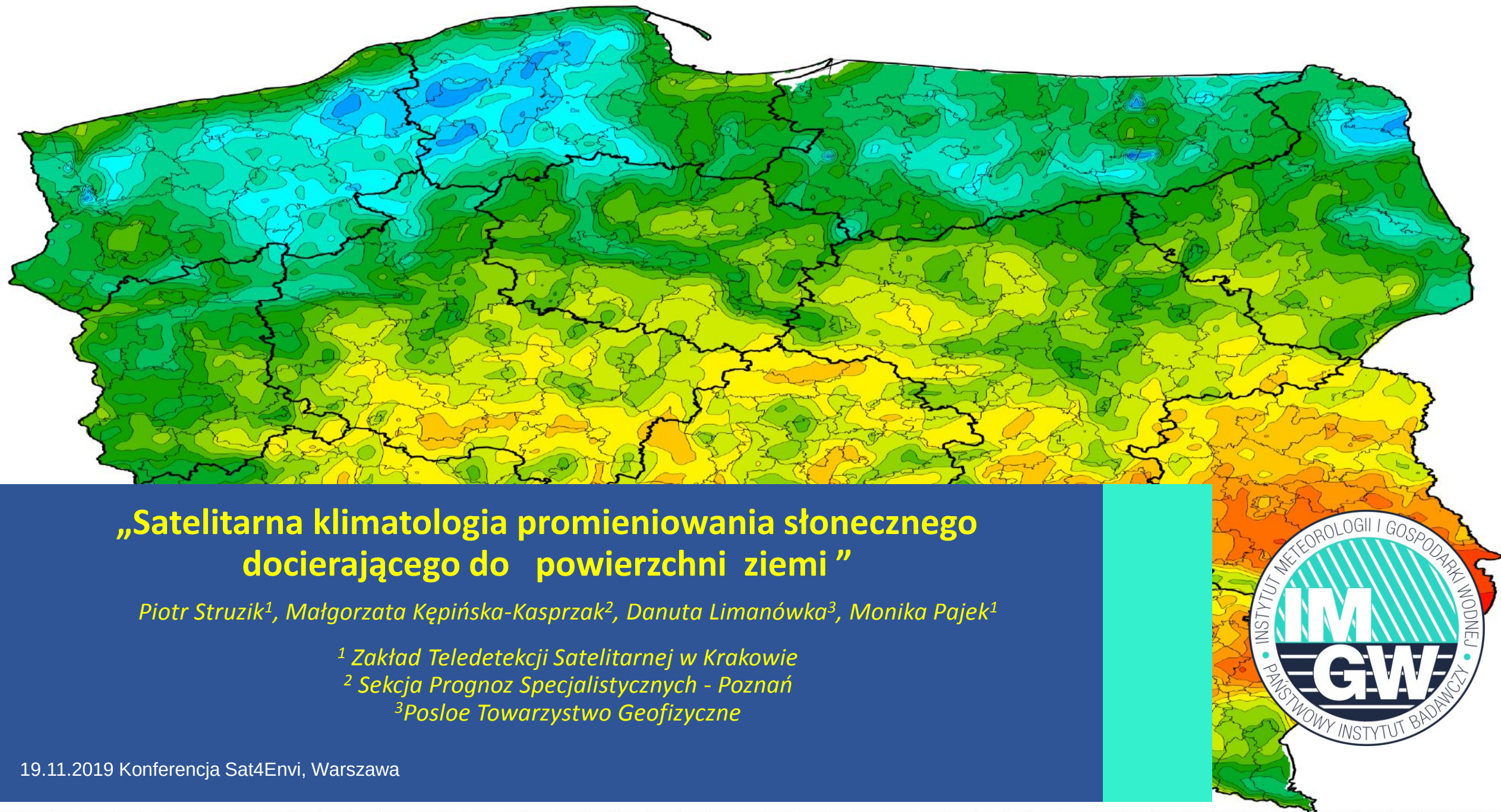




„Satelitarna klimatologia promieniowania słonecznego docierającego do powierzchni ziemi”

Piotr Struzik¹, Małgorzata Kępińska-Kasprzak², Danuta Limanówka³, Monika Pajek¹

¹ Zakład Teledetekcji Satelitarnej w Krakowie

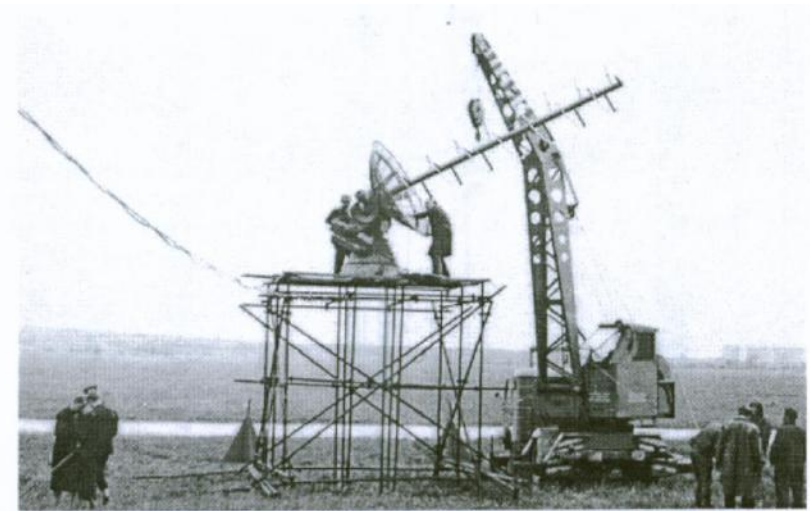
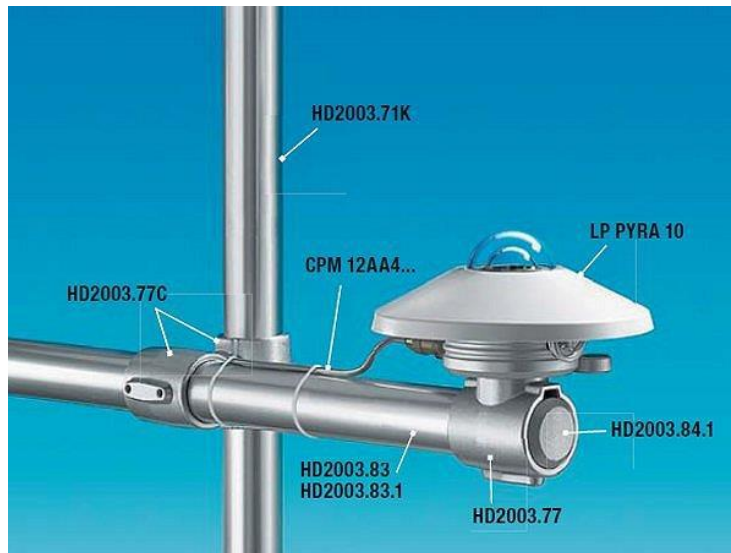
² Sekcja Prognoz Specjalistycznych - Poznań

³ Posłoe Towarzystwo Geofizyczne

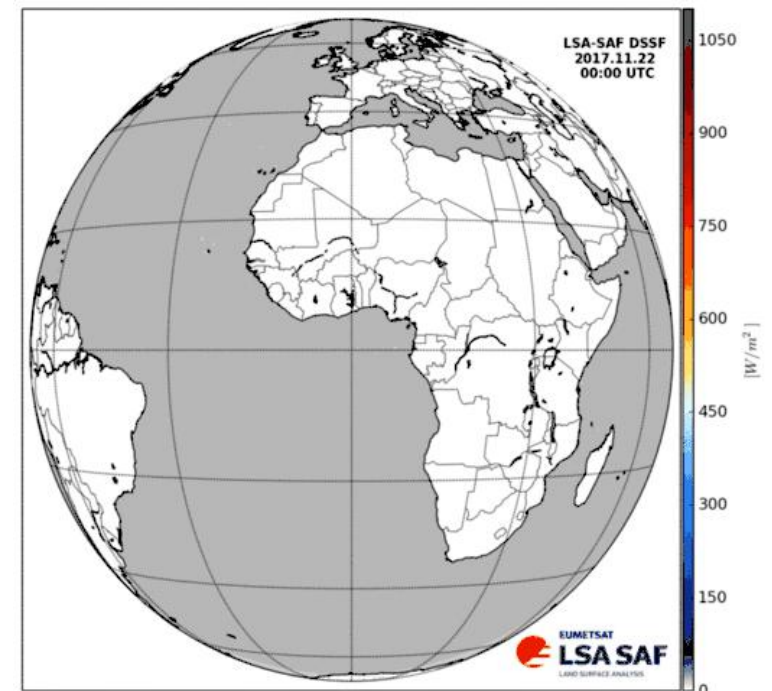
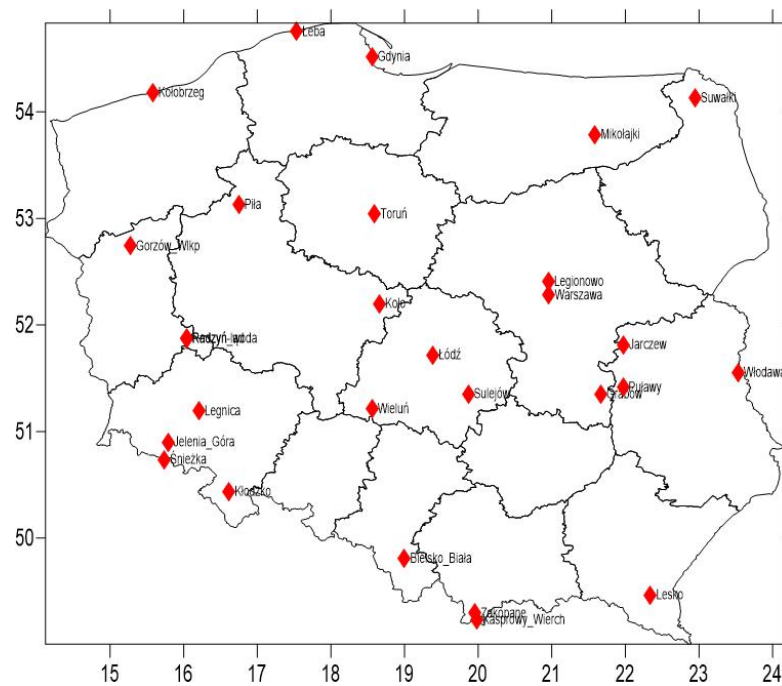


1. O wyższości / niższości obserwacji satelitarnych nad pomiarami naziemnymi.
2. Produkt Land SAF DSSF.
3. Przetworzenie danych z 15 lat (2004-2018).
4. Jaki był rok 2018 na tle wielolecia 2004-2017 ?
5. Wielolecie 2004-2017 vs. 2004-2018.
6. Jak wygląda rok 2019 (I-X) na tle lat poprzednich ?

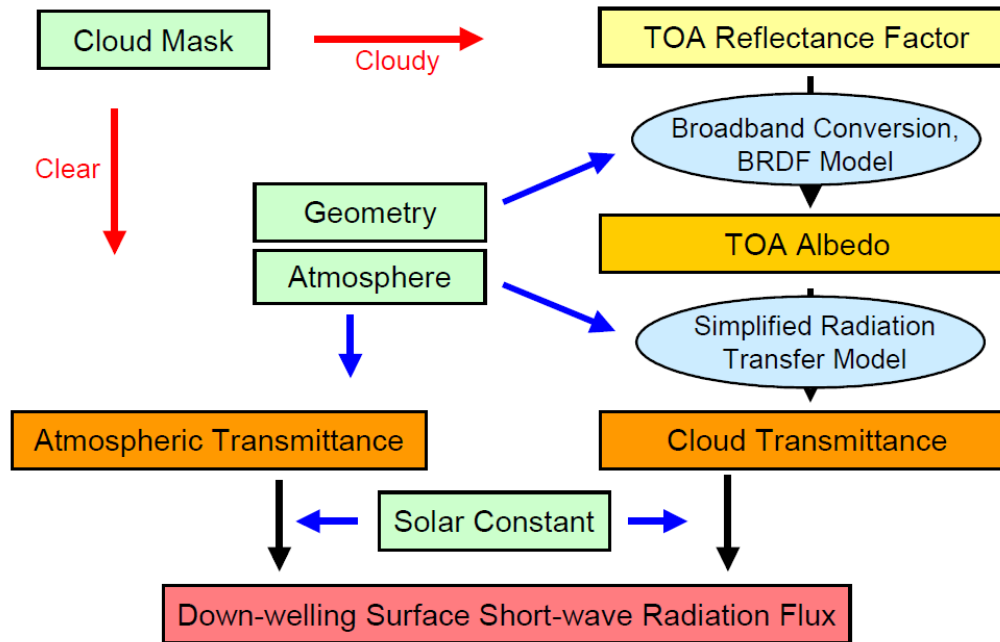
Pomiary naziemne, a obserwacje satelitarne



Montaż anteny do odbioru danych z satelitów meteorologicznych (Kraków-Czyżyny, r. 1967)



Promieniowanie słoneczne na podstawie danych z satelity Meteosat.
Produkt Land SAF DSSF
Down-welling Surface Shortwave Flux



Wykorzystane dane satelitarne MSG w kanałach 0.6, 0.8 i 1.6 μm .

