

*Liczmy gwiazdy, dopóki jest co liczyć*

**Tomasz Mrozek**

**Instytut Astronomiczny UWr  
Zakład Fizyki Słońca, CBK PAN**



*Gdzie podziało się niebo?*

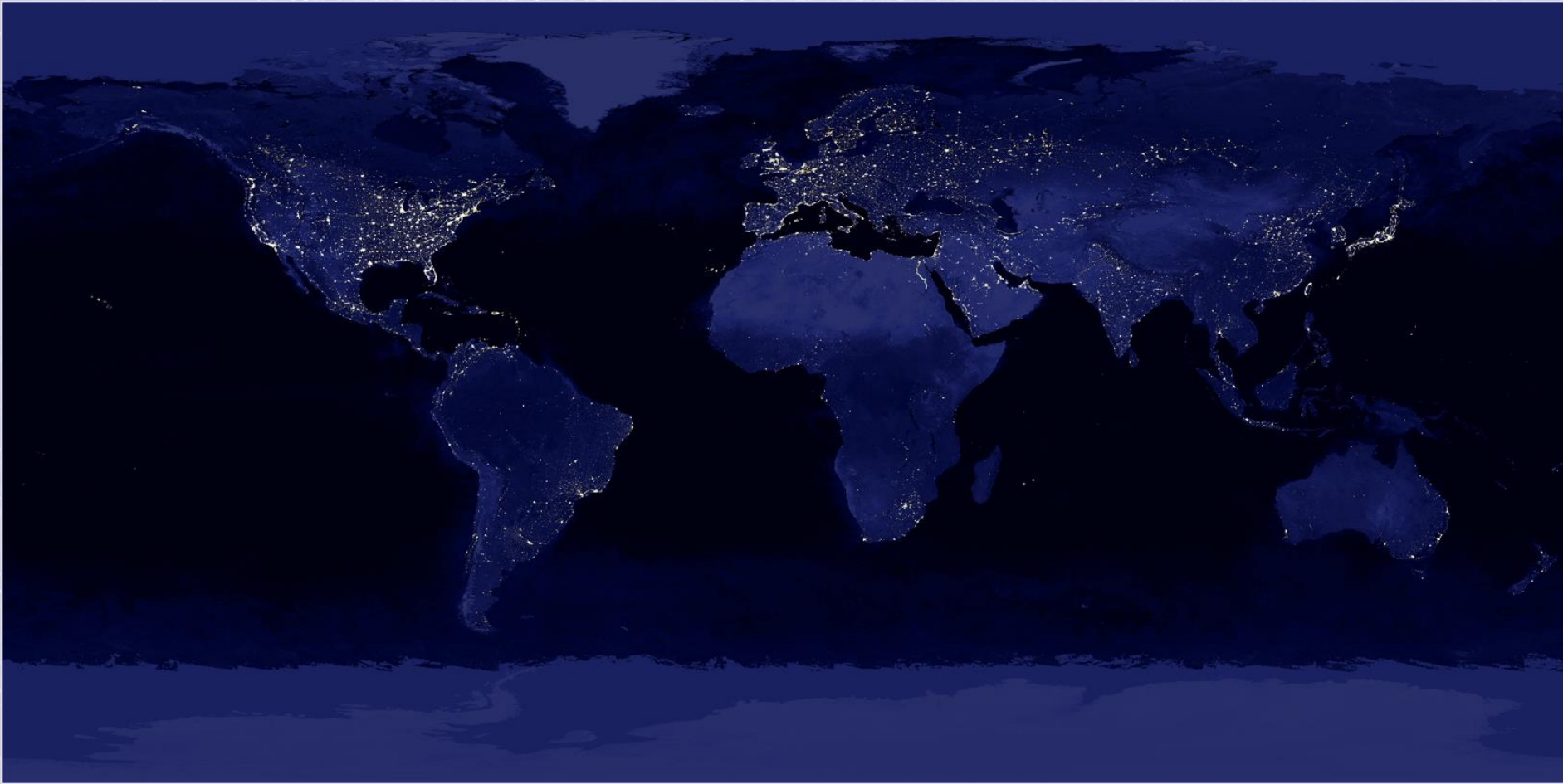


# *Świetlny smog*



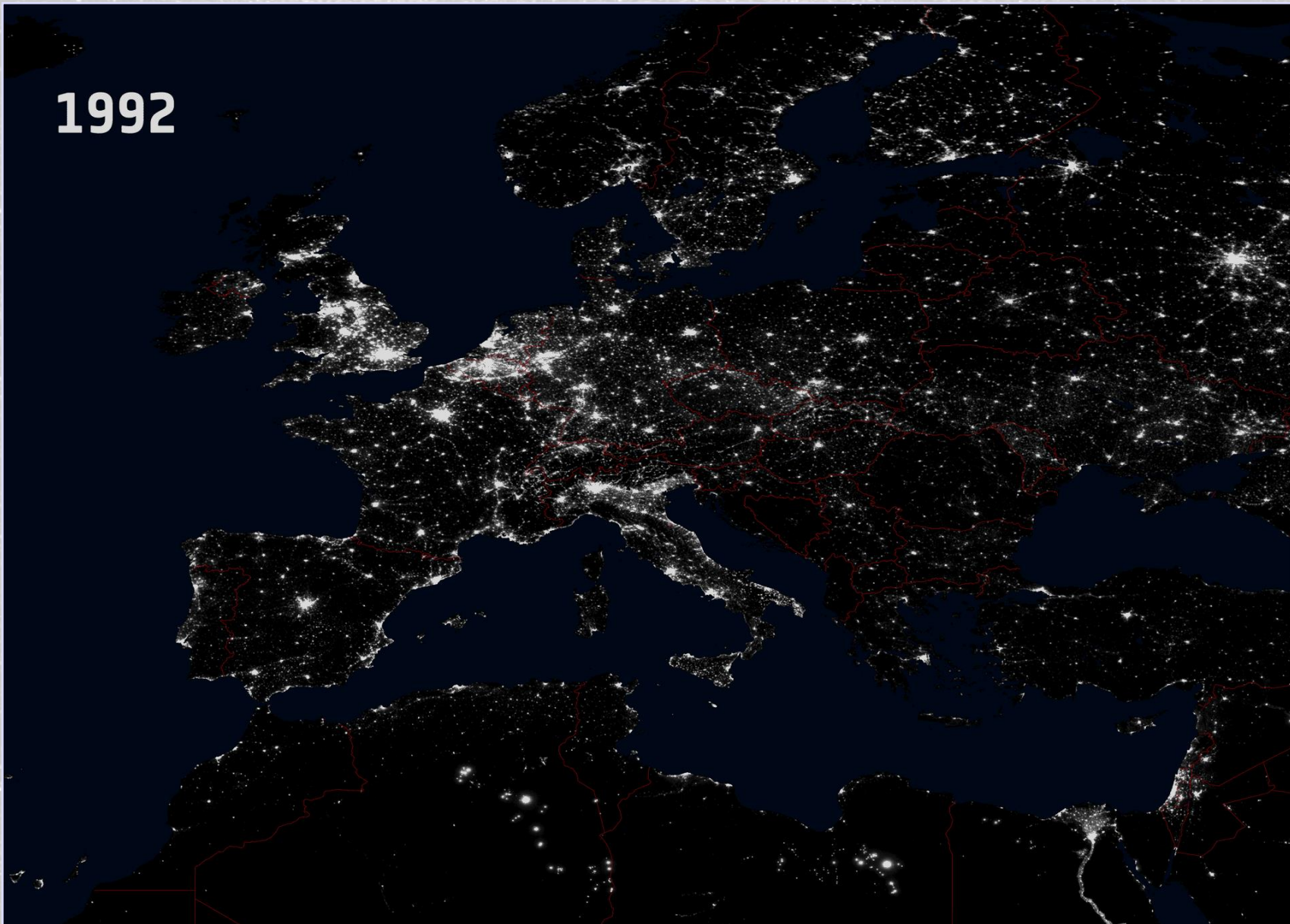


# *Skala problemu*



*Jasność/ciemność nieba*

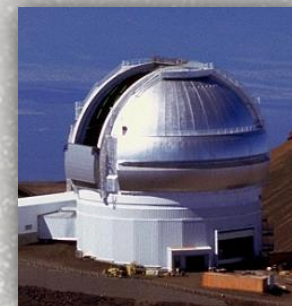
1992





# Komu szkodzi zanieczyszczenie światłem?

Utrudnienia w prowadzeniu obserwacji astronomicznych



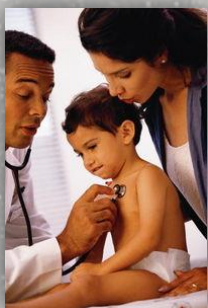
Zmniejszanie bezpieczeństwa w nocy



Zaburzenie ekosystemów



