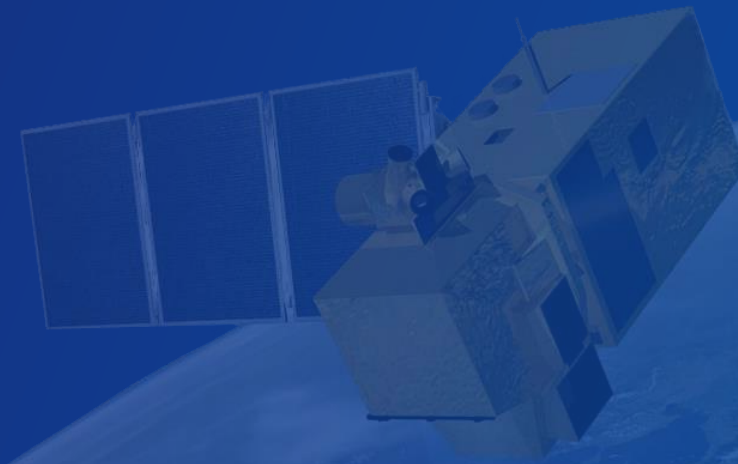


Typy i źródła danych satelitarnych

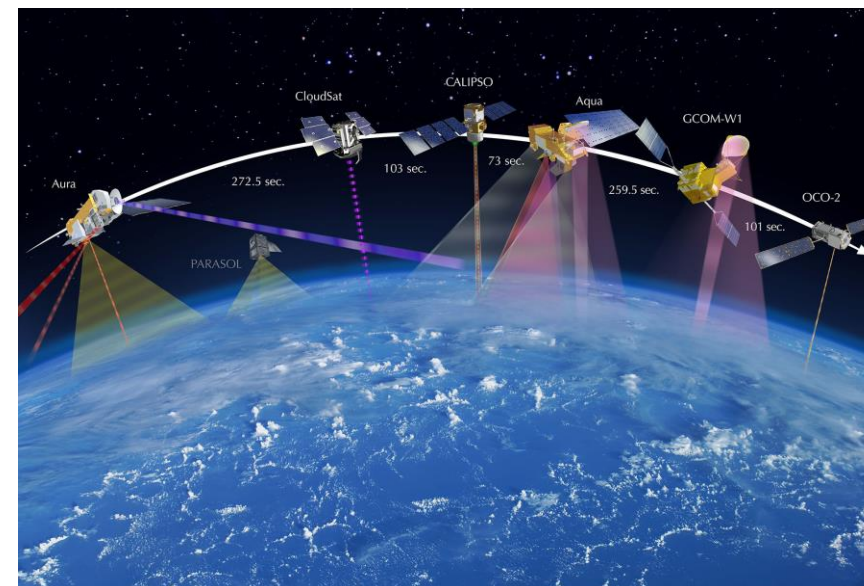
dr hab. inż. Piotr Wężyk, prof. URK
CEO ProGea 4D

dr inż. Urszula Cisto-Lesicka
ProGea 4D



- Polityka Komisji Europejskiej w zakresie pozyskiwania i wykorzystania danych teledetekcyjnych.
- Program Copernicus – założenia i komponenty oraz inne misje ESA.
- Satelity Sentinel i ich zastosowanie:
 - Sentinel-1,
 - Sentinel-2,
 - Sentinel-3,
 - Sentinel-4,
 - Sentinel-5p
 - Sentinel-6.
- Satelity serii Landsat (NASA).
- Zobrazowania niskorozdzielcze (MetOp, Meteosat, NOAA, MODIS).
- Wybrane komercyjne satelity o wysokiej i bardzo wysokiej rozdzielczości.
- Dane radarowe.
- Podsumowanie.

Źródło: ESA, 2019



Źródło: NASA, 2019

- Prowadzenie polityki zrównoważonego rozwoju – to osiągnięcie ładu pomiędzy polityką społeczną, gospodarczą i ekologiczną, przyjmując przy tym, że ochrona środowiska jest sprawą najistotniejszą.
- Dane satelitarne stanowią cenny materiał do przeciwdziałania skutkom zmian klimatu, podnoszenia poziomu świadomości ekologicznej oraz monitoringu środowiska, a także rozwoju aglomeracji miejskich.
- W dniu 19.05.1998 r. instytucje UE podpisały Deklarację „The Baveno Manifesto”, powołującą Program GMES – „Global Monitoring for Environment and Security”.
- Kwiecień 2012 – Serwis Zarządzania Kryzysowego, oferujący dostarczanie obrazów satelitarnych i produktów opracowanych na ich podstawie dla obszarów zagrożeń naturalnych – The Emergency Management Service – Mapping (“EMS-Mapping”) staje się w pełni operacyjnym pierwszym Serwisem Programu GMES.
- Grudzień 2012 – zmiana nazwy programu GMES na Copernicus.
- Unia Europejska realizuje trzy szandarowe programy w zakresie Polityki Kosmicznej: Copernicus, GALILEO, EGNOS oraz programy dotyczące bezpieczeństwa jak Space Situational Awareness (w tym Space Surveillance and Tracking) i GOVSATCOM.