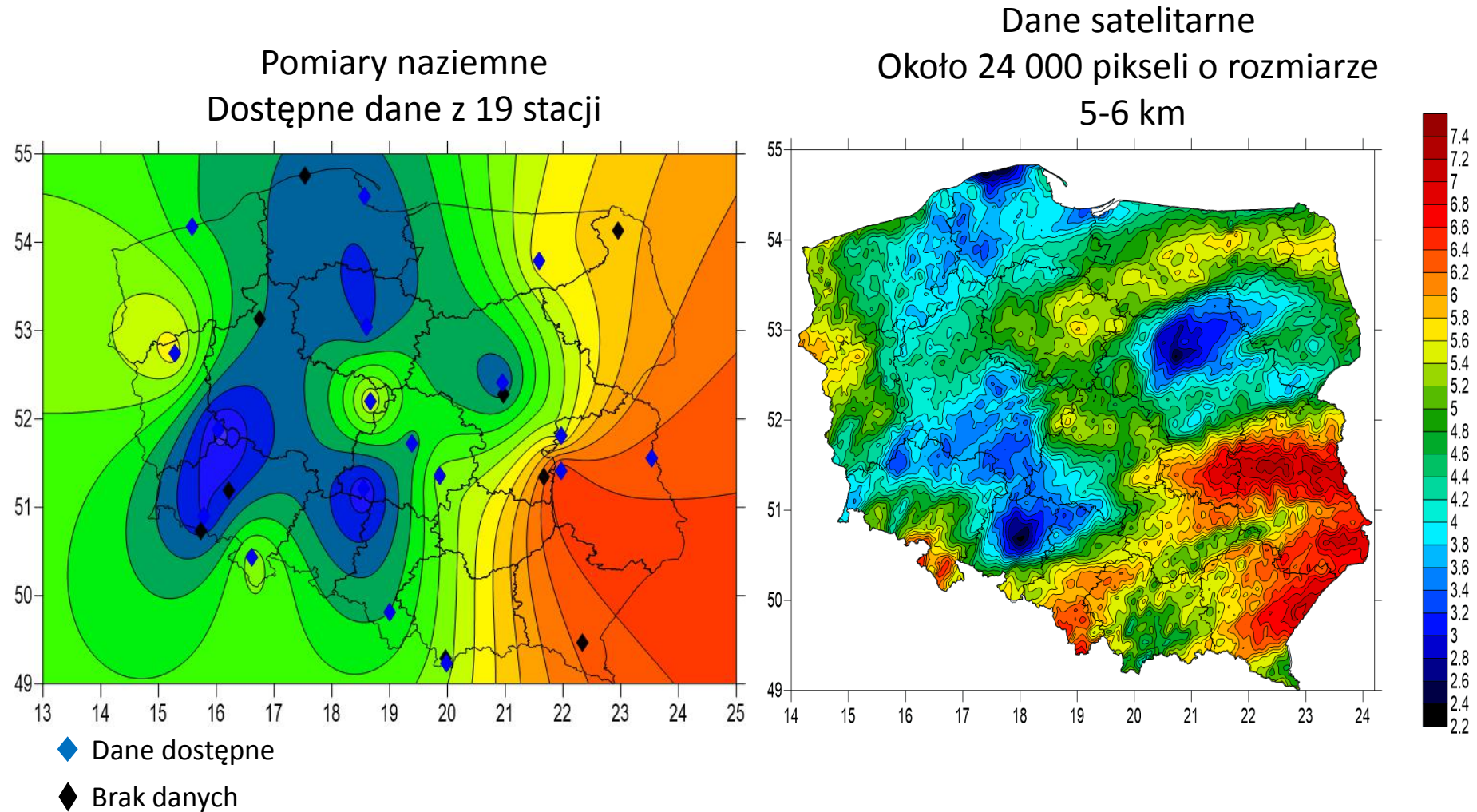
Konwersja na szerokopasmowe albedo TOA (Top of Atmosphere).

Obliczana transmitancja T atmosfery dla warunków bezchmurnych lub zachmurzonych.

Obliczany strumień promieniowania słonecznego

$$F^{\downarrow} = F_0 v(t) \cos \theta_s T$$

Rozkład przestrzenny dobowego promieniowania słonecznego na podstawie
obserwacji naziemnych i satelitarnych
dla przypadkowo wybranego dnia (21.07.2007)



Przetworzenie danych satelitarnych z okresu 2004-2018

Rozkłady przestrzenne energii promieniowania słonecznego:

- Dobowe
- Dekadowe
- Miesięczne
- Roczne
- Wielolecie 2004-2017, 2004-2018

Rozkłady przestrzenne anomalii względem wielolecia:

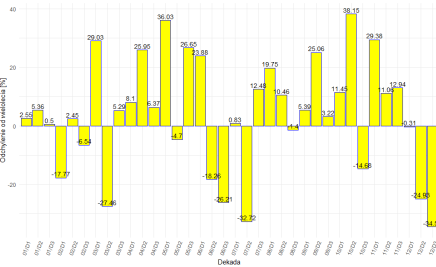
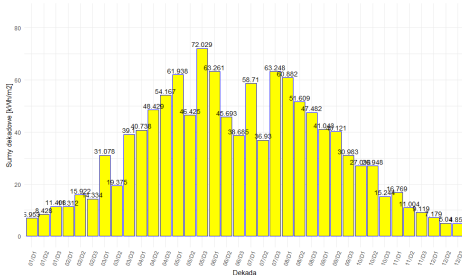
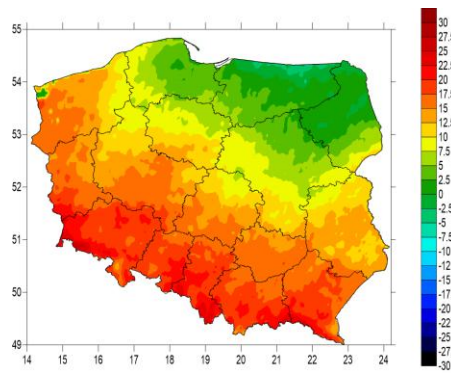
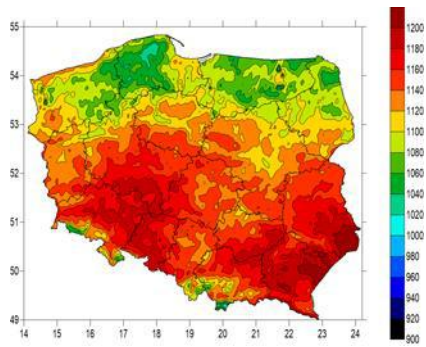
- Dekady
- Miesiące
- Lata

Przebiegi czasowe (dekadowe) wartości promieniowania słonecznego dla Polski, 16 województw i 380 powiatów.

Przebiegi czasowe (dekadowe) anomalii wartości promieniowania słonecznego względem wielolecia 2004-2017 dla Polski, 16 województw i 380 powiatów.

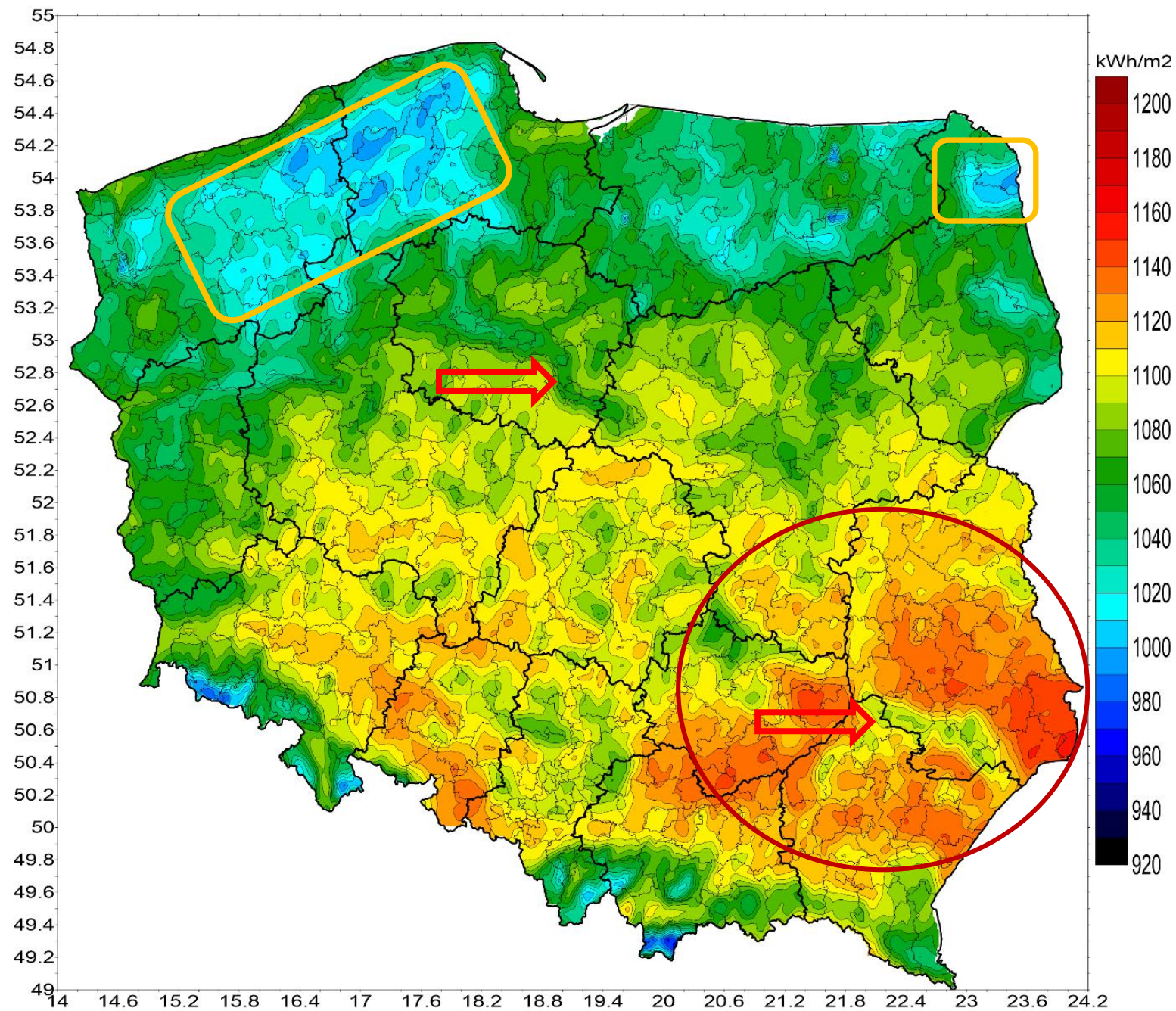
Klasyfikacja tabelaryczna (tzw. dywaniki).

Łącznie około 20 000 map i wykresów.

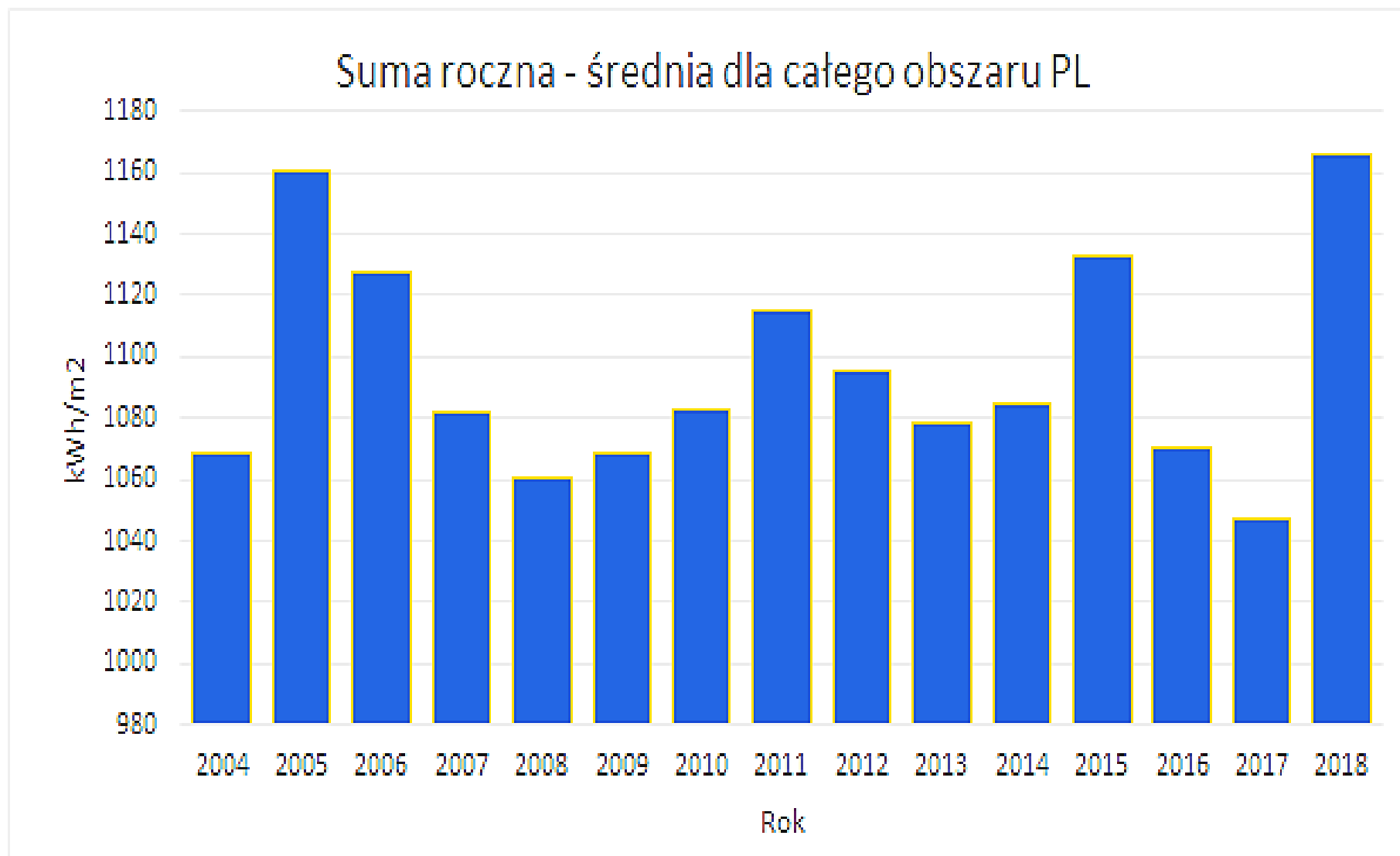


	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2004	-1000	43.02	81.1	140.29	147.09	156.02	180.88	143.81	104.51	47.35	23.94	13.79
2005	16.94	41.86	89.08	149.46	153.41	165.55	157.02	146.51	117.88	70.04	27.66	13.56
2006	33.36	42.02	73.87	121.68	164.11	185.55	134.02	112.08	89.71	50.44	21.48	16.08
2007	18.5	37.9	86.99	162.16	170.42	165.55	144.02	142.26	89.97	53.41	21.48	13.15
2008	20.38	43.01	71.58	111.18	169.78	165.55	164.91	126.6	89.64	54.72	22.76	14.28
2009	21.36	40.44	67.46	165.88	155.6	147.28	164.35	126.56	111.02	43.54	20.41	14.82
2010	21.03	46.18	77.05	142.82	107.98	155.44	167.11	119.86	92.45	64.35	20.41	15.39
2011	19.42	53.9	96.82	141.57	182.45	172.78	135.85	136.11	109.89	62.24	20.23	14.32
2012	45.79	90.98	134.86	184.46	147.09	175.07	148.59	106.27	106.27	58.89	14.43	15.56
2013	18.15	130.93	92.79	113.25	141.38	159.75	190.98	151.07	188.1	57.94	21.48	16.38
2014	19.32	51.45	89.25	125.49	142.7	167.5	176.89	137.72	98.55	55.3	24.36	14.53
2015	16.05	48.4	83.56	139.93	159.21	161.29	172.81	172.81	104.14	57.19	20.23	16.49
2016	35.36	40.9	69.99	124.55	166.67	175.48	154.71	139.27	115.04	42.68	15.33	16.79
2017	25.33	40.77	90.49	112.36	158.66	172.79	160.56	146.12	87.81	53.67	21.48	14.24
2018	18.3	48.18	76.22	143.72	191.89	165.69	180.89	162.78	104.12	65.12	20.23	12.19

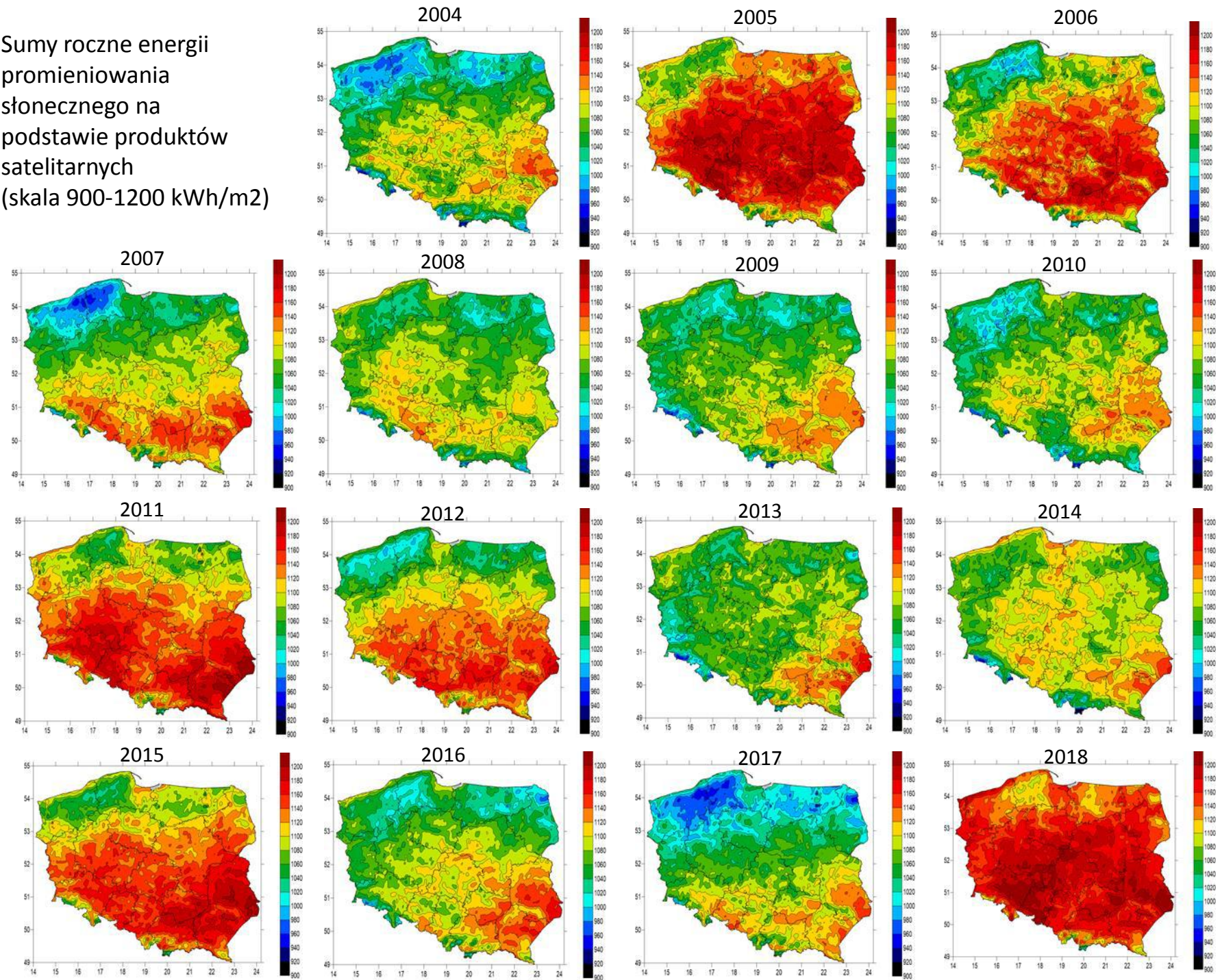
Rozkład sumy rocznej energii promieniowania słonecznego – średnia z wielolecia 2004-2018.



**Roczna energia promieniowania słonecznego dla obszaru Polski (średnia)
dla kolejnych lat 2004-2018**

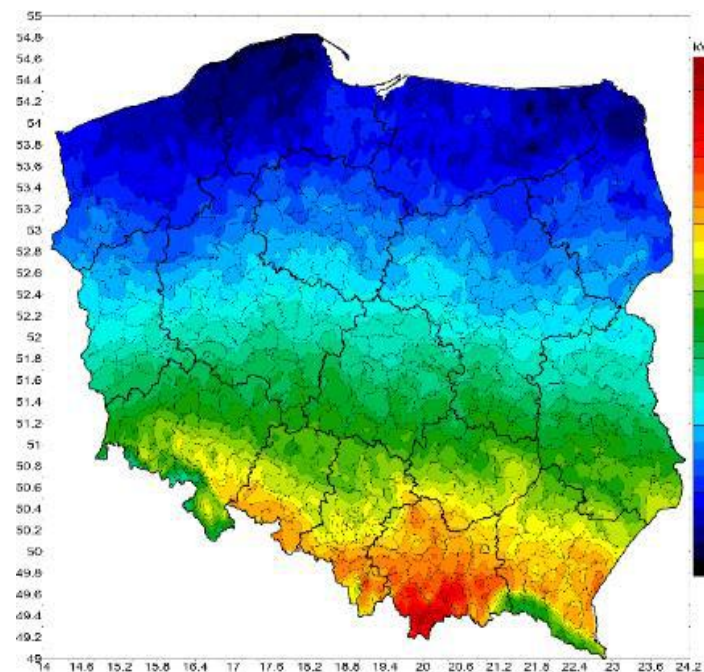


Sumy roczne energii
promieniowania
słonecznego na
podstawie produktów
satelitarnych
(skala 900-1200 kWh/m²)

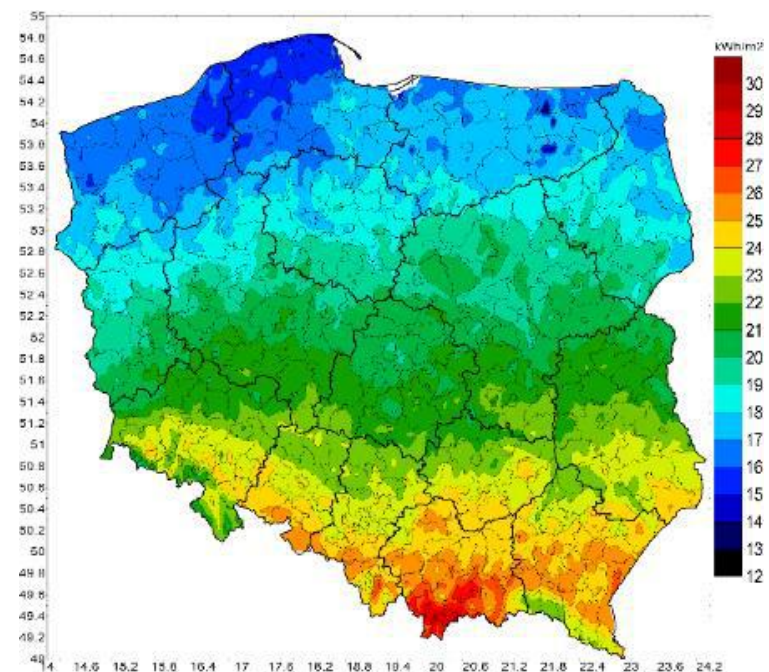


**Energia promieniowania słonecznego docierająca do powierzchni ziemi,
średnia z wielolecia 2004-2018**
(skala dostosowana do poszczególnych miesięcy).

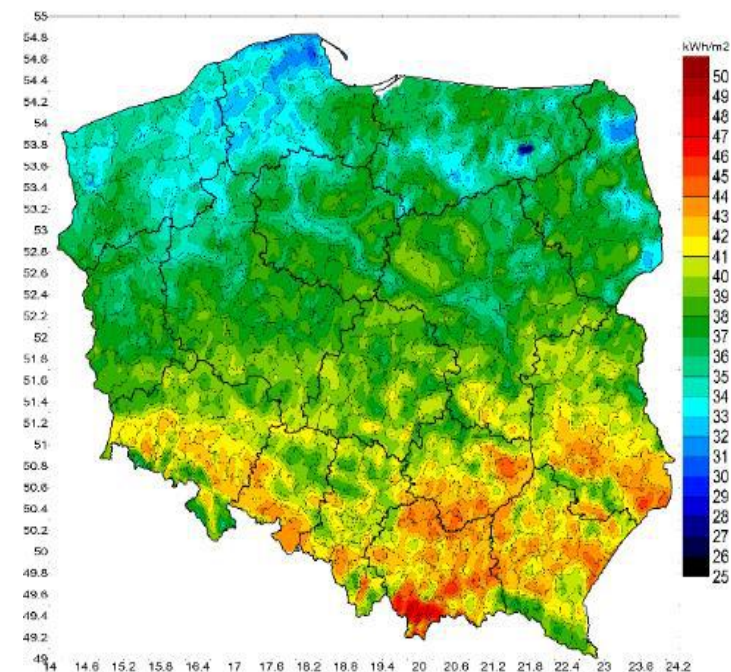
Grudzień



Styczeń

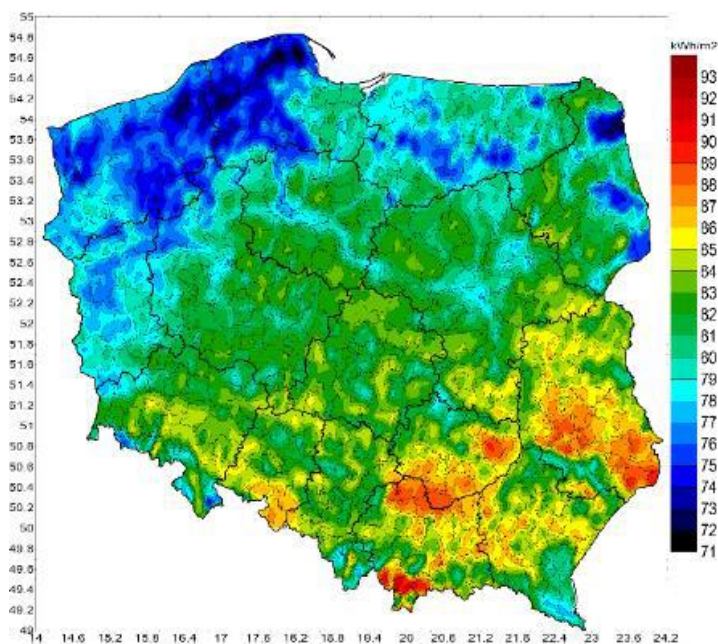


Luty

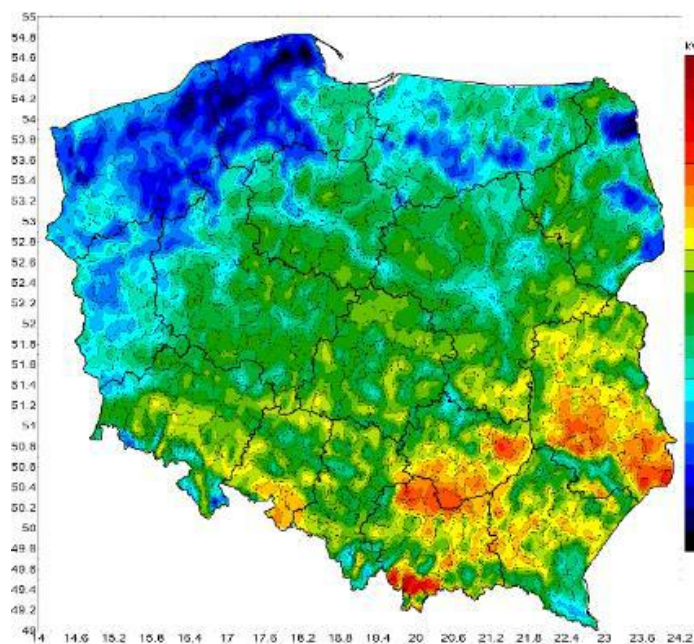


**Energia promieniowania słonecznego docierająca do powierzchni ziemi,
średnia z wielolecia 2004-2018**
(skala dostosowana do poszczególnych miesięcy).

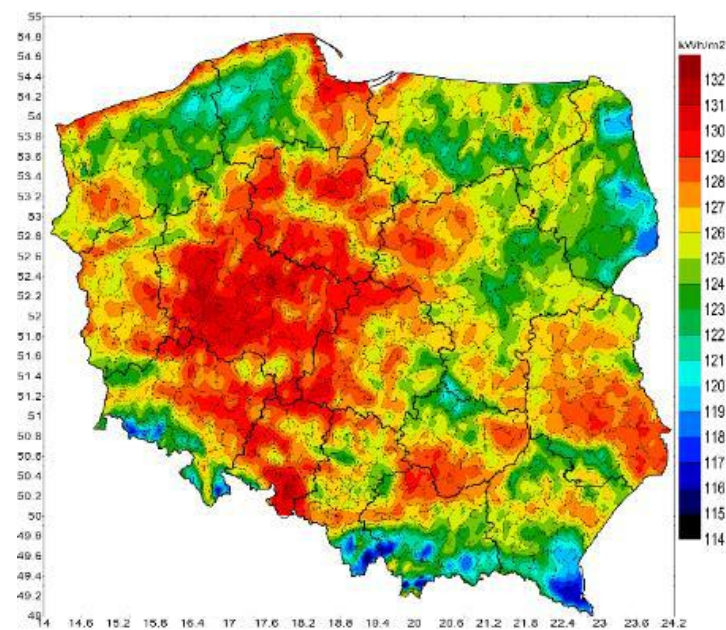
Marzec



Kwiecień

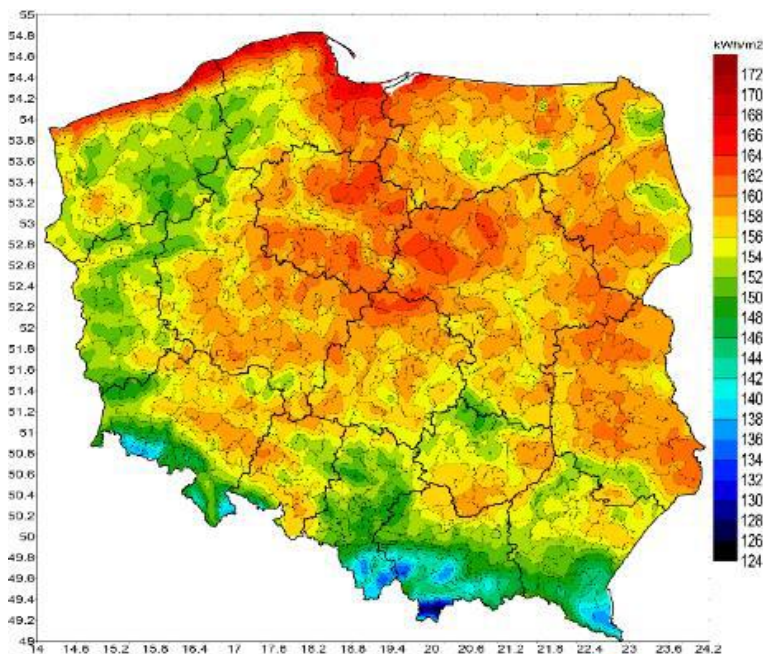


Maj

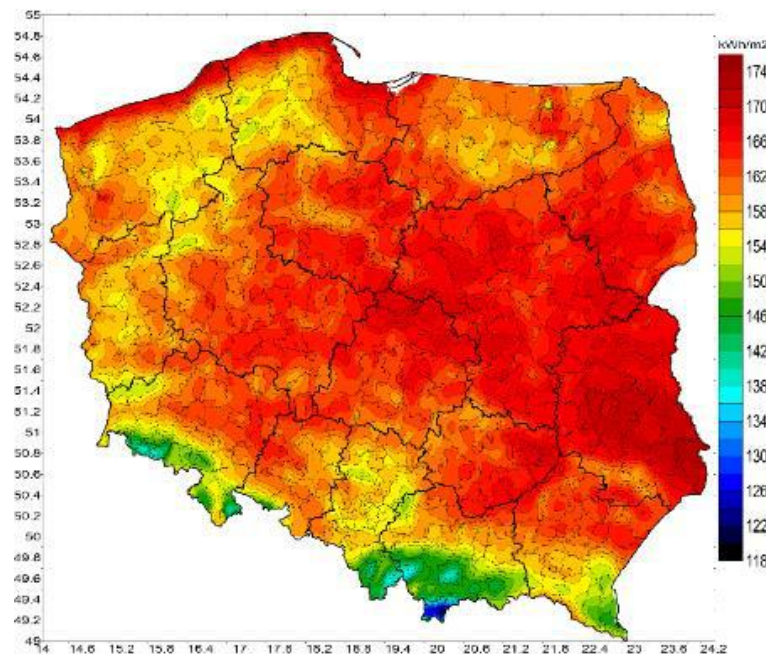


**Energia promieniowania słonecznego docierająca do powierzchni ziemi,
średnia z wielolecia 2004-2018**
(skala dostosowana do poszczególnych miesięcy).

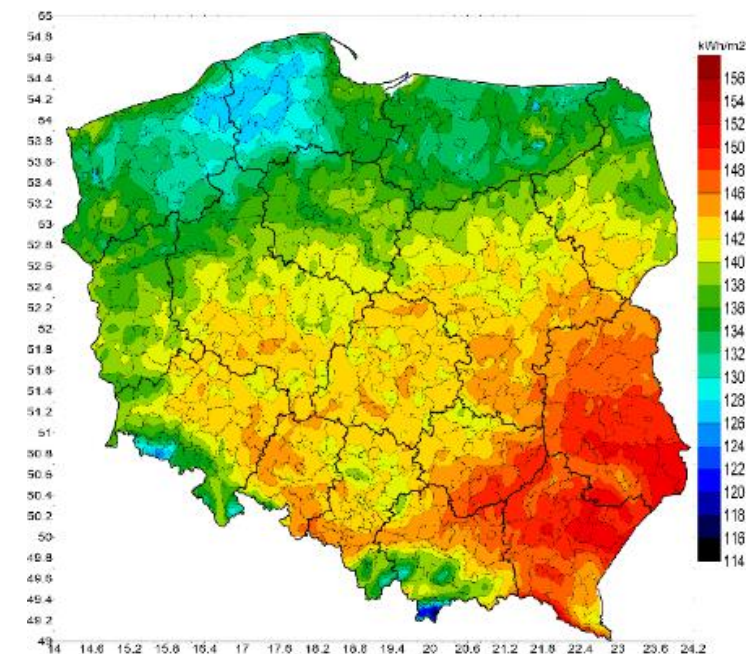
Czerwiec



Lipiec

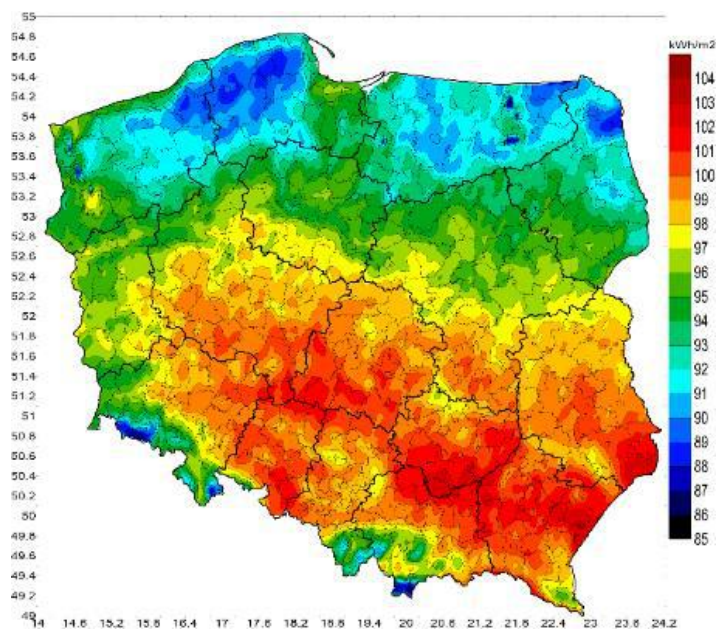


Sierpień

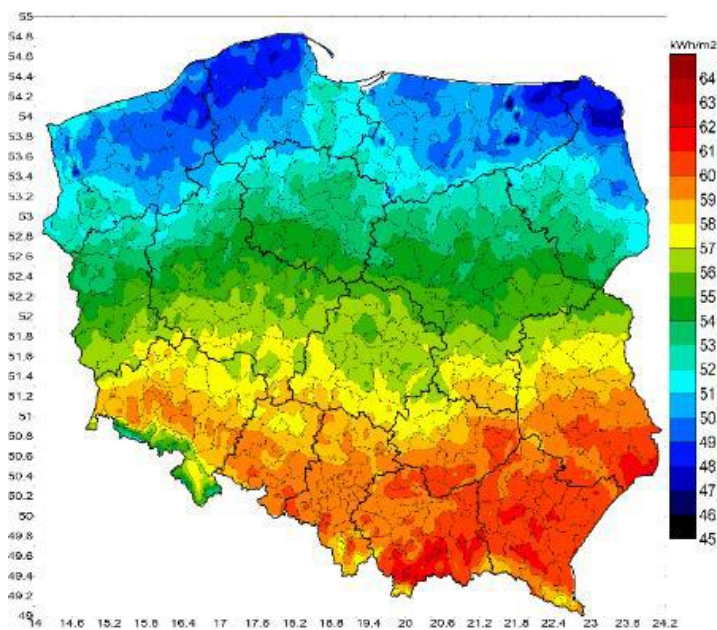


**Energia promieniowania słonecznego docierająca do powierzchni ziemi,
średnia z wielolecia 2004-2018**
(skala dostosowana do poszczególnych miesięcy).

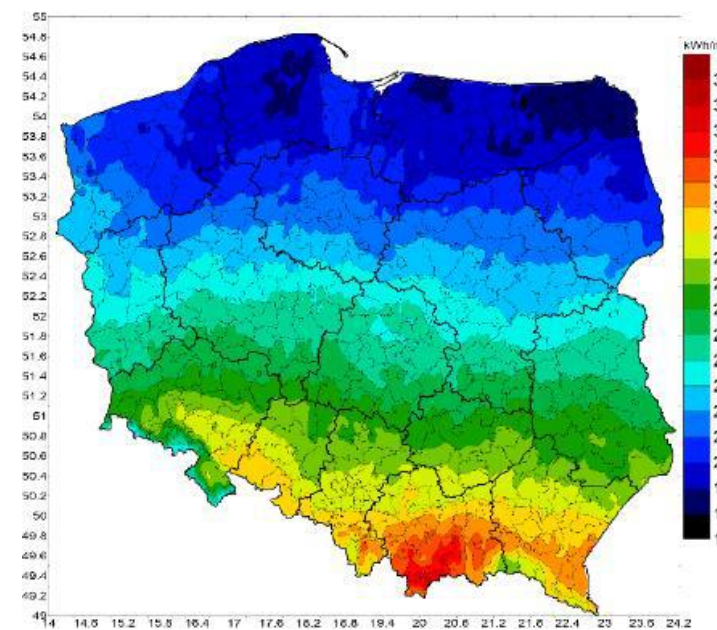
Wrzesień



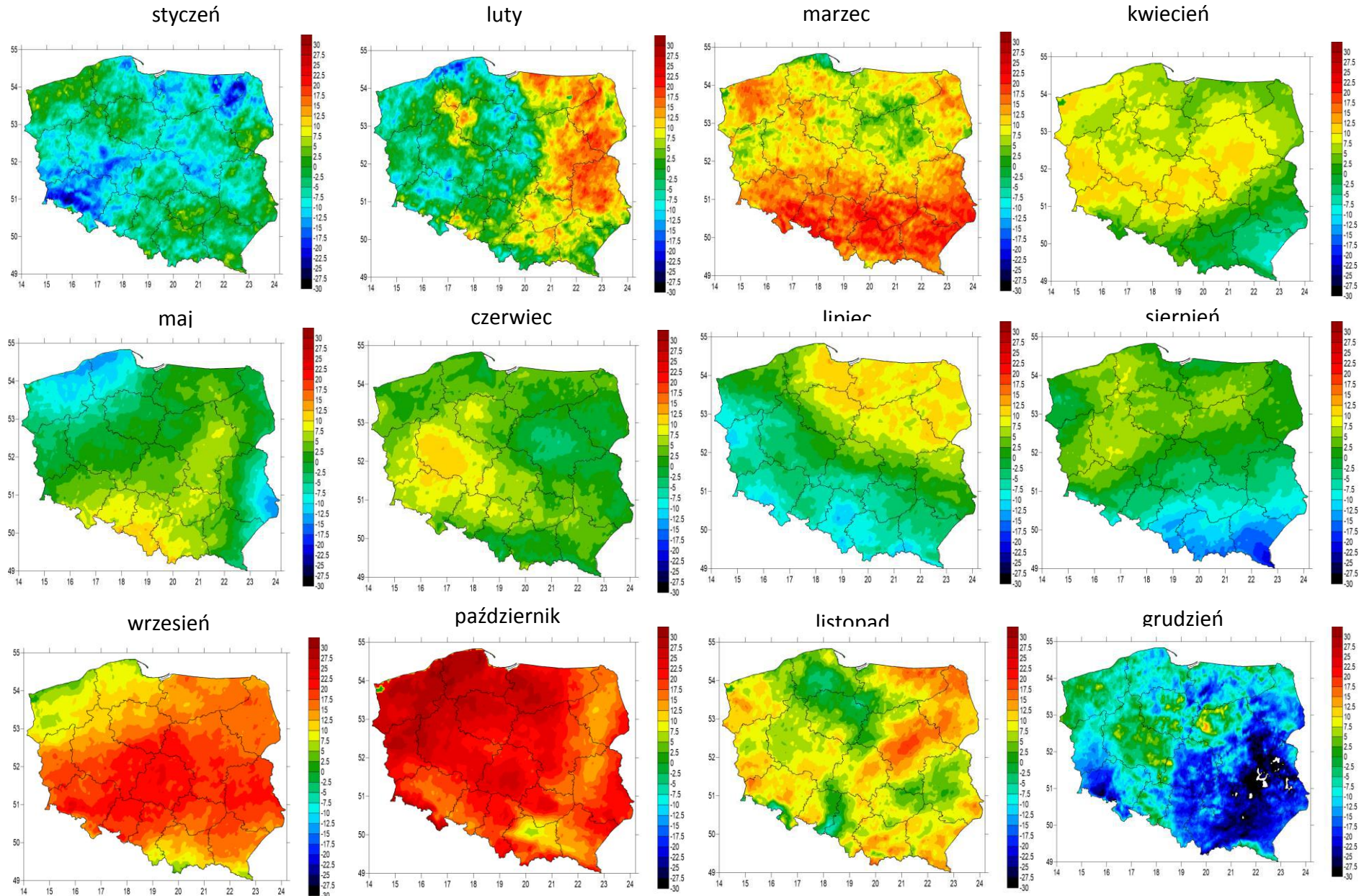
Październik



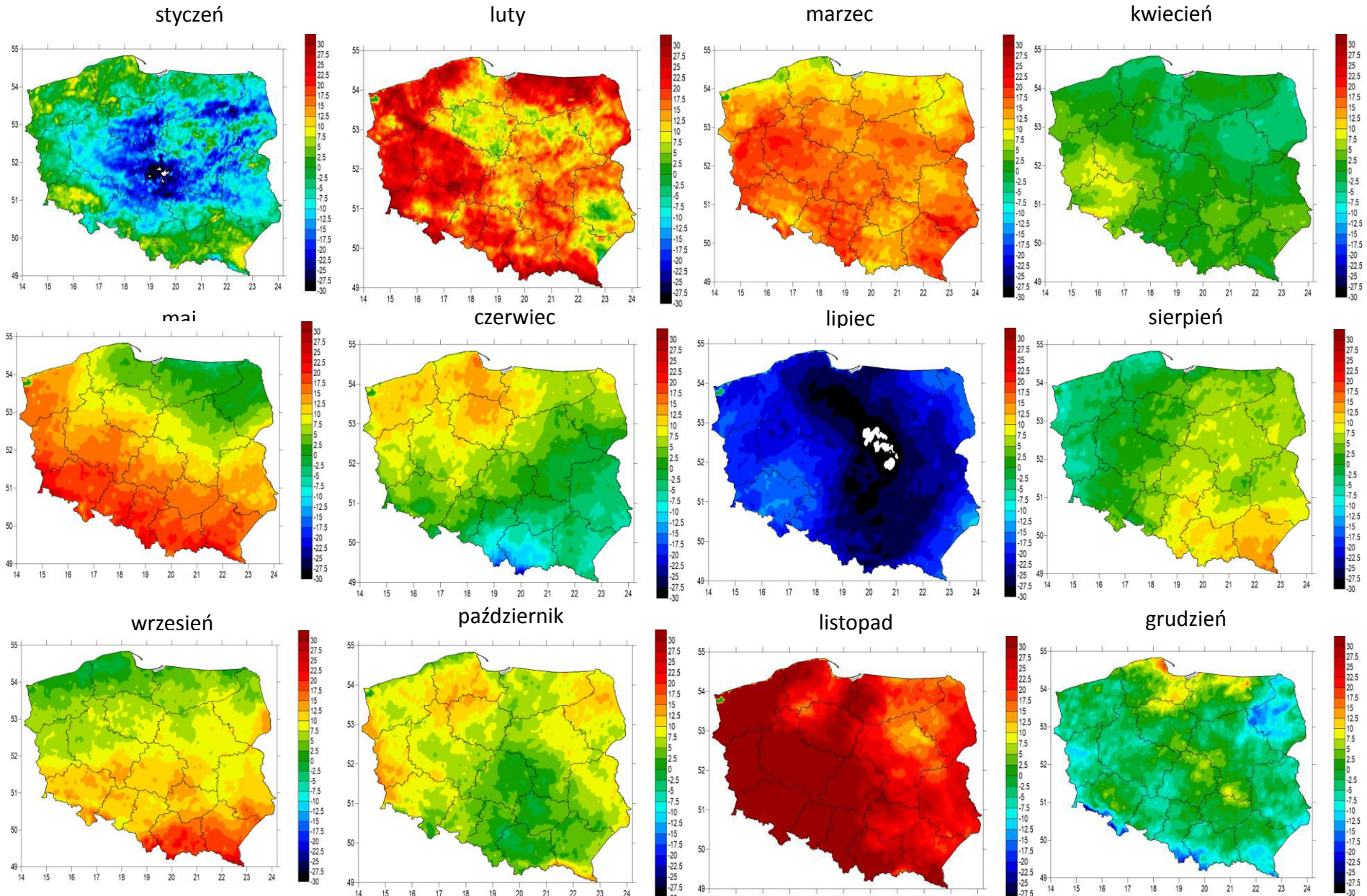
Listopad



**Anomalie sum miesięcznych energii promieniowania słonecznego
w roku 2005, względem wielolecia 2004-2017,
na podstawie produktów satelitarnych (skala $\pm 30\%$)**

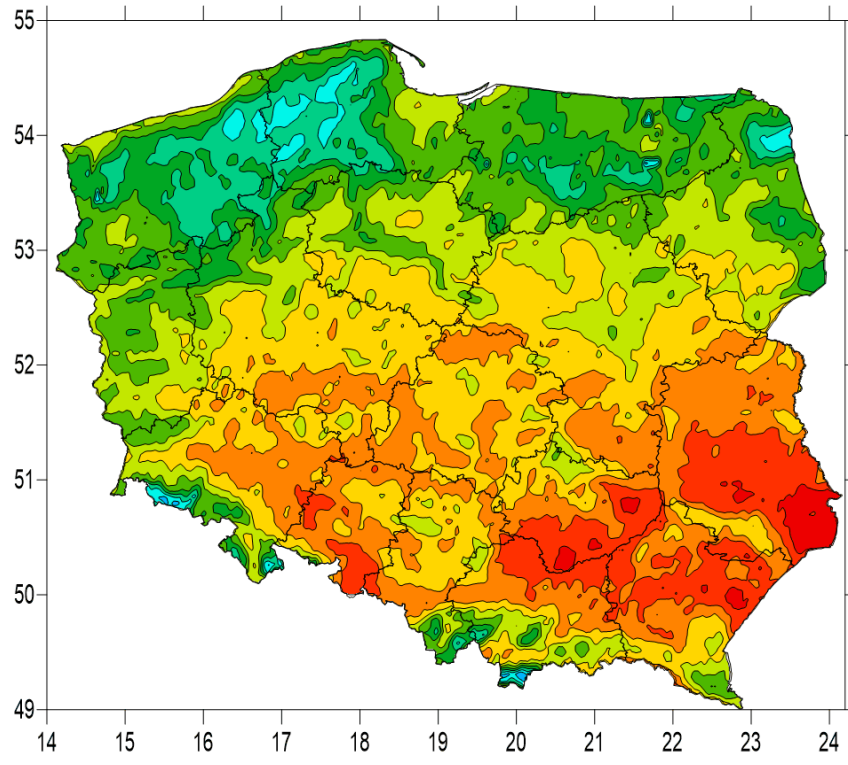


**Anomalie sum miesięcznych energii promieniowania słonecznego
w roku 2011, względem wielolecia 2004-2017,
na podstawie produktów satelitarnych (skala $\pm 30\%$)**

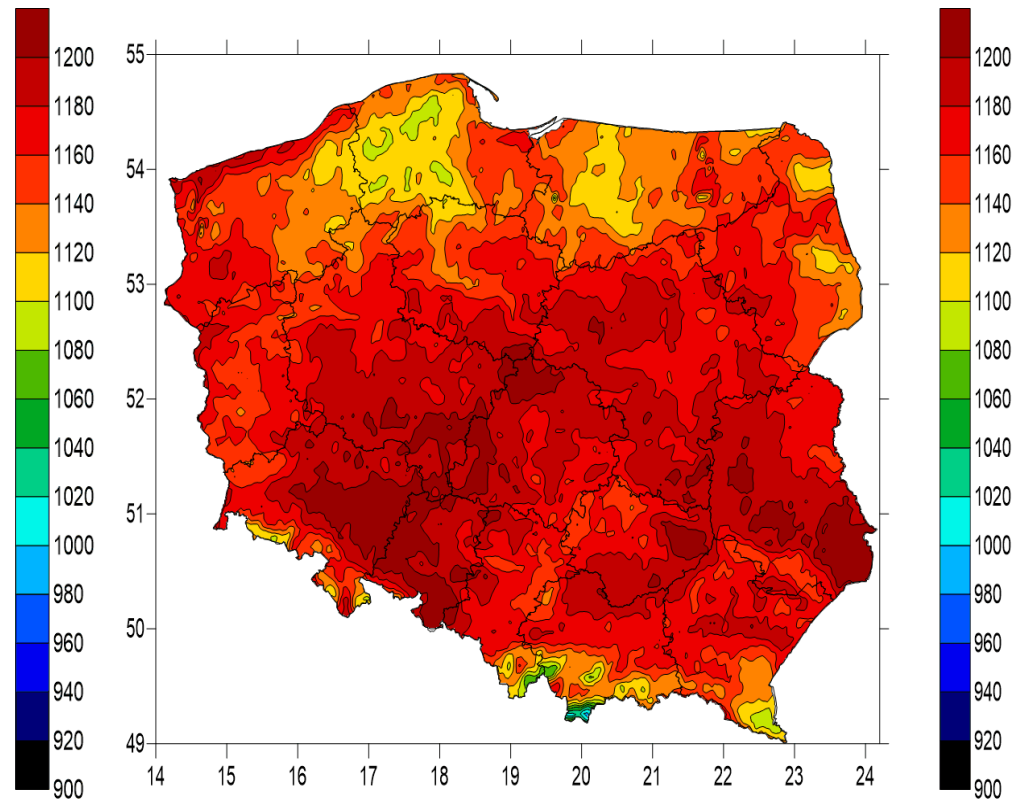


Rok 2018 na tle wielolecia 2004-2017

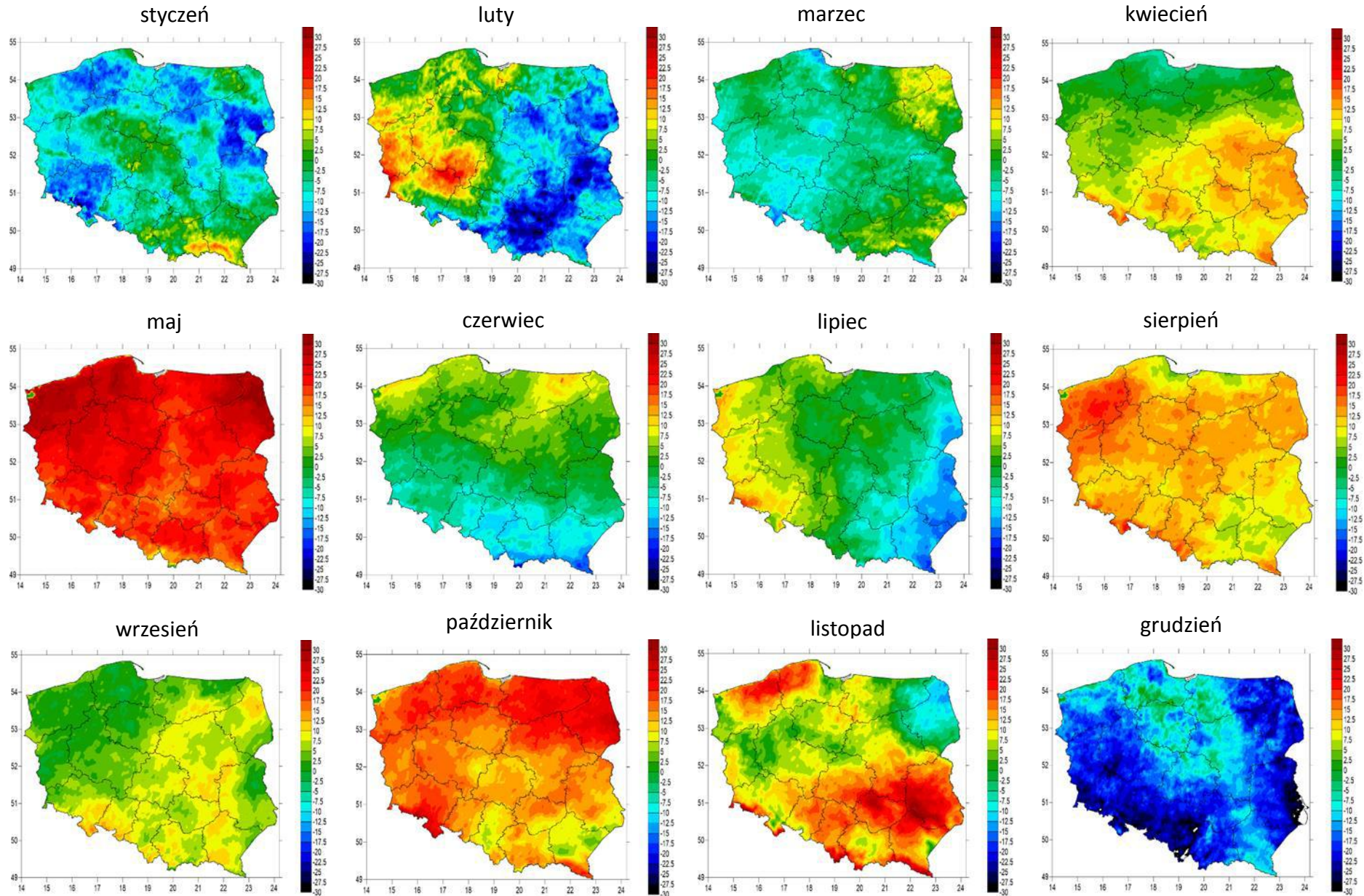
Średnia roczna dla wielolecia 2004-2017
[kWh/m²]



Suma roczna dla roku 2018 [kWh/m²]



**Anomalie sum miesięcznych energii promieniowania słonecznego
w roku 2018, względem wielolecia 2004-2017,
na podstawie produktów satelitarnych (skala $\pm 30\%$)**



Przykładowe analizy przebiegu czasowego

Klasyfikacja tabelaryczna sum miesięcznych energii promieniowania słonecznego [kWh/m2]

Województwo Lubuskie

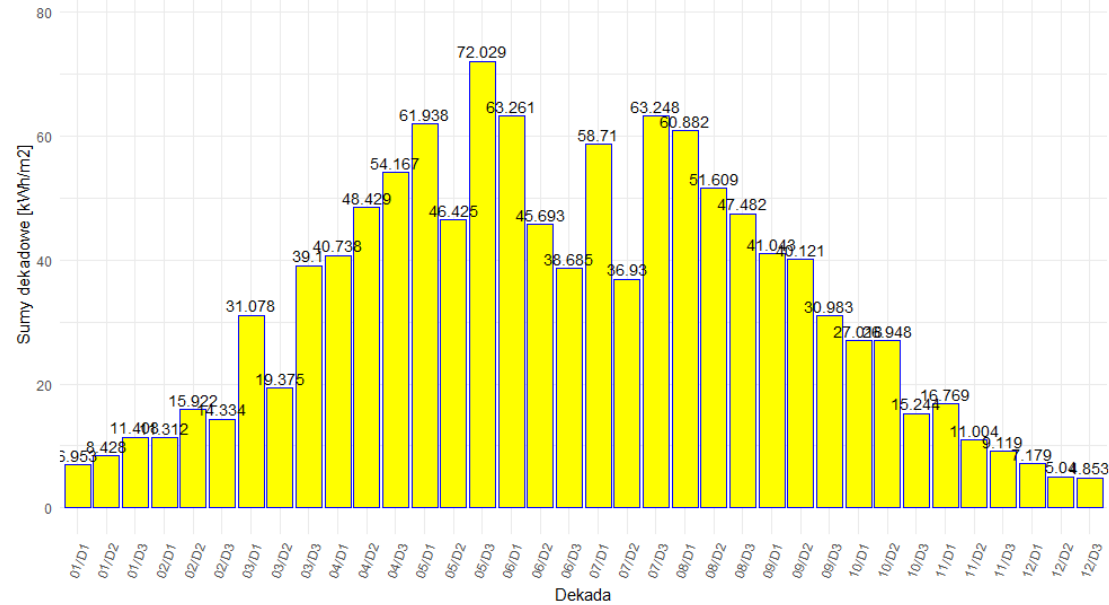
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2004	-1000	43.02	81.1	140.29	147.09	156.02	160.88	143.83	104.51	47.22	21.64	13.79
2005	18.34	41.86	89.08	149.46	153.41	180.75	157.02	146.61	117.88	70.04	27.16	13.56
2006	24.62	42.02	73.87	123.68	164.13	185.55	212.07	112.08	89.73	50.44	26.04	16.08
2007	18.5	37.72	86.99	162.35	170.42	166.59	144.02	142.26	89.97	53.41	21.82	13.15
2008	20.18	43.01	73.58	113.18	187.89	196.18	164.91	126.6	89.63	54.72	22.78	14.28
2009	21.86	40.44	67.46	163.88	155.6	147.28	164.37	126.56	111.02	43.54	26.83	14.87
2010	21.03	46.18	77.08	142.82	107.98	188.44	187.13	119.86	92.45	64.35	20.41	15.39
2011	19.42	53.9	96.82	141.57	182.45	182.95	135.85	136.11	109.89	62.24	35.22	14.32
2012	20.2	46.69	90.98	134.86	172.96	147.08	165.07	148.59	106.27	58.89	23.12	15.58
2013	18.15	32.01	82.79	113.75	141.38	159.75	190.98	151.07	88.1	57.94	21.66	16.38
2014	19.32	51.45	89.25	125.49	142.7	167.5	176.69	137.72	98.55	55.3	24.36	14.53
2015	18.05	48.4	83.56	139.93	159.21	163.29	177.33	172.73	104.14	57.19	26.32	16.49
2016	21.38	40.9	69.99	124.58	166.69	175.47	154.71	139.27	115.04	42.66	25.55	16.79
2017	22.33	40.77	80.49	112.36	158.66	172.78	160.56	146.12	87.81	53.67	23.29	14.24
2018	18.3	49.18	76.22	143.72	191.03	165.69	182.93	162.79	104.12	65.12	26.31	12.19

Województwo Małopolskie

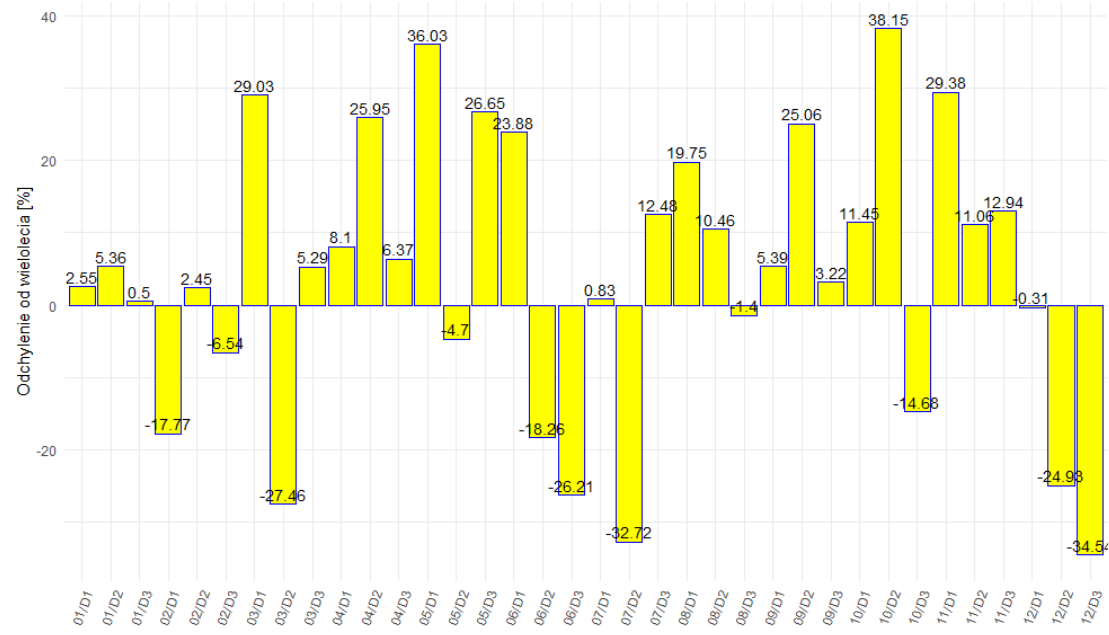
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2004	-1000	43.98	89.18	137.34	140.12	154.1	150.57	144.83	111.97	55.1	26.66	22.04
2005	25.38	54.13	103.63	131.89	162.46	166.6	156.56	127.82	116.81	70.59	34.86	17.18
2006	32.98	59.65	86.91	124.11	149.96	170.75	216.63	124.6	95.8	64.77	28.51	22.48
2007	23.46	41.44	89.38	149.1	165.79	170.92	172.97	144.85	96.55	54.19	28.25	20
2008	25.94	44.6	82.67	122.71	155.03	177.43	154.95	150.94	89.07	60.54	31.39	18.72
2009	26.95	47.28	70.01	162.29	164.78	138.49	188.87	118.96	113.35	49.29	33.21	18.67
2010	27.7	57.92	95.95	135.04	101.29	160.42	171.8	143.19	81.98	72.74	32.09	21.7
2011	26.16	61.44	99.97	129.69	179.21	149.94	126.11	160.8	122.33	62.62	41.47	20.09
2012	26	59.44	98.18	135.06	172.13	158.52	163.93	142.59	101.19	62.04	29.92	22.64
2013	20.9	46.87	76.01	133.91	136.16	145.15	190.32	158.88	99.52	68.86	27.65	25.64
2014	24.86	54.28	91.69	119.8	146.6	165.91	159.87	124.75	102.16	63.03	32.07	20.53
2015	23.21	53.07	94	133.03	133.76	175.06	188.36	171.35	92.15	65.96	34.06	24.35
2016	26.87	40.6	74.73	125.08	162.85	187.84	159.38	149.64	114.81	46.89	29.06	22.07
2017	32.4	54.19	79.67	104.77	151.22	194.68	163.42	155.6	90.2	57.29	30.1	19.37
2018	26.79	41.57	89.55	143.33	180.39	147.64	158.89	159.97	112.15	69.21	35.55	17.07

Przebiegi czasowe sum dekadowych energii promieniowania słonecznego

Woj. Małopolskie
–sumy dekadowe
[kWh/m²]



Woj. Małopolskie –
anomalie sum
dekadowych 2018
względem wielolecia
2004-2017
[%]



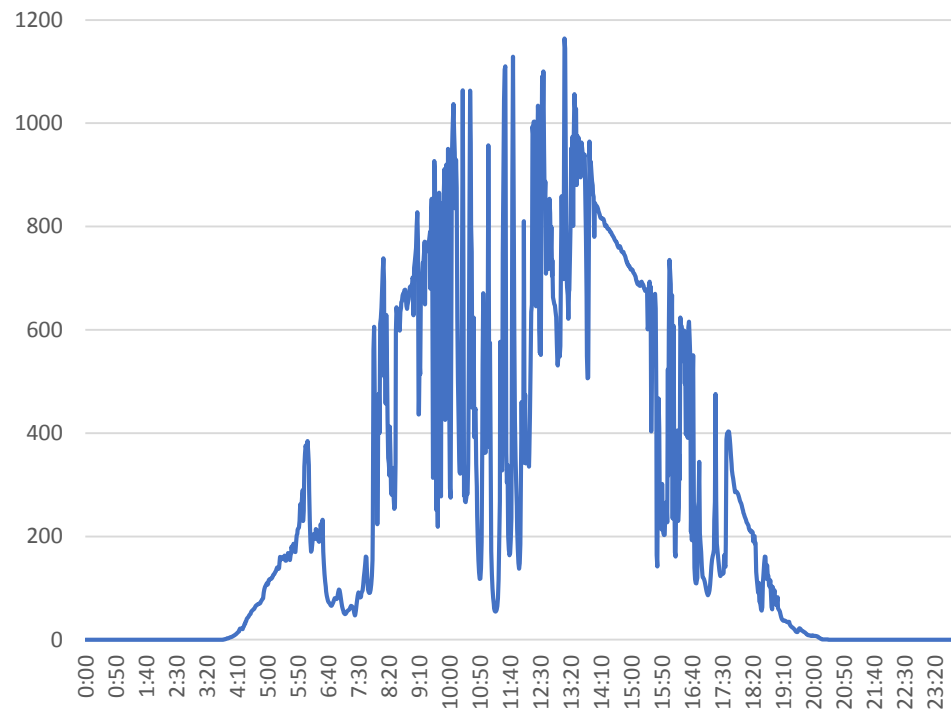
Porównanie (???) danych naziemnych i satelitarnych

Przebieg pomiaru minutowego
ze stacji Koło (1.05.2017)

Produkt satelitarny Land SAF DSSF –
dane co 30 min.

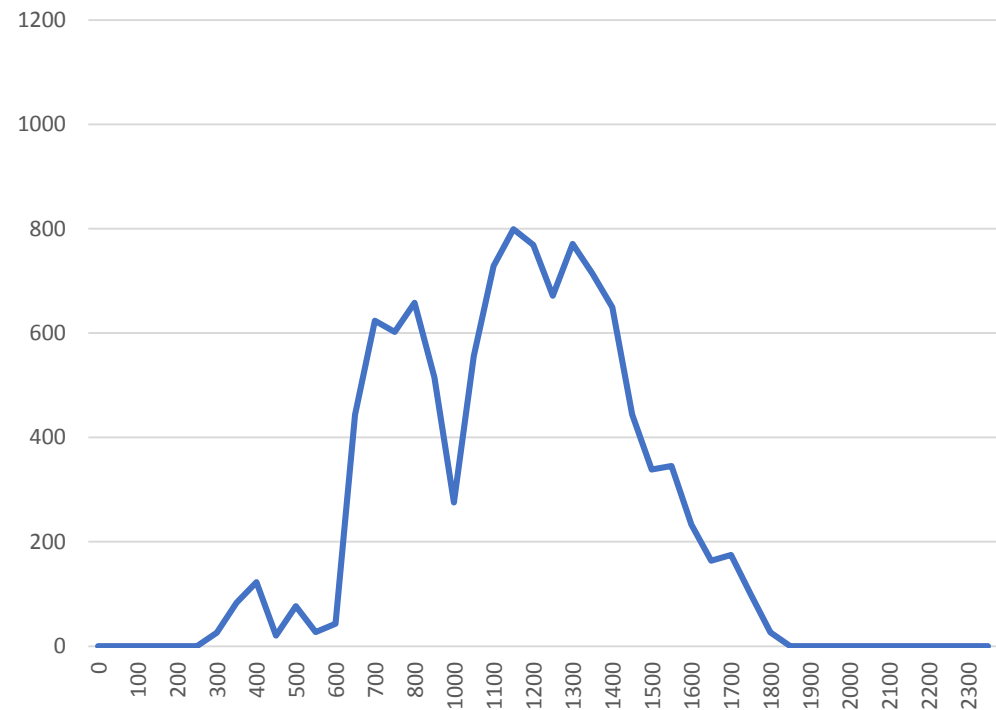
W/m²

Dane naziemne



W/m²

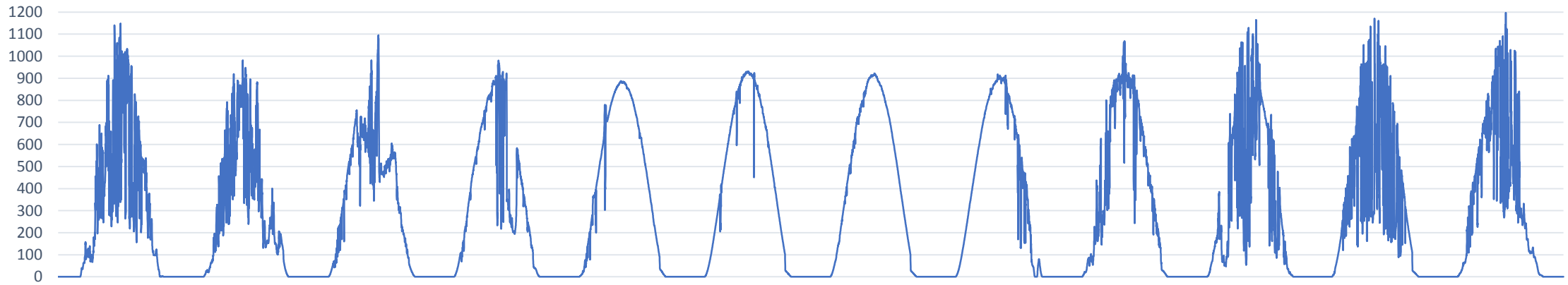
Dane satelitarne



Porównanie (???) danych naziemnych i satelitarnych
stacja Koło 1-12.06.2016

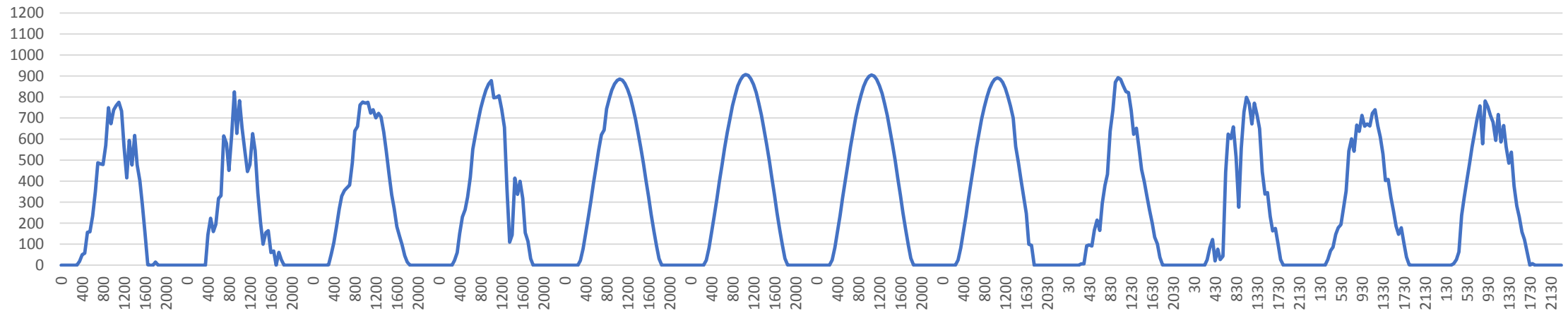
W/m²

Dane naziemne (minutowe)



W/m²

Dane satelitarne (co 30 minut)

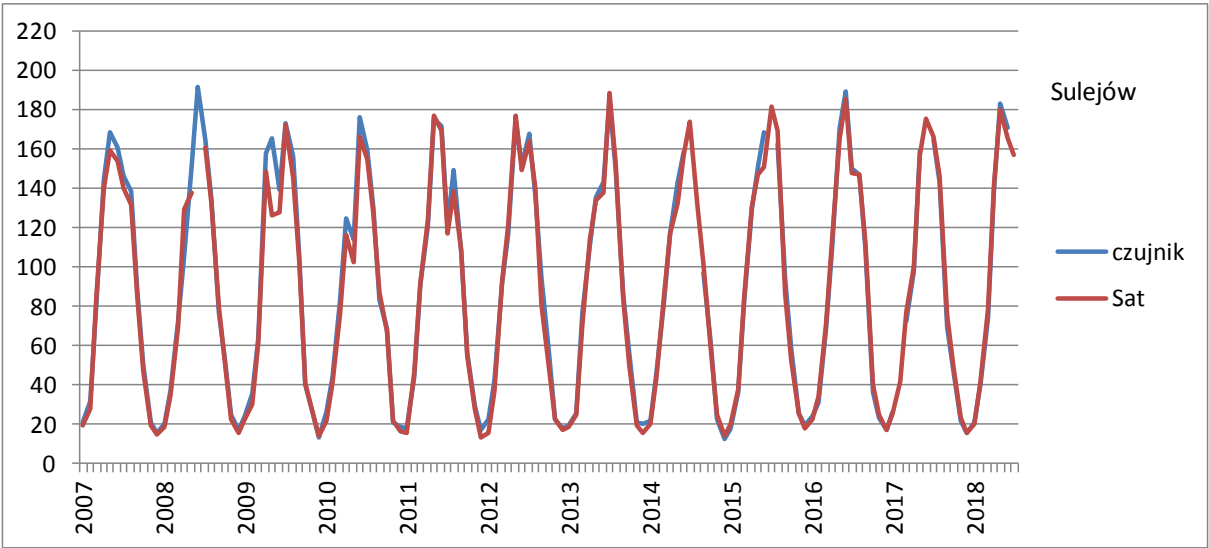


Analiza porównawcza danych satelitarnych i naziemnych (sumy miesięczne)

Minimalne, średnie i maksymalne sumy miesięczne energii promieniowania słonecznego całkowitego [kWh/m²] w okresie 01.2007-07.2018 na wybranych stacjach synoptycznych

Charakterystyka	Jelenia Góra			Lesko			Łeba			Mikołajki			Koło			Sulejów		
	czujnik	sat	różnica	czujnik	sat	różnica	czujnik	sat	różnica	czujnik	sat	różnica	czujnik	sat	różnica	czujnik	sat	różnica
min	18.04	13.97	4.07	17.61	15.08	2.52	7.43	6.66	0.78	9.11	9.14	- 0.03	11.50	11.61	- 0.11	12.75	13.14	- 0.39
śr	91.92	85.03	6.89	97.27	88.72	8.55	91.41	85.63	5.78	89.78	84.44	5.34	92.28	88.49	3.78	88.16	87.95	0.21
max	189.28	179.88	9.40	199.94	180.09	19.85	212.23	198.88	13.36	206.34	198.13	8.21	200.31	194.79	5.52	191.45	188.28	3.16

Przebieg czasowy miesięcznych sum energii promieniowania słonecznego [kWh/m²] obliczonych na podstawie danych z czujników naziemnych oraz danych satelitarnych – stacja Sulejów



Demonstracyjny serwis intranetowy

Opracowane dane zostały wykorzystane do stworzenia demonstracyjnego serwisu intranetowego na bazie strony wewnętrznej Janus:

<http://janus.imgw.ad> >> Powierzchnia ziemi >> Klimatologia (w budowie)

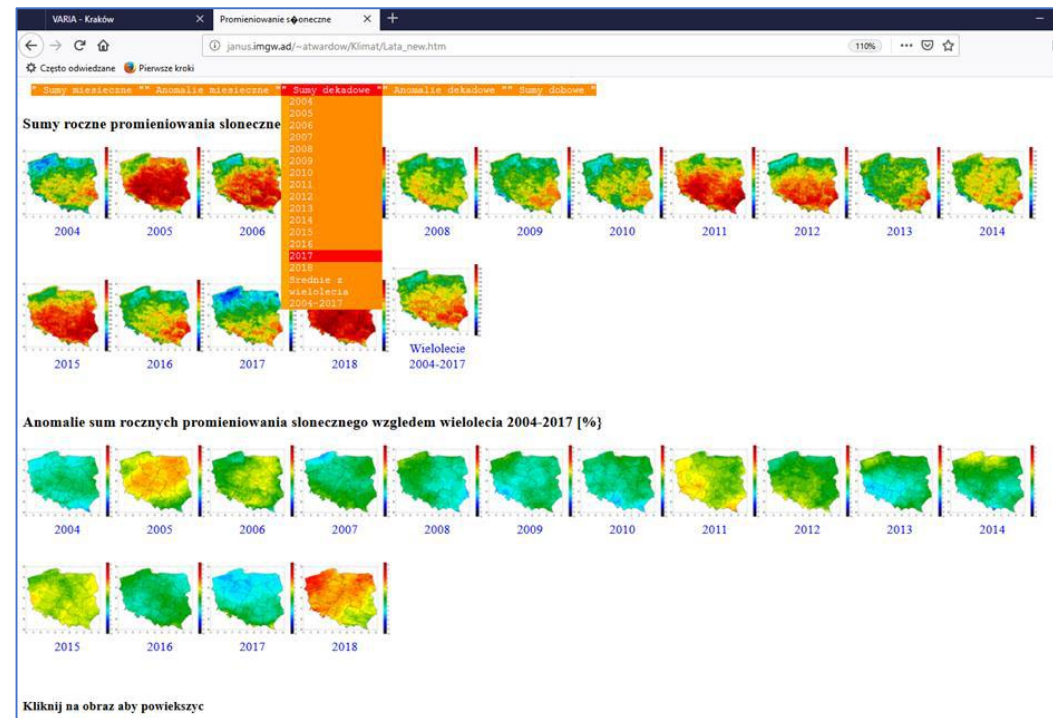
W roku 2018 ta część serwisu została oparta wyłącznie na danych dotyczących energii promieniowania słonecznego z lat 2004-2018 (prawie 20 000 obrazów i wykresów).

Planowane jest jej rozszerzenia o pozostałe parametry: ewapotranspirację, fenologię, wilgotność gleby i zachmurzenie, przy budowie serwisu operacyjnego w roku 2019.

Realizacja tego serwisu internetowego została wykonana **nie przez profesjonalnych „Web Masterów”**, lecz przez pracownika K-DTS, jako wzór możliwości wykorzystania danych satelitarnych i obserwacyjnych oraz celem **zebrania w szybko dostępnej formie, ogromnego materiału powstałego podczas realizacji tematu.**

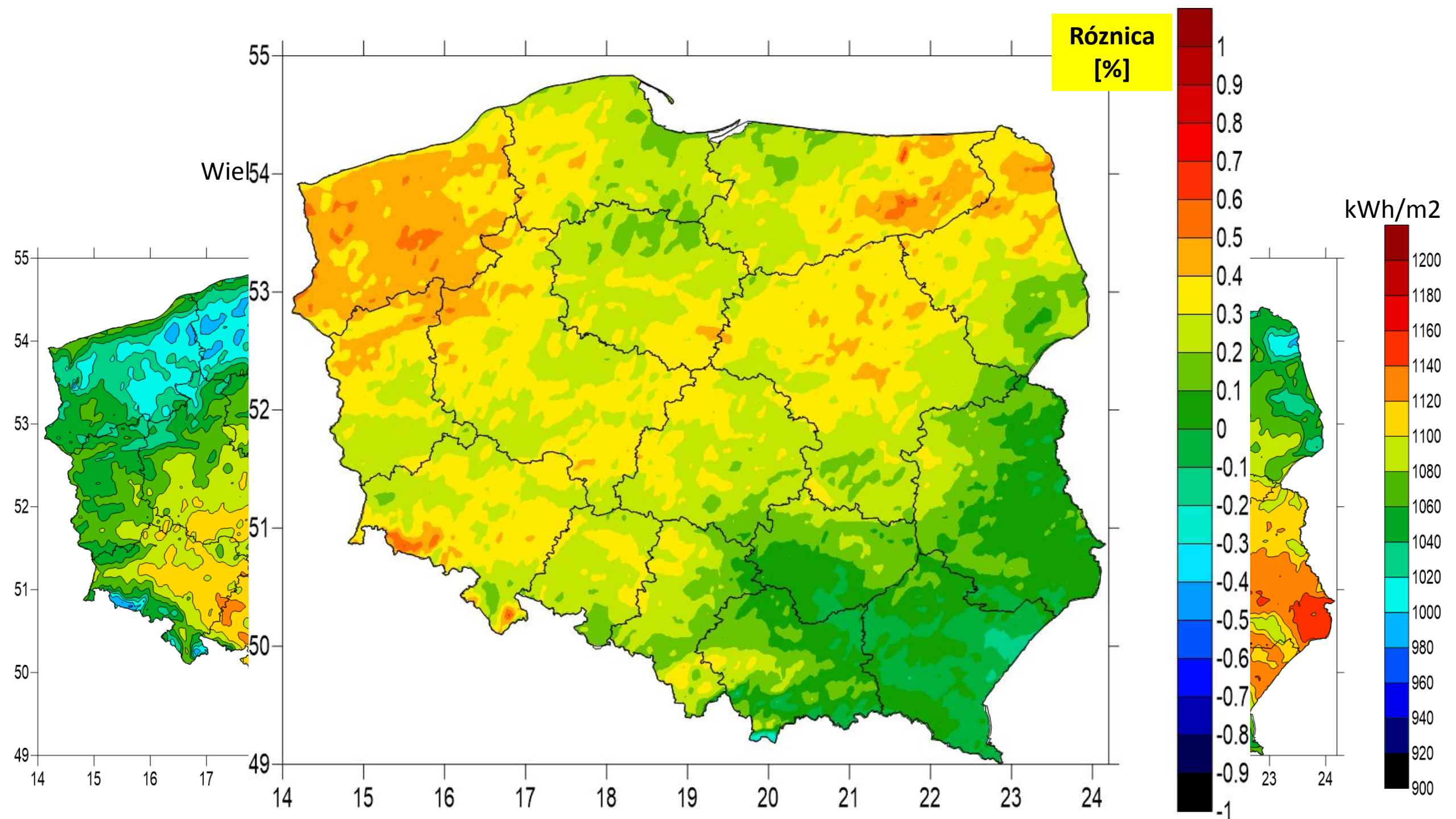
Posłuży ona za inspirację do wykorzystania wybranej części tego materiału (np. analiza danych bieżących na tle wielolecia) w profesjonalny sposób na stronie

agrometeo.pogodynka.pl .

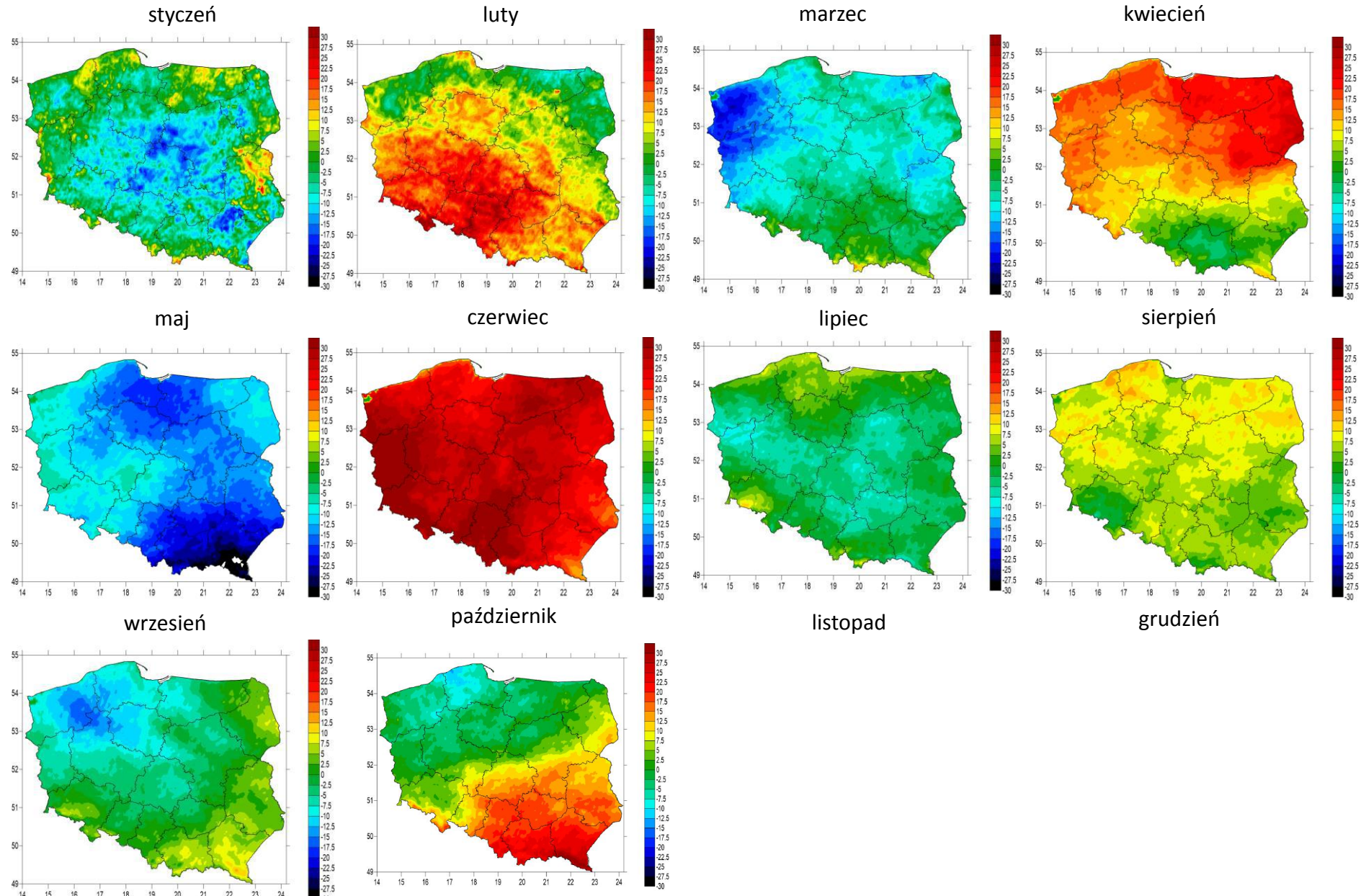


Jak wygląda aktualny rok na tle wielolecia ?

Wykorzystano wielolecie do 2004-2018.

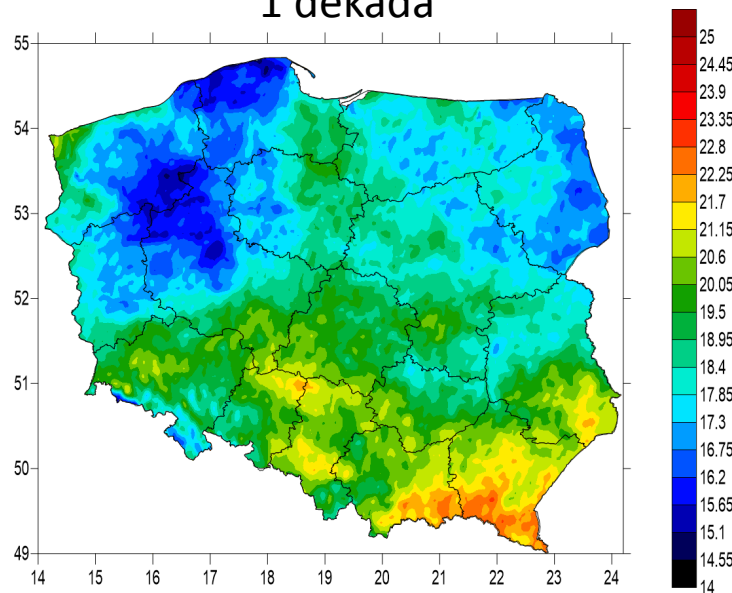


**Anomalie sum miesięcznych energii promieniowania słonecznego
w roku 2019, względem wielolecia 2004-2018,
na podstawie produktów satelitarnych (skala $\pm 30\%$)**

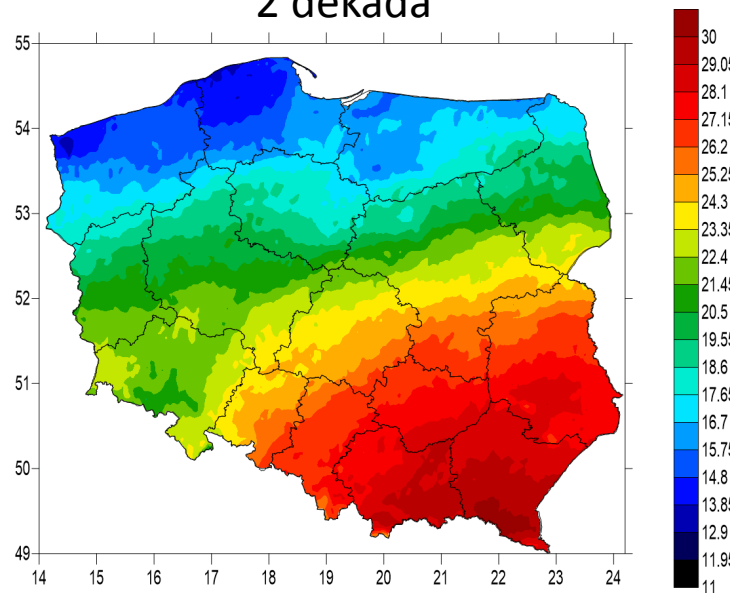


Październik 2019 - analiza

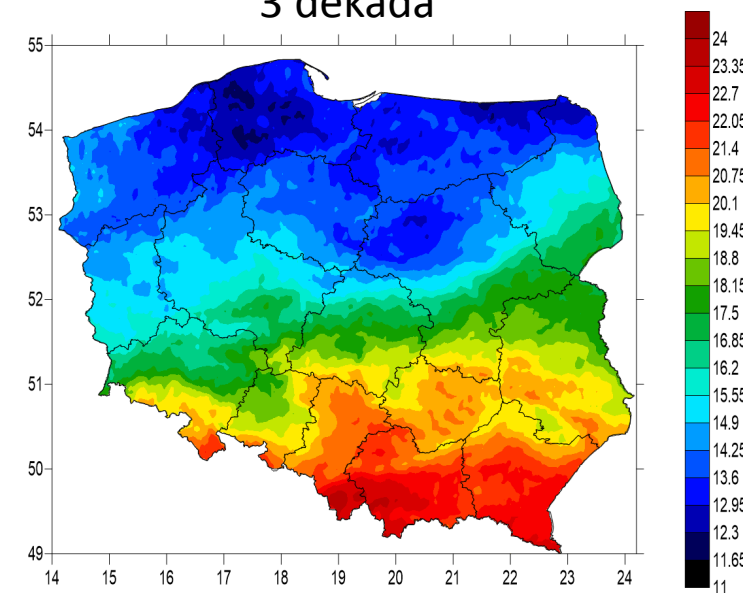
1 dekada



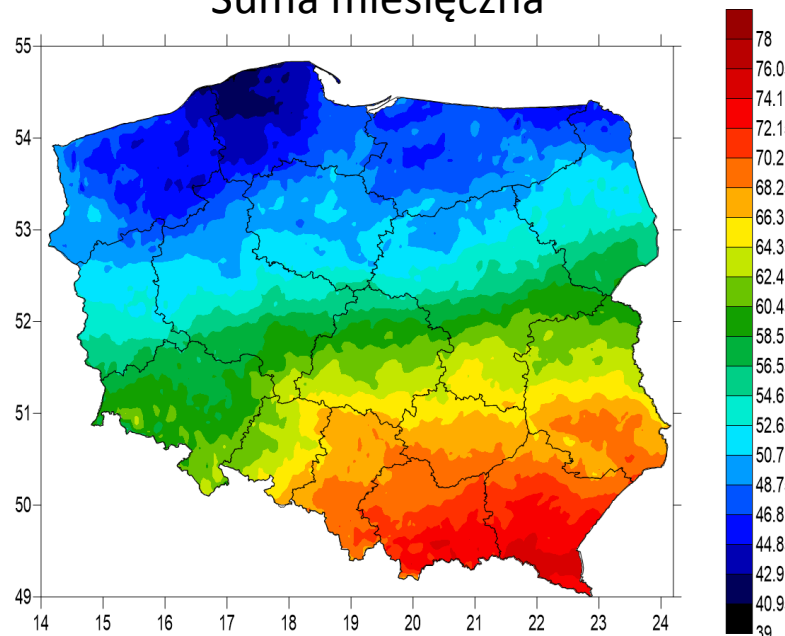
2 dekada



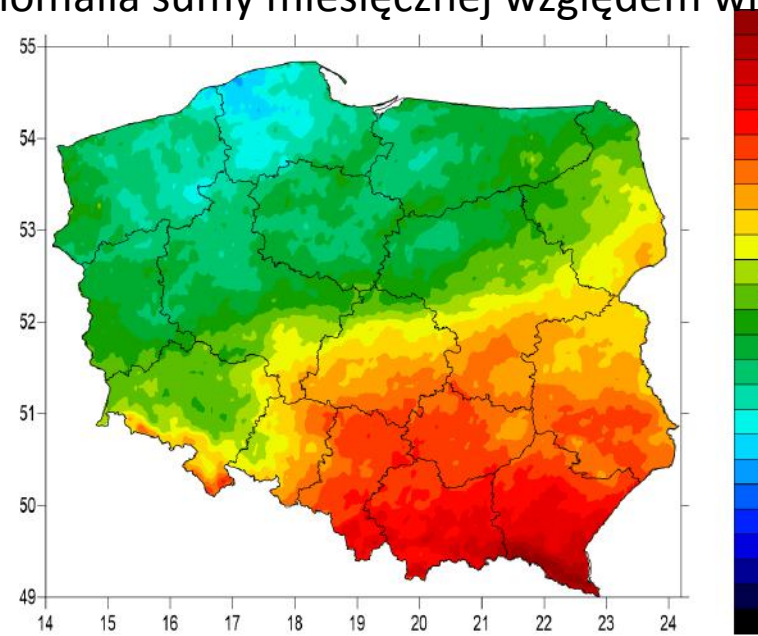
3 dekada



Suma miesięczna



Anomalia sumy miesięcznej względem wielolecia 2004-2018



Podsumowanie

Wykorzystanie produktów opartych na danych satelitarnych, daje zupełnie nowe możliwości monitorowania klimatu lokalnego w skali: kraju, województwa, powiatu, regionu ... (dowolny obszar zamknięty obwiednią, obejmującą piksele o wielkości 5-6 km).

Analiza danych satelitarnych z okresu 2004-2019 dostarczyła obszernego opracowania danych przestrzennych dotyczących nasłonecznienia, wraz z zapewnieniem szybkiego dostępu do wyników tej analizy poprzez stronę intranetową (aktualnie).

Planowane jest przeniesienie tego serwisu na publiczną stronę www.agrometeo.pogodynka.pl

Biorąc pod uwagę, ponad 20000 wygenerowanych obrazów i wykresów, nie ma lepszej formy dostępu do takich danych.

Życzę dużo słońca



Dziękuję za uwagę / Thank you

Piotr Struzik w imieniu wszystkich współautorów

19.11.2019, Warszawa