Zły wpływ na ludzkie życie i zdrowie



Marnotrawstwo energii i zanieczyszczanie środowiska



„Znikanie” rozgwieźdzonego nieba



## Rozwiązanie

Mądre i racjonalne wykorzystanie sztucznego oświetlenia



*Przykłady dobre i złe*





# Przykłady dobre i złe



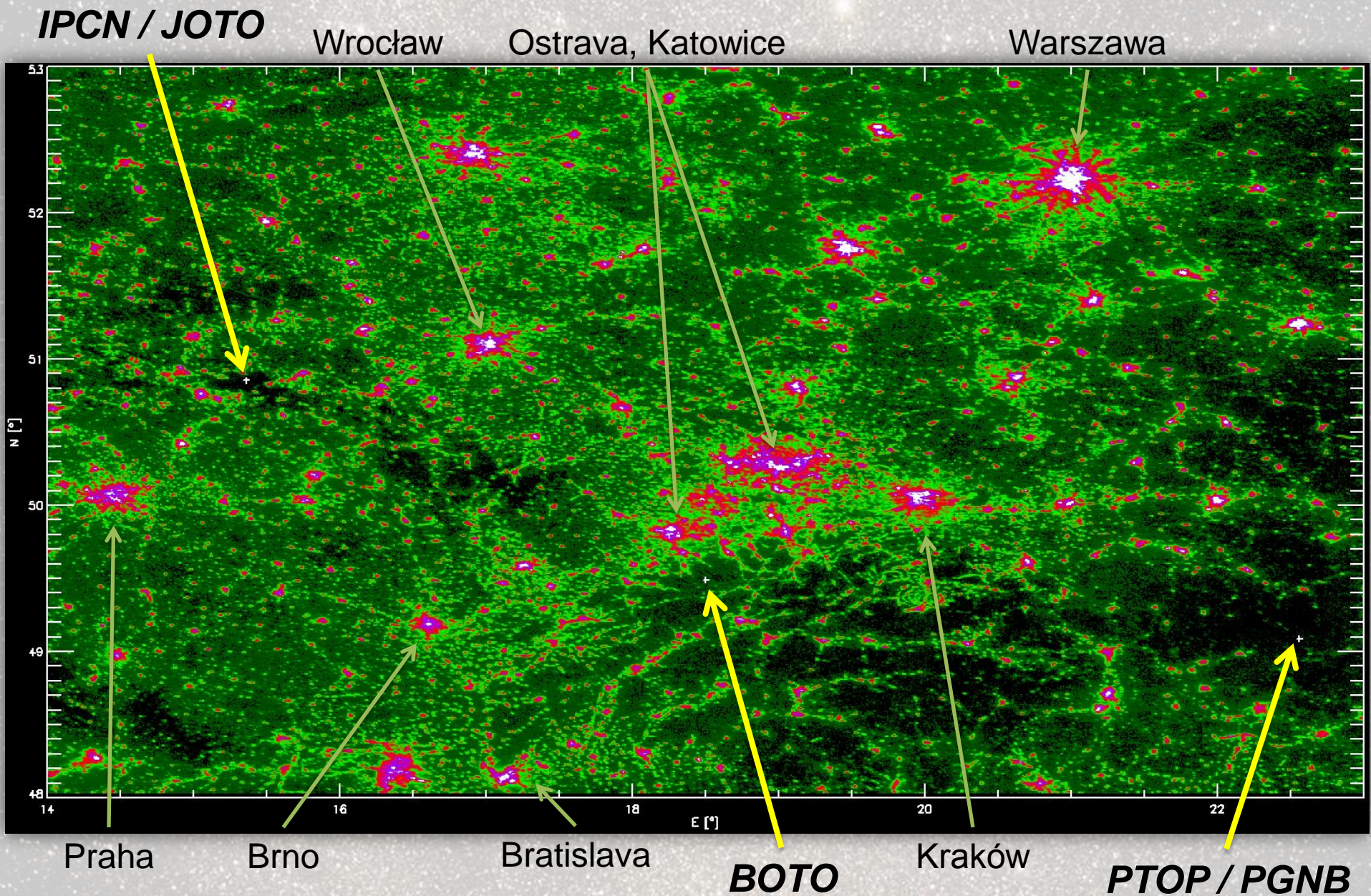


## Ochrona ciemności tak jak innych części przyrody





# Najbliższe obszary ciemnego nieba





# Izerski Park Ciemnego Nieba (4.11.2009 r.)

Instytut Astronomiczny  
Akademii Nauk  
Republiki Czeskiej

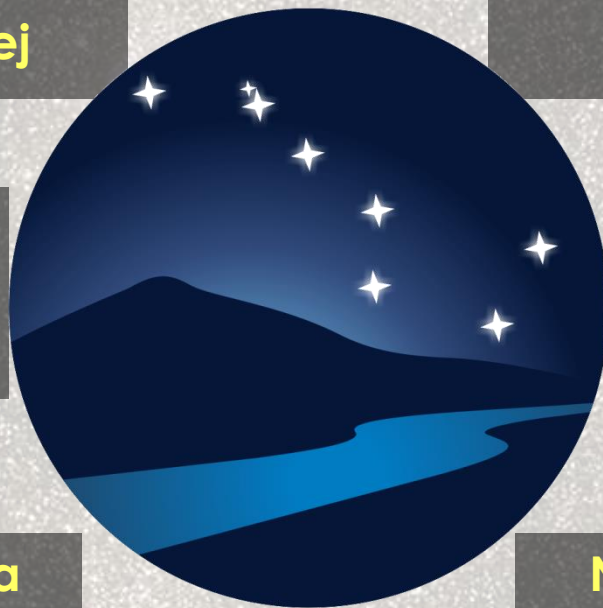
Instytut Astronomiczny  
Uniwersytetu  
Wrocławskiego

Obszar Krajobrazu  
Chronionego  
Jizerské hory

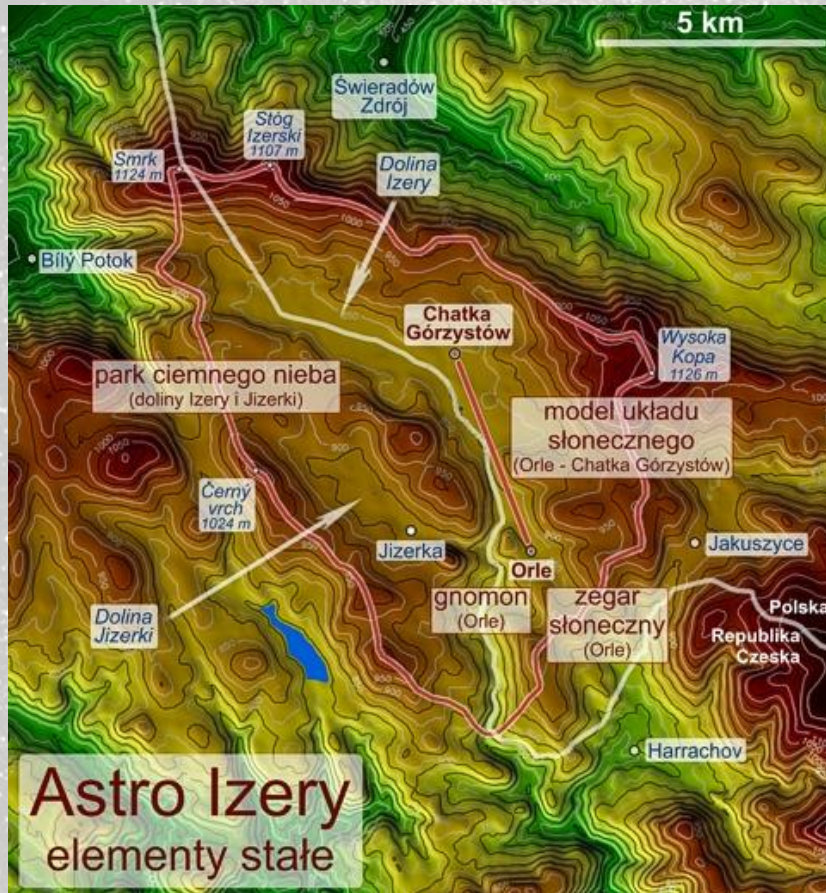
Nadleśnictwo  
Świeradów

Dyrekcja Regionalna  
Lasów ČR w Libercu

Nadleśnictwo  
Szkłarska Poręba







## Elementy stałe:

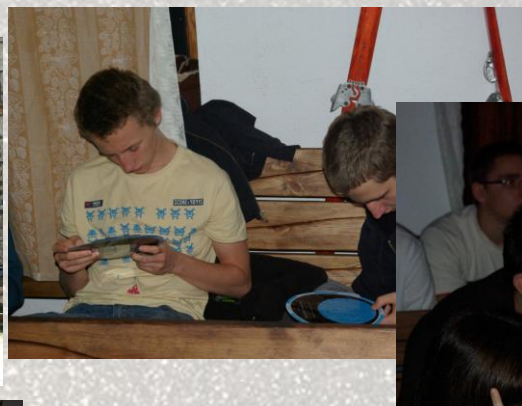
- model Układu Słonecznego
- gnomon i zegar słoneczny
- Izerski Park Ciemnego Nieba

## Imprezy cykliczne:

- Szkolne Warsztaty Astronomiczne (10)
- Ogólnopolskie Spotkania Astronomiczne (7)
- Astronomiczny Dzień w IPCN (6)



# Szkolne warsztaty astronomiczne



Jedenaście edycji w latach 2007 -2013



# Zliczanie gwiazd

## SWA 1 (listopad 2007)

metoda: ramka

wynik: 820 gwiazd

## SWA 4 (kwiecień 2009)

metoda: tuba

wynik: 1890 gwiazd

## SWA 5 (kwiecień 2010)

metoda: tuba

wynik: 500 gwiazd

uwaga: pełnia Księżyca

## SWA 6 ( 2010)

metoda: tuba

wynik: 1466 gwiazd

## SWA 8 ( 2011)

metoda: tuba

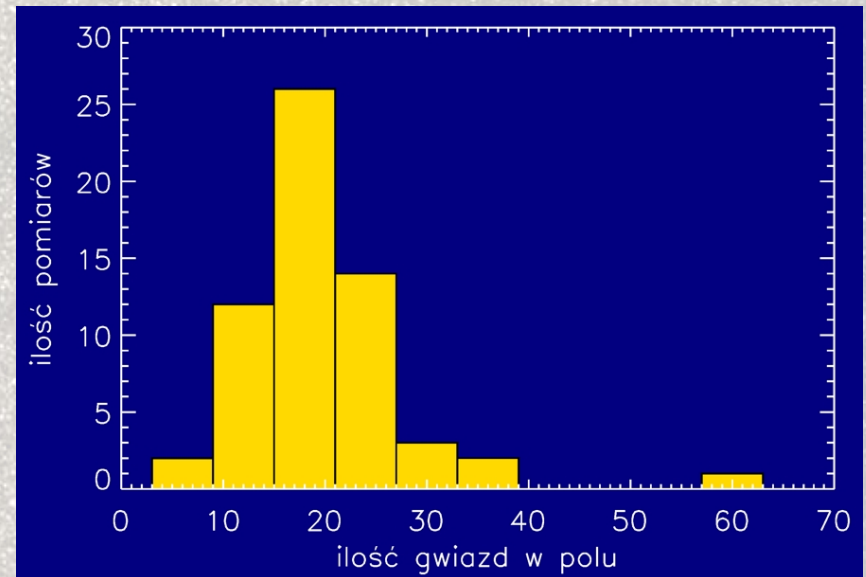
wynik: 1960 gwiazd

## Światowy atlas zanieczyszczenia światła

metoda: wyliczenia z pomiarów satelitarnych

wynik: 700 gwiazd

Uwaga: liczba gwiazd powyżej 30° nad horyzontem (1/2 widocznej sfery niebieskiej) i bez uwzględnienia osłaniania przez góry





*Od czego zależy liczba widocznych gwiazd? Od jasności nieba.*



typowe niebo miejskie



typowe niebo  
wiejskie



naturalnie ciemne niebo



# Metody pomiaru jasności nocnego nieba

- metody instrumentalne
- światowy atlas zanieczyszczenia światłem
- metody na oko



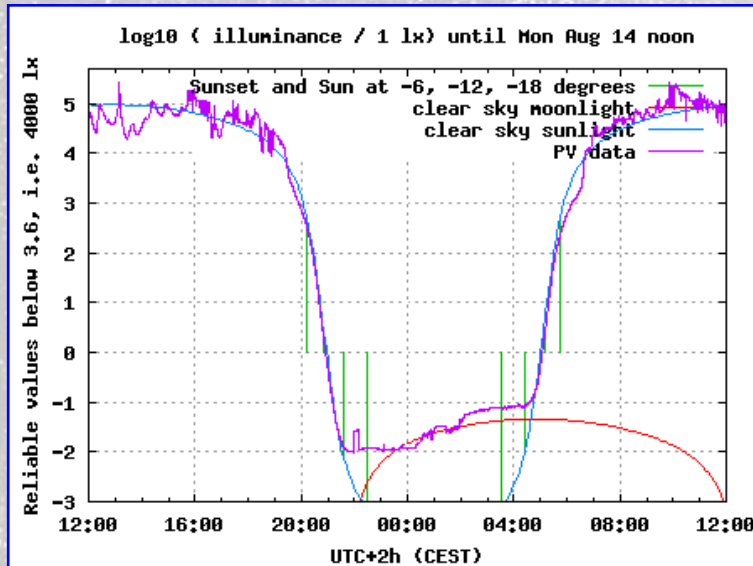


# Panel fotowoltaniczny

Zestaw pomiarowy składa się z panelu fotowoltanicznego, multimetru i komputera



Takie pomiary prowadzone są od ponad roku w brneńskim obserwatorium. Wyniki dostępne są w internecie.

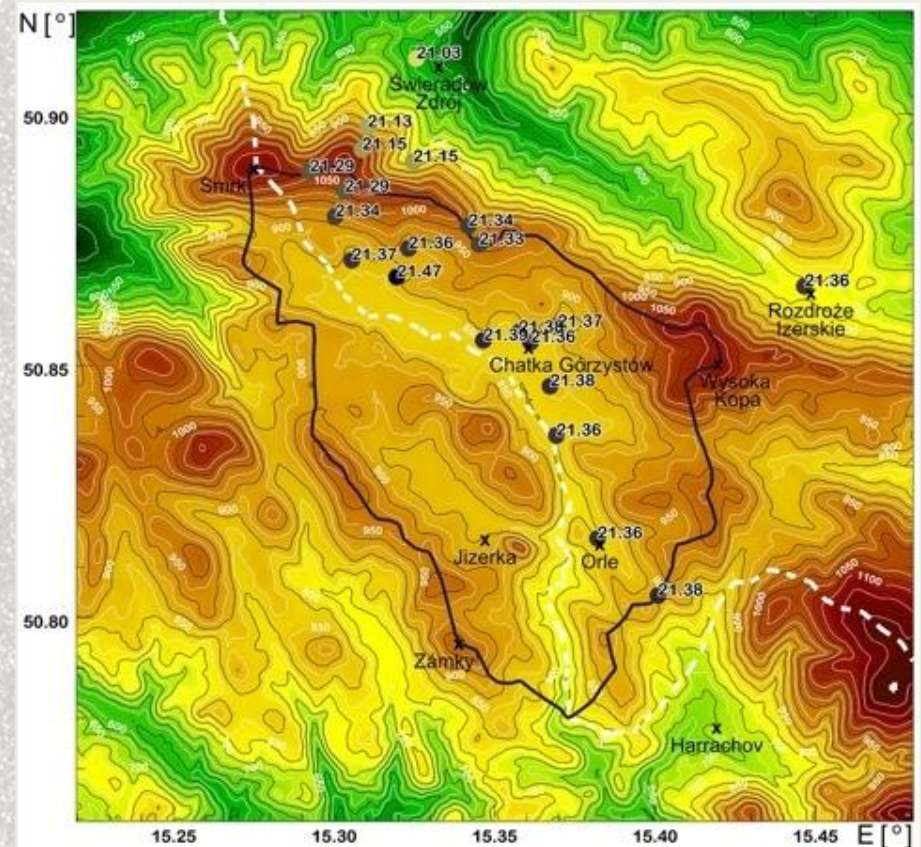




# Sky Quality Meter

## SQM

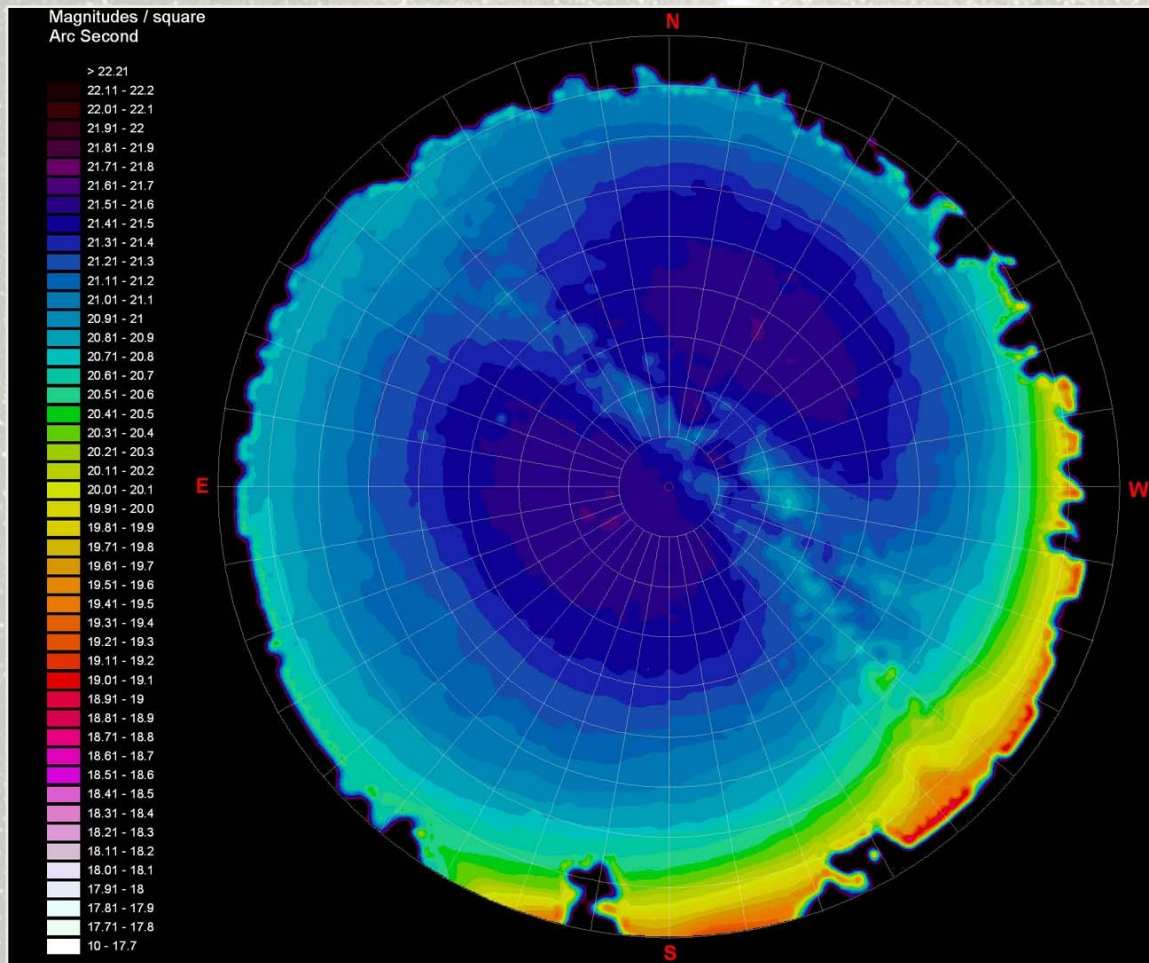
- SQM to prosty i dokładny fotometr zamknięty w niewielkim pudełku (zmieści się w kieszeni).
- podaje jasność nieba w mag/arcsec<sup>2</sup>
- dostępny w wersjach SQM, SQM-L i SQM-E
- koszt 120-250 USD (unihedron)





# Cyfrowe mapy jasności nieba

- Cyfrowe mapy jasności nieba wykorzystuje National Park Service.
- Mapy wykonywane są kamerą CDD.
- Po standardowej redukcji obrazów, wyniki przedstawiane są w postaci barwnej mapy pokazującej jasność w mag/arcsec<sup>2</sup>.





# Światowy atlas zanieczyszczenia światłem

## Kto:

\* Pierantonio Cinzano, Fabio Falchi (Dipartimento di Astronomia, Università di Padova; Light Pollution Science and Technology Institute, Thiene)

oraz

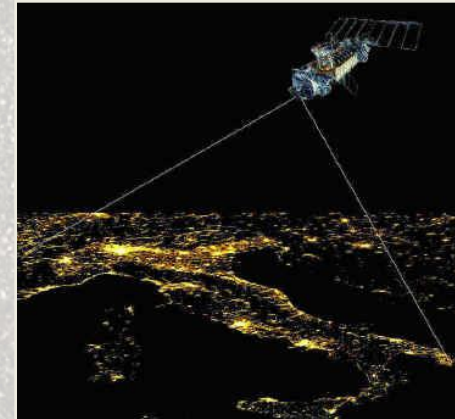
\* Christopher D. Elvidge

(NOAA National Geophysical Data Center, Boulder)



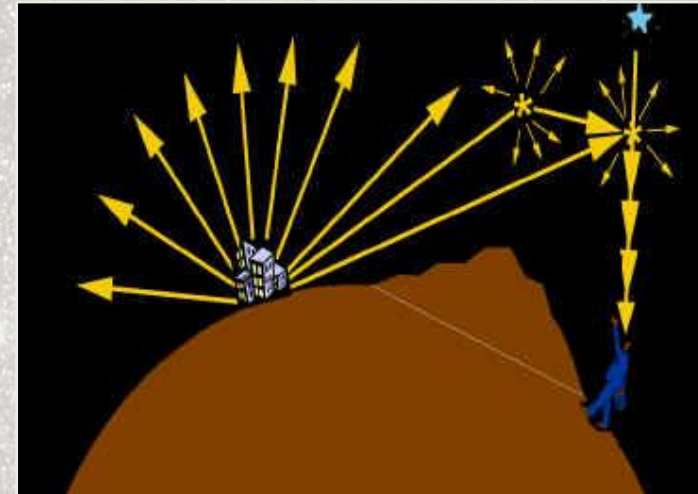
## Jak:

(1) Pomiary strumienia światła wysyłanego przez oświetlenie zewnętrzne (dane satelitarne)



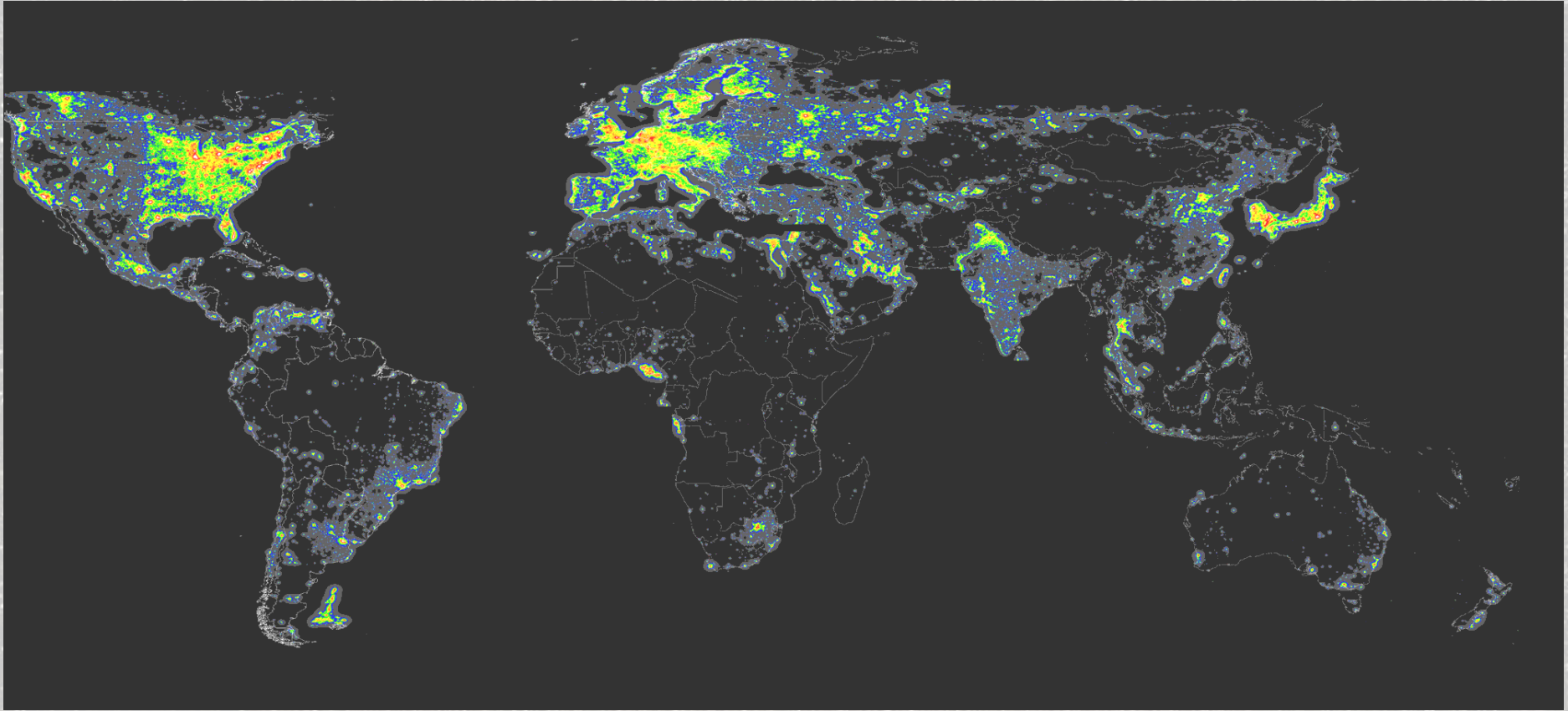
(2) Wyliczenie wpływu tego światła na jasność nocnego nieba uwzględniające następujące czynniki:

- rozpraszanie światła przez molekuly i aerozole,
- absorpcja światła podczas jego propagacji,
- ilość aerozoli w atmosferze,
- krzywizna Ziemi,
- wysokość danego obszaru n.p.m.,
- osłanianie przez łańcuchy górskie,
- kierunek obserwacji,
- właściwości ludzkiego oka,
- naturalna jasność nieba.





# *Światowy atlas zanieczyszczenia światłem*

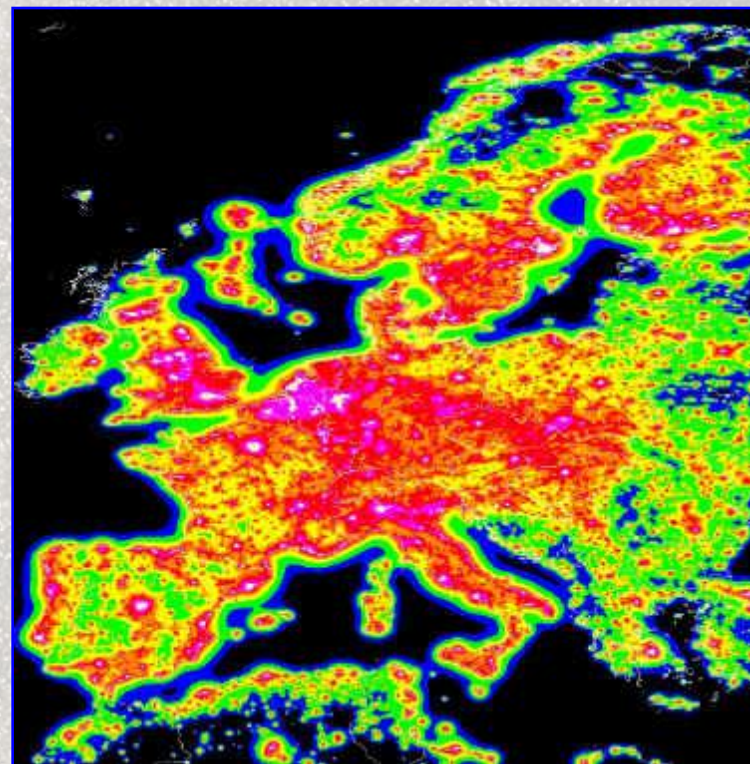
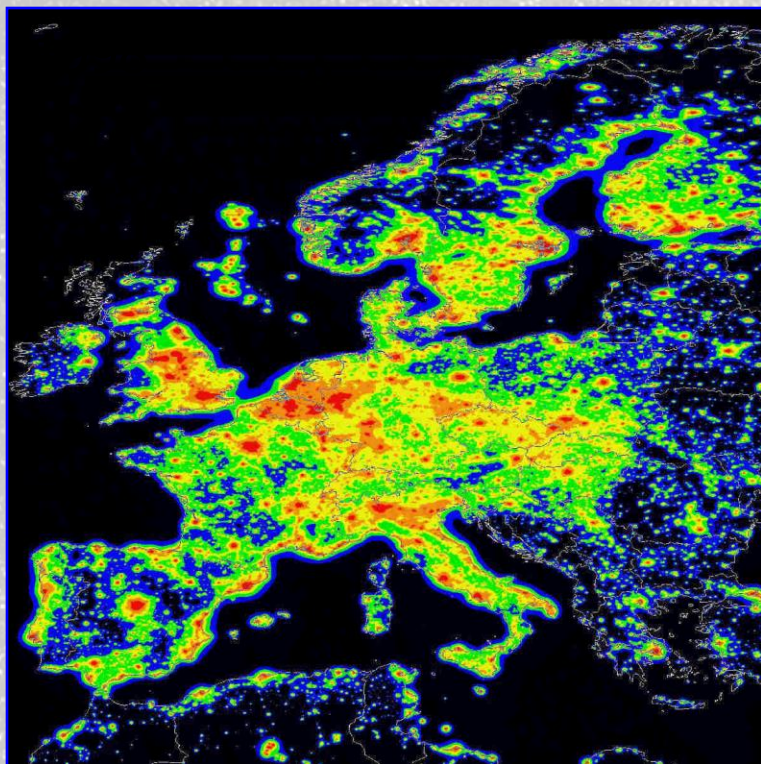


<http://www.lightpollution.it>



# Światowy atlas zanieczyszczenia światłem - prognozy

Zanieczyszczenie światłem wzrasta obecnie o około 5% - 10% na rok



Kolory odpowiadają następującym ilorazom sztucznej jasności nieba do jasności naturalnej:

<0.01	czarny
0.1-0.33	szary, niebieski
0.33-1	zielony
1-3	żółty
3-9	pomarańczowy
9-27	czerwony
27-81	fioletowy
>81	biały



*Metody „na oko”, czyli jak policzyć gwiazdy*

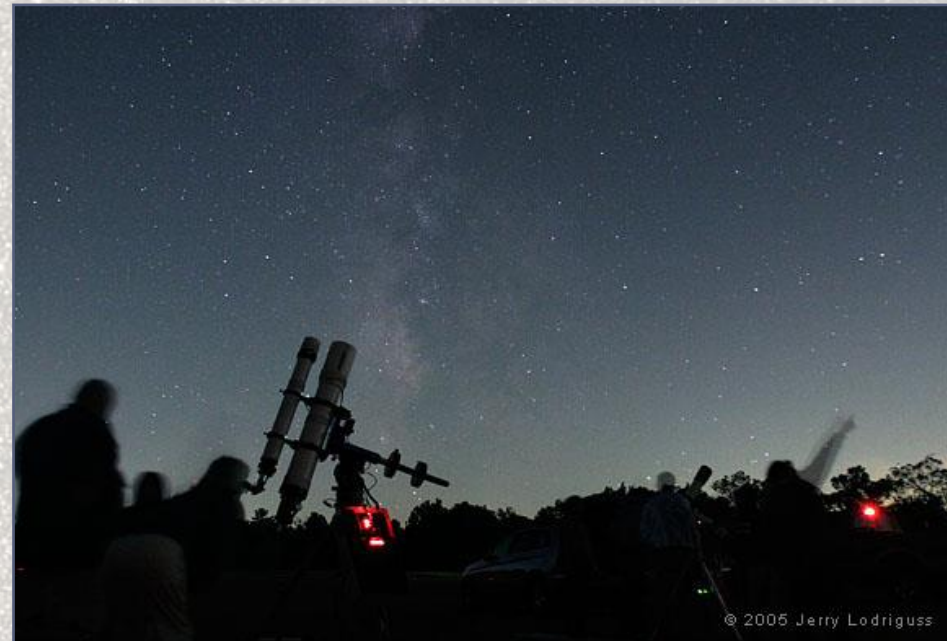




## Metody „na oko”, czyli jak policzyć gwiazdy

O czym musimy pamiętać:

- odpowiedni odstęp czasowy od zachodu lub wschodu Słońca/Księżycy
- stopień zachmurzenia nieba i otoczenie (budynki, drzewa, góry, śnieg)
- przejrzystość atmosfery (aerozole, pyły)





## Metoda z tubą

- przygotowujemy tubę o rozmiarach: 20-22 cm (długość L), 4-6 cm (średnica D)
- zliczamy gwiazdy mieszczące się w tubie w 10, lub więcej, dowolnie wybranych obszarach nieba - otrzymujemy 10 próbek  $p_1, \dots, p_{10}$
- dodajemy liczbę gwiazd w każdym z 10 zliczeń i dzielimy wynik na 10

$$p_{\text{śr}} = (p_1 + p_2 + \dots + p_{10}) / 10$$

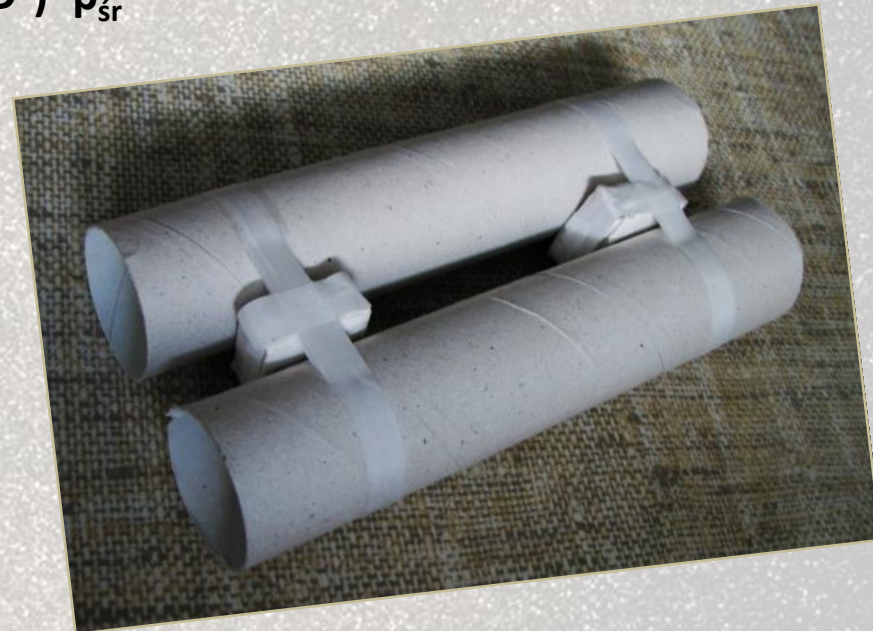
- otrzymana wartość  $p_{\text{śr}}$  jest średnią liczbą gwiazd widocznych przez tubę
- aby więc oszacować całkowitą liczbę widocznych gwiazd korzystamy z tego wzoru (wyraz w nawiasie określa jaką część nieba widać przez tubę):

$$\text{liczba gwiazd} = (8L^2/D^2) * p_{\text{śr}}$$

**Opis metody:**

**[www.izera-darksky.eu](http://www.izera-darksky.eu)**

**(zakładka „informacje, odnośniki”)**





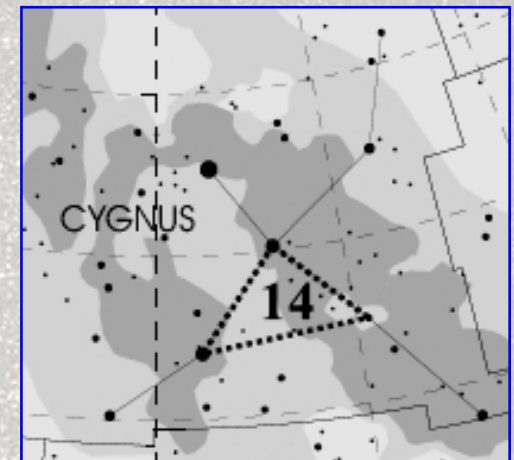
## Metoda jasności granicznej

Metoda opracowana przez International Meteor Organization dla obserwatorów meteorów. Polega na szacowaniu jasności granicznej przez zliczenia liczby widocznych gwiazd w wybranych obszarach nieba:

- należy wybrać jeden (lub więcej) z 30 obszarów na niebie wyznaczonych przez jasne gwiazdy,
- policzyć gwiazdy widoczne w tym obszarze (obszarach), wliczając w to gwiazdy ograniczające go.
- zapisać numer wybranego obszaru i ilość zliczonych gwiazd a następnie odczytać z tabel jaka jest graniczna jasność.

**opis metody:**

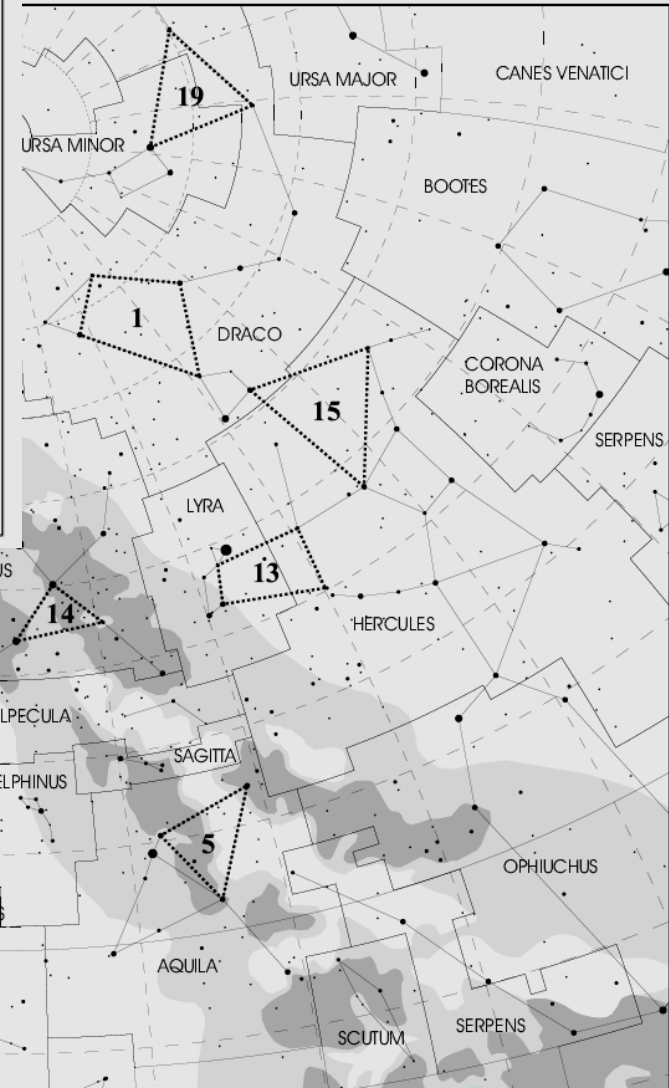
**[www.imo.net/visual/major/observation/lm](http://www.imo.net/visual/major/observation/lm)**





# Metoda jasności granicznej

1		2		3		4		5		6		7		8		9		10	
N	LM	N	LM	N	LM	N	LM	N	LM	N	LM	N	LM	N	LM	N	LM	N	LM
5	4.2	6	5.0	5	4.5	5	4.3	4	4.6	4	4.7	3	4.0	4	4.7	7	4.4	4	4.5
6	4.9	7	5.1	6	4.6	6	5.0	5	5.1	5	5.2	4	4.5	5	4.8	8	5.0	5	5.8
8	5.0	8	5.4	7	4.8	7	5.1	6	5.2	6	5.4	5	4.6	7	5.1	11	5.6	7	5.9
9	5.2	10	5.6	8	5.2	8	5.3	7	5.4	7	5.7	7	4.9	8	5.3	13	5.7	8	6.0
10	5.3	11	5.7	9	5.4	9	5.6	8	6.0	8	5.9	8	5.2	9	5.5	15	6.0	11	6.1
11	6.0	12	5.8	11	5.7	10	5.7	10	6.2	9	6.2	10	5.4	10	5.9	18	6.1	12	6.4
12	6.1	13	6.0	13	5.8	11	5.9	11	6.4	12	6.3	12	5.5	11	6.0	20	6.3	15	6.5
15	6.3	14	6.1	14	6.0	12	6.1	12	6.5	14	6.4	13	5.9	12	6.1	21	6.4	16	6.7
16	6.4	15	6.2	15	6.1	13	6.2	13	6.6	17	6.5	14	6.0	15	6.2	24	6.6	17	6.8
17	6.5	17	6.3	16	6.2	14	6.3	19	6.9	20	6.6	15	6.1	16	6.3	25	6.7	19	7.0
18	6.6	20	6.4	17	6.3	15	6.4	22	7.0	25	6.7	17	6.2	17	6.4	29	6.9	22	7.1
20	6.7	23	6.6	18	6.4	16	6.5	24	7.1	29	6.8	18	6.3	20	6.5	32	7.0	23	7.2
23	6.8	26	6.7	19	6.5	18	6.6	25	7.2	30	6.9	20	6.4	21	6.6	34	7.1	25	7.3
28	6.9	27	6.8	20	6.6	20	6.7	26	7.3	33	7.0	22	6.5	23	6.7	38	7.2	26	7.4
34	7.0	29	6.9	23	6.7	22	6.9	27	7.4	35	7.1	23	6.8	26	6.8	40	7.3	31	7.5
41	7.1	31	7.0	25	6.8	23	7.0			40	7.2	26	6.9	28	6.9	44	7.4		
46	7.2	35	7.1	27	6.9	25	7.2			43	7.3	33	7.0	29	7.0	45	7.5		
55	7.3	42	7.2	29	7.0	26	7.3			46	7.4	41	7.1	31	7.4				
60	7.4	44	7.3	33	7.1	30	7.5			49	7.5	48	7.2	32	7.5				
73	7.5	54	7.4	37	7.2							49	7.3						
		59	7.5	44	7.3							57	7.4						
				49	7.4							65	7.5						
				54	7.5														





## *Jak z oka zrobić instrument?*

- przed obserwacją musimy przyzwycząić oczy do ciemności (ok. 15 min.)
- podczas zliczania unikajmy patrzenia na jasne źródła światła
- do oświetlenia kartki z raportem obserwacyjnym, używamy słabego światła (najlepiej czerwonego)
- musimy zachować odpowiedni odstęp czasowy od zachodu lub wschodu Słońca/Księżycy (brak nocy astronomicznych w lecie)
- obserwować uważnie stopień zachmurzeni nieba i otoczenie (budynki, drzewa, góry, śnieg)
- pamiętać o zmiennej przejrzystości atmosfery (aerozole, pyły)

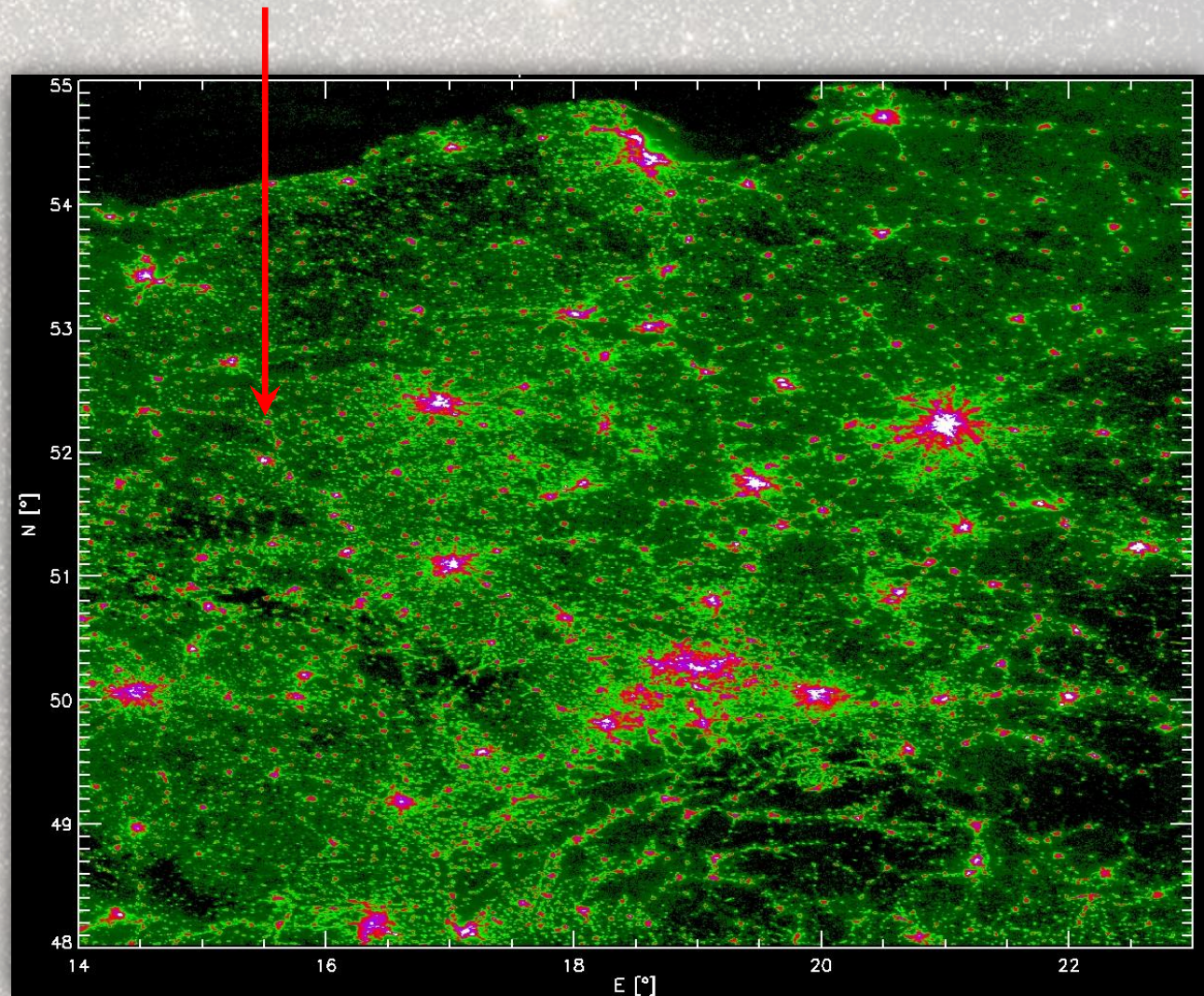




## Cel?

Pojedyncza obserwacja jest obarczona szeregiem błędów

Wykorzystanie masowych obserwacji z udziałem uczniów pozwoli na uśrednienie wyników i stworzenie mapy zanieczyszczenia światłem dla terenu Polski



ŚCIEŻKI  
KOPERNIKA