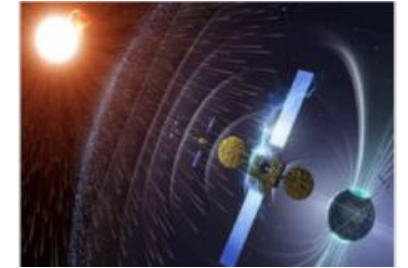
Źródło: ESA, 2019

- 26 – 27 maja 2016 r. obrady Rady ds. Konkurencyjności Unii Europejskiej – zapoczątkowanie inicjatywy powołania „Strategii kosmicznej dla Europy”.
- 26.10.2016 r. uchwalenie Strategii Kosmicznej dla Europy.
- W kwietniu 2021 r. Rada i Parlament Europejski przyjęły rozporządzenie ustanawiające nowy program kosmiczny UE na lata 2021–2027. Wszedł on w życie z mocą wsteczną 1 stycznia 2021 r.



Źródło: ESA, 2019

- Maksymalizacja korzyści z działalności związanej z przestrzenią kosmiczną dla społeczeństwa i gospodarki UE:
 - zachęcenie do korzystania z usług związanych z przestrzenią kosmiczną i wykorzystywania danych pozyskanych w przestrzeni kosmicznej,
 - rozwijanie unijnych programów kosmicznych i zaspokajanie potrzeb nowych użytkowników.
- Rozwijanie europejskiego sektora kosmicznego konkurencyjnego i innowacyjnego w skali globalnej:
 - wspieranie badań, innowacji i rozwoju umiejętności,
 - wspieranie przedsiębiorczości i nowych możliwości rynkowych.
- Wzmocnienie autonomii Europy w zakresie dostępu do przestrzeni kosmicznej i jej wykorzystania w bezpiecznym środowisku:
 - utrzymanie przez Europę autonomicznego dostępu do przestrzeni kosmicznej,
 - zapewnienie dostępu do widma radiowego,
 - zapewnienie ochrony i bezpieczeństwa europejskiej infrastruktury kosmicznej o kluczowym znaczeniu,
 - wzmocnienie synergii między cywilną i wojskową działalnością związaną z przestrzenią kosmiczną.
- Wzmacnianie roli Europy jako podmiotu o znaczeniu globalnym i wspieranie współpracy międzynarodowej.



Źródło: ESA, 2019

Pozycja Europy na międzynarodowym rynku kosmicznym:

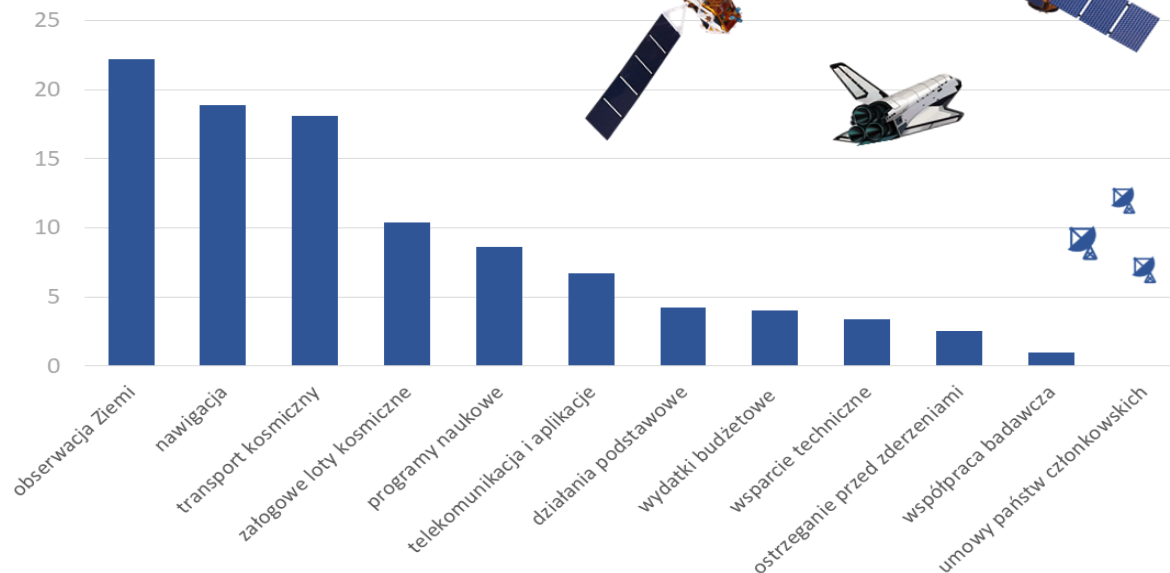
- europejski sektor kosmiczny w otwartych rynkach światowych wynosi ok. 33%;
- dynamiczny sektor usług pochodnych – działalność dużej liczby małych i średnich przedsiębiorstw;
- w sektorze europejskiej gospodarki kosmicznej (produkcja i usługi) zatrudnienie znajduje ponad 250 tys. wysoko wykwalifikowanych specjalistów, a do 2025 r. liczba miejsc pracy związanych z przestrzenią kosmiczną w całej Unii powinna wzrosnąć do 400 tys.;
- wartość europejskiego sektora kosmicznego szacuje się na kwotę 53–62 mld EUR (2017 r.);
- Program Kosmiczny UE na lata 2021 – 2027 wynosi 14,88 mld euro, w tym 6,49 mld euro to budżet ESA na 2021 roku.

ILE WPŁACAJĄ DO ESA (W MLN EURO)

1. Francja	1065,8
2. Niemcy