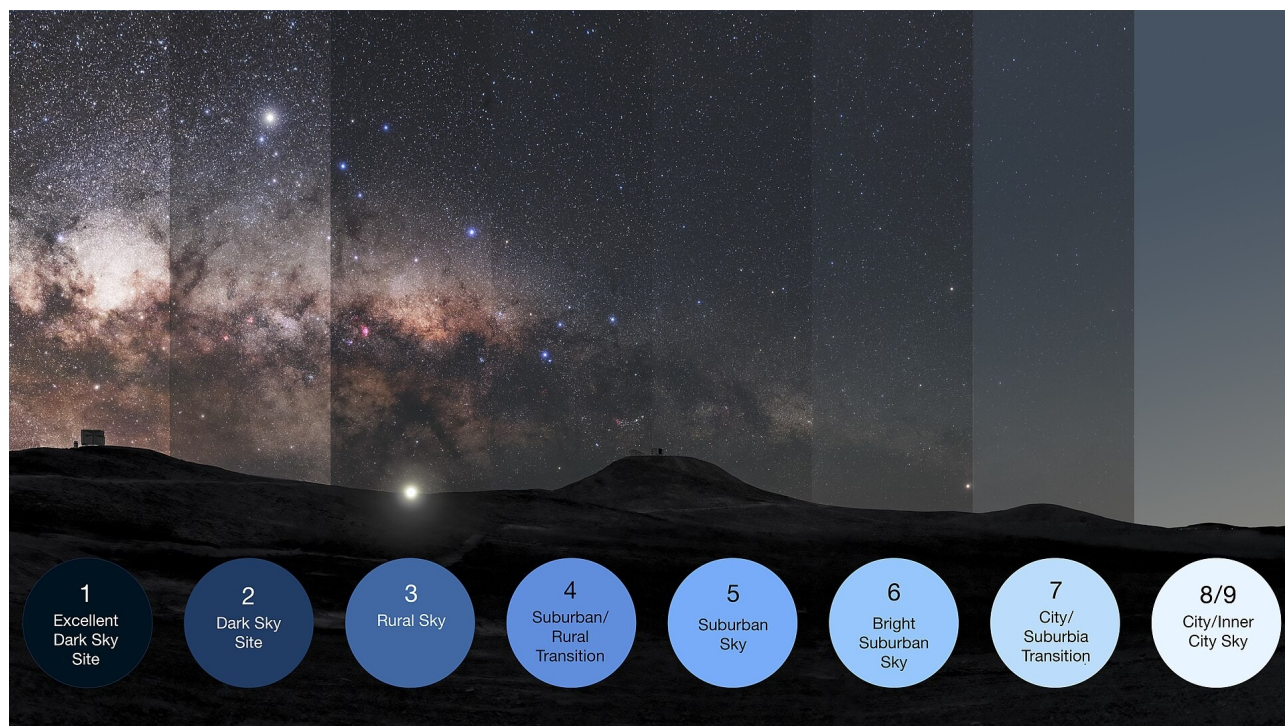


Rysunek 1. Rysunek 1. Po lewej zdjęcie Oriona wykonane w miejscu, gdzie zanieczyszczenie światłem jest niewielkie lub żadne. Po prawej ten sam gwiazdozbiór sfotografowany w metropolii miast Provo i Orem. Źródło: Wikipedia¹. Autor: Jeremy Stanley

Zanieczyszczenie światłem jest oczywiście największe w obszarach dużych miast. Można podzielić je na rozświetlenie nocnego nieba poprzez światło rozproszone w atmosferze, oświetlenie poza miejscami do tego przeznaczonymi, oświetlenie miejsc, w których jest to niepotrzebne oraz olśnienie powodowane przez nieosłonięte źródła światła o dużej jasności. Obecnie w celach mierzenia zanieczyszczenia nocnego nieba wykorzystuje się np. **skale Bortle'a**². Można dzięki niej określić, do której z 9 „klas” czystości nieba należy to, które aktualnie obserwujemy. Każdej klasie odpowiada m.in. widoczność różnych obiektów astronomicznych.

¹ https://pl.wikipedia.org/wiki/Zanieczyszczenie_%C5%9Bwielne

Stopień zanieczyszczenia światłem możemy również określić dzięki przyrządom takim, jak **Sky Quality Meter**³.



Rysunek 2. Reprezentacja skali Bortle'a. Autor: ESO/P. Horálek, M. Wallner Źródło: Wikipedia².

Uproszczony opis klas w skali Bortle'a

Klasa 1. Nadzwyczajnie ciemne niebo. Widoczne jest dobrze światło zodiakalne, przy czym nie widać dokładnie obiektów znajdujących się na powierzchni Ziemi. Najjaśniejsze obszary widocznego na niebie pasa naszej Galaktyki, czyli Drogi Mlecznej, rzucają wyraźne cienie na ziemię. Widzimy nawet najślabsze widoczne gołym okiem gwiazdy – ogromne ich ilości! Niebo takie występuje w ciemnych okolicach okołorównikowych.

Klasa 2. Typowe ciemne niebo. Chmury są widoczne jako ciemne plamy na tle gwiazd. Wyraźnie jest widoczna struktura Drogi Mlecznej oraz liczne, bardzo słabo świecące gwiazdy. Ziemskie otoczenie jest słabo widoczne w postaci zarysów na tle nieba. W Polsce warunki takie występują m. in. w niektórych miejscach w Bieszczadach.

Klasa 3. Niebo wiejskie. Horyzont jest wyraźnie jaśniejszy od zenitu (punktu na niebie położonego najwyżej nad naszymi głowami). Światło zodiakalne bywa wyraźnie widoczne na wiosnę i jesienią. Wciąż widzimy mnóstwo gwiazd i bardzo słabo widzimy bliskie otoczenie. Niebo tej klasy można znaleźć na terenach wiejskich, zwykle w odległości kilkudziesięciu kilometrów od wielkich miast.

Klasa 4. Niebo obszarów przejściowych, czyli na granicy między wsią a przedmieściami. Nad horyzontem widoczne są łuny pochodzące od pobliskich miast. Droga Mleczna jest słabo widoczna,

²https://pl.wikipedia.org/wiki/Skala_Bortle%E2%80%99a

³<http://www.wygasz.edu.pl/index.php/sky-quality-meter.html>

widać znacznie mniej gwiazd, a nasze ziemskie otoczenie jest już wyraźnie widoczne. W okolicy Krakowa do tej klasy można zaliczyć np. niebo w odległych od niego o 22 km Jerzmanowicach.

Klasa 5. Niebo podmiejskie. Światło zodiakalne widoczne jest tylko częściowo w najciemniejsze noce, wiosną i jesienią. Droga Mleczna widoczna jest bardzo niewyraźnie i tylko wysoko nad horyzontem. Źródła sztucznego światła widoczne są we wszystkich kierunkach, podobnie szczegóły obiektów na Ziemi. Widać nadal sporo gwiazd.

Klasa 6. Jasne niebo podmiejskie. Światło zodiakalne nie jest widoczne, Droga Mleczna może być jedynie częściowo widoczna w pobliżu zenitu. Niebo nad horyzontem jest szaro-białe. Widać znacznie mniej gwiazd.

Klasa 7. Niebo obszarów przejściowych: na granicy między miastem a przedmieściami. Całe niebo ma szaro-biały odcień. Silne źródła światła są widoczne we wszystkich kierunkach. Obłoki są jasno oświetlone. Widać niewiele gwiazd.

Klasa 8. Niebo miejskie. Niebo świeci światłem białym lub pomarańczowym, można w nocy czytać przy nim tytuły artykułów w gazetach i inne duże napisy. Widać tylko najjaśniejsze z gwiazd, przez co większość gwiazdozbiorów jest nierozpoznawalna. Warunki te spełnia obecnie większość osiedli mieszkaniowych w dużych metropoliach.

Klasa 9. Niebo w centrach miast. Całe niebo jest jasno rozświetlone, nawet to w zenicie. Z obiektów na niebie widoczne są tylko Księżyc, najjaśniejsze planety (Jowisz, Saturn, Wenus) i najjaśniejsze z najjaśniejszych gwiazdy. Warunki takie są np. w centrum Warszawy lub Krakowa.

Jednym z powodów silnego zanieczyszczenia światłem w miastach jest nieprawidłowe oświetlenie miejskie. Na rysunku 3 przedstawiono lepsze, średnie i najgorsze przykłady lamp ulicznych. Ze schematu wynika, że lampy nie powinny świecić w niebo (jak na przykład ładne, ale silnie zanieczyszczające światłem ozdobne lampy - kule), a ich światło należy kierować w stronę tych obszarów, gdzie faktycznie oświetlenie jest potrzebne: na ulice, chodniki i skwery.

Opracowano na podstawie: <https://lightpollution.pk.edu.pl/SOCN/metody.php>



Rysunek 3. Przykłady prawidłowego i nieprawidłowego oświetlenia miejskiego.

Wielkości gwiazdowe i widoczność graniczna

Skąd wiemy, jak naprawdę jasne są odległe gwiazdy? **Wielkość gwiazdowa** to właśnie miara jasności gwiazd. Została ona wprowadzona już w Starożytności przez greckiego astronoma Hipparchosa z Nikei i jest nadal używana do dziś, choć w zmodyfikowanej formie.

Kluczowe pojęcia dotyczące wielkości gwiazdowej to:

- **Obserwowana wielkość gwiazdowa**, czyli miara jasności obiektu astronomicznego widzianego z Ziemi. Zależy logarytmicznie od mocy promieniowania gwiazdy w następujący sposób:

$$m = -2.5\log_{10}E + C$$

gdzie:

E - natężenie promieniowania

C - stała zależna od rodzaju obserwowanej wielkości

- **Absolutna wielkość gwiazdowa** - miara faktycznej jasności, którą miałby dany obiekt na niebie (np. gwiazda) oglądany z odległości 10 parseków.

Im jaśniejszy obiekt, tym mniejszą ma wartość wielkości gwiazdowej.

Wzrost o 1 w skali magnitudo oznacza spadek jasności obiektu około 2,512 raza.

Widoczność graniczna gołego oka (czasem oznaczana **WGGO**) to z kolei **obserwowana wielkość gwiazdowa** najślabszego obiektu dostrzegalnego w danych warunkach obserwacyjnych przy pomocy oka nieuzbrojonego (bez żadnego instrumentu).

2. Cel doświadczenia

Celem doświadczenia jest zapoznanie się z problemem zanieczyszczenia światłem oraz ocena nasilenia tego zjawiska w miejscu przeprowadzanych obserwacji.

3. Opis wykonania doświadczenia

1. Zapoznaj się ze skalą Bortle'a.
2. Pobierz na komputer, tablet lub telefon komórkowy darmową aplikację Stellarium (<https://stellarium.org/pl/>).
3. Wybierz bezchmurną noc w celu dokonania obserwacji.
4. W Stellarium wybierz miejsce obserwacji oraz ich datę i czas. Odszukaj konstelacje: **Pegaz, Kasjopeja** oraz **Orion**.
5. Sprawdź i zanotuj, jaka jest obserwowana wielkość gwiazdowa (w jednostkach magnitudo) poszczególnych gwiazd tworzących te konstelacje.
6. Spróbuj odnaleźć Pegaza, Kasjopeję i Oriona na nocnym niebie. Zanotuj, które ich gwiazdy są dla Ciebie widoczne: do jakiej wielkości obserwowanej gwiazdy widzisz na niebie, bez użycia lornetki, lunety lub teleskopu? Sprawdź teraz, której klasie skali Bortle'a odpowiada ta wyznaczona przez Ciebie **wartość graniczna gołego oka**. Wartości WGGO w magnitudo podane są często w tabelach ze szczegółowym opisem klas skali. Możesz je odczytać np. na stronie

https://pl.wikipedia.org/wiki/Skala_Bortle%E2%80%99a, gdzie parametr WGGO znajduje się w kolumnie trzeciej.

7. W Stellarium odnajdź opcje wyboru poziomu zanieczyszczenia nieba. Sprawdź, który z poziomów odpowiada temu, jak dobrze widoczne były rzeczywiste konstelacje podczas Twoich obserwacji.

8. Za pomocą narzędzia Sky Pollution Map (<https://www.lightpollutionmap.info/>) sprawdź, do której klasy Bortle'a należy niebo w miejscu Twoich obserwacji. Czy wartość ta zgadza się z tą sprawdzoną za pomocą Stellarium i tą wyznaczoną obserwacyjnie w punkcie 6?

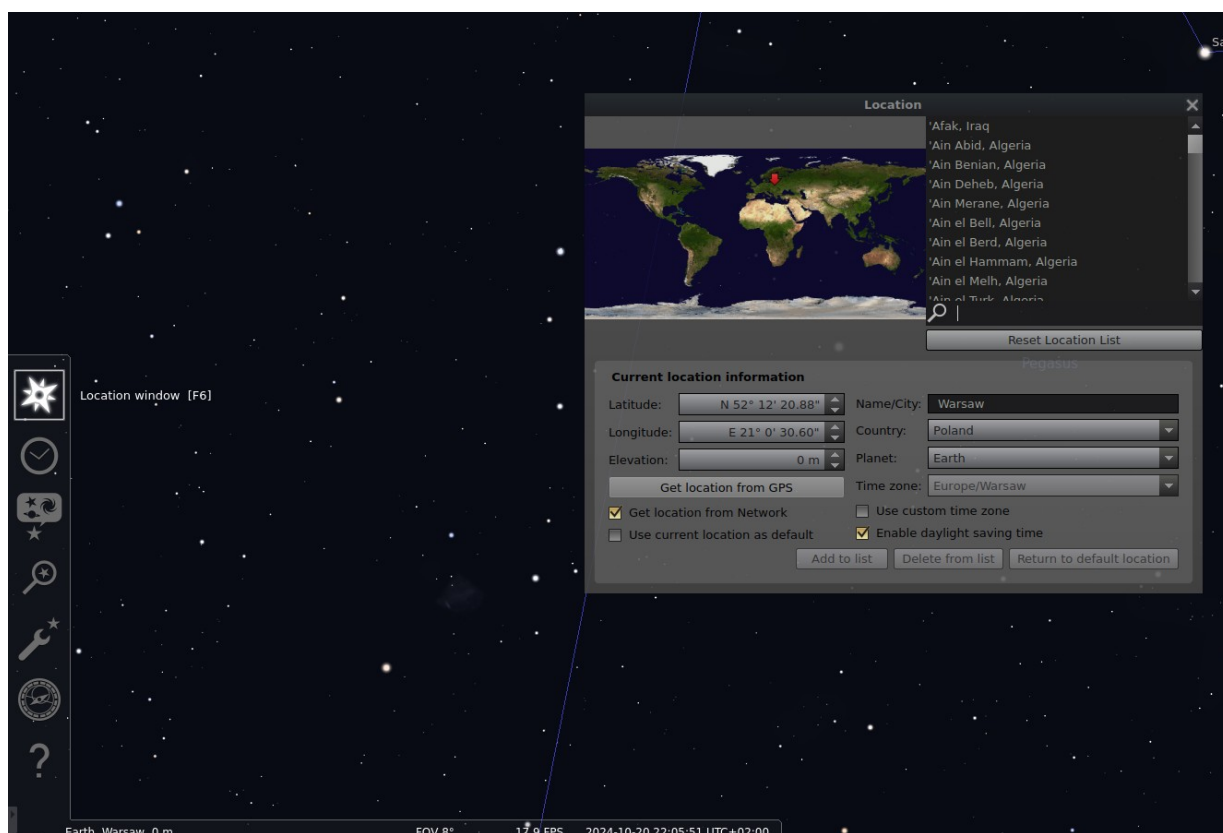
9. Powyższe obserwacje (punkty 3-8) wykonaj w dwóch miejscach z różnym poziomem zanieczyszczenia świetlnego (np. w centrum miasta i na terenach wiejskich lub podmiejskich). Czy różnica w ilości gwiazd, jakie widzisz, jest istotna?

10. W części teoretycznej przedstawiono prawidłowe i nieprawidłowe z perspektywy ograniczania zanieczyszczenia nieba typy oświetlenia. Które z nich występują w okolicach obu miejsc Twoich obserwacji? Czy Twoim zdaniem zmiana (np. inny rodzaj lamp, ich kolor, położenie, użycie odpowiednich kloszy) mogłaby wpłynąć pozytywnie na obserwacje nocnego nieba oraz życie roślin, zwierząt i ludzi?

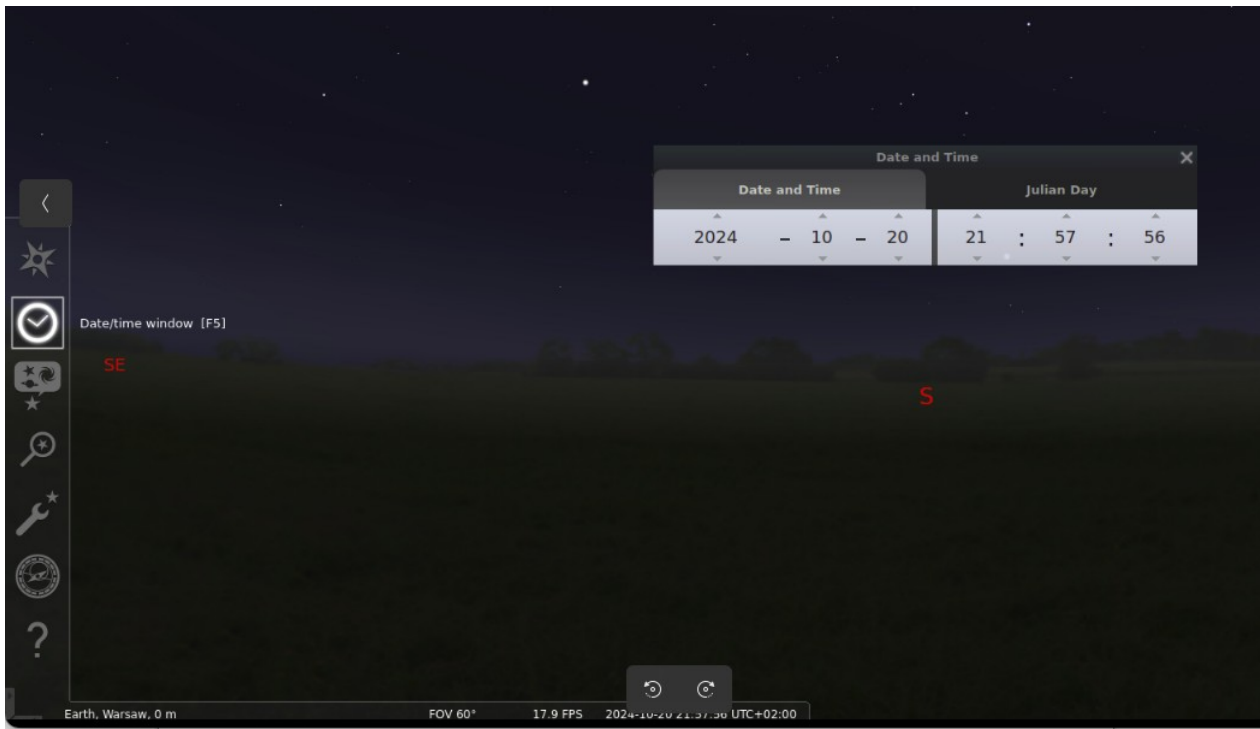
11. Obejrzyj film z serii [Astronarium – „Ochrona ciemnego nieba”](#), by usystematyzować informacje zdobyte w tym doświadczeniu. Link: <https://www.youtube.com/watch?v=zicrM7JRuME>

Wskazówki dotyczące korzystania z programu Stellarium:

1. Po uruchomieniu programu skieruj kursor na lewą stronę ekranu. Pojawi się wysuwane menu, w którym dwie pierwsze opcje służą kolejno do wyboru miejsca obserwacji oraz daty i czasu.



Rysunek 4. Zrzut ekranu z programu Stellarium.



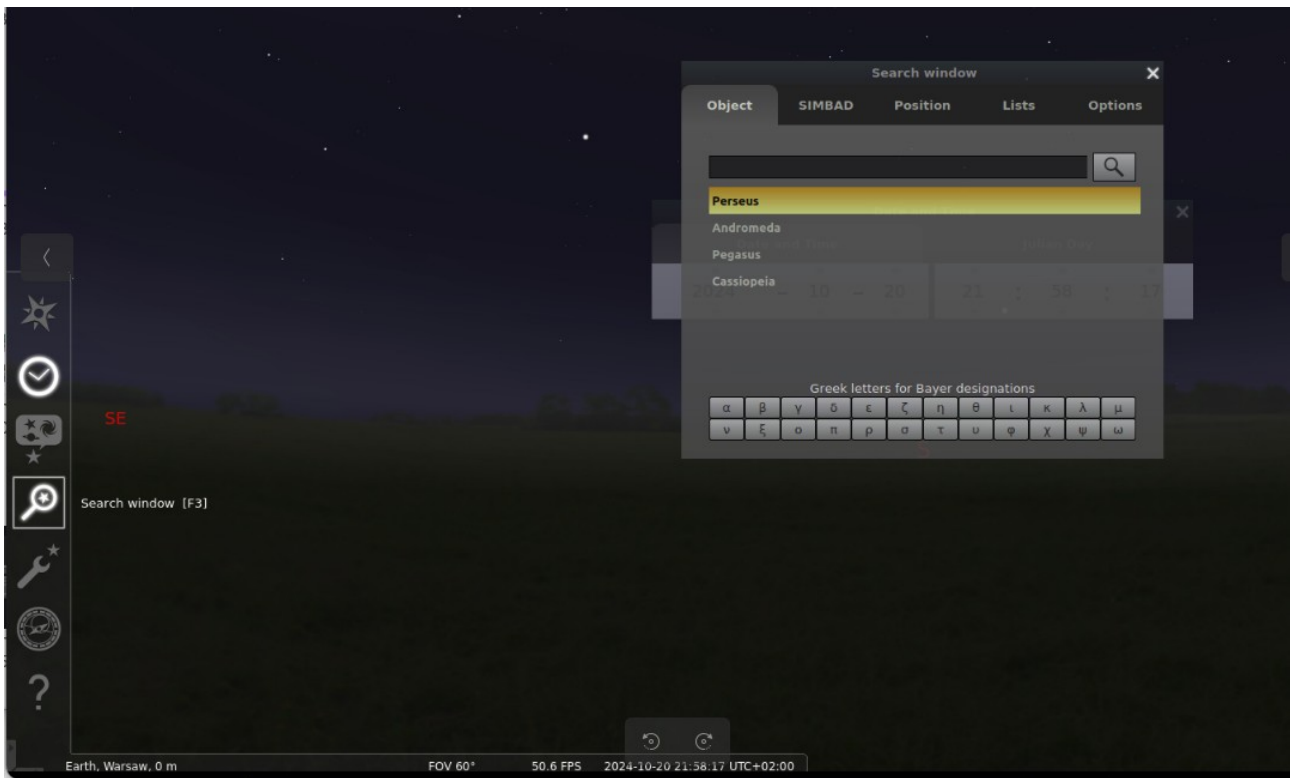
Rysunek 5. Zrzut ekranu z programu Stellarium.

2. Skieruj kursor na dół ekranu, aby ukazały się inne przydatne opcje do zaznaczenia, m.in. aby obiekty astronomiczne zostały podpisane, a gwiazdy poszczególnych konstelacji – połączone.



Rysunek 6. Zrzut ekranu z programu Stellarium.

3. Aby wyszukać daną konstelację, wybierz opcję *Search window*.



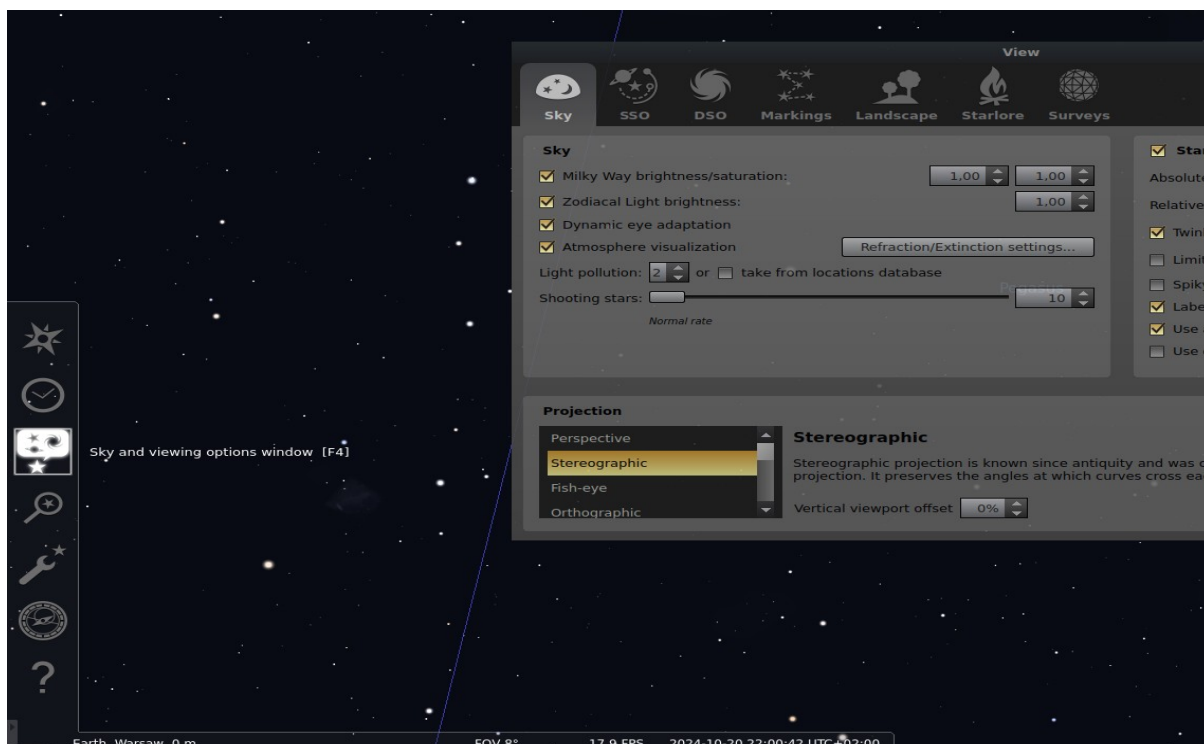
Rysunek 7. Zrzut ekranu z programu Stellarium.

4. Kliknij na obiekt (np. gwiazdę), aby otrzymać informacje na jego temat (m.in. wielkości gwiazdowe).

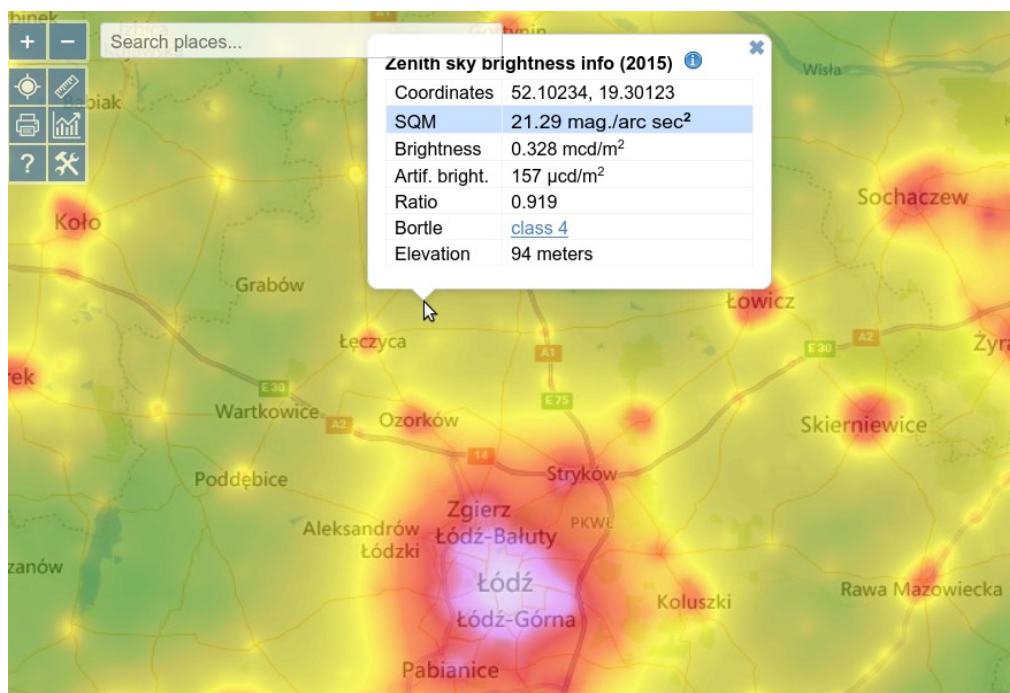


Rysunek 8. Zrzut ekranu z programu Stellarium.

5. Zmieniaj poziom zanieczyszczenia nieba światłem korzystając z menu dostępnego w lewej stronie ekranu (opcja *Sky and viewing options window*).



Rysunek 9. Zrzut ekranu z programu Stellarium.



Rysunek 10. Wyznaczanie poziomu zanieczyszczenia światłem na mapie lightpollutionmap.info.

Więcej informacji na temat skutków zanieczyszczenia światłem znajdziesz pod tymi adresami:

- <https://ciemnieniebo.pl/mapy-sztucznego-swiatla>
- <https://www.urania.edu.pl/ciemne-niebo/zanieczyszczenie-swietlne-wplyw-srodowisko-spoeczno-przyrodnicze.html>



Ochrona ciemnego nieba - Astronarium odc. 85



Astronarium

178 tys. subskrybentów

Subskrybujesz

1,3 tys.



Udostępnij



Zapisz



Miejsce na Twoje notatki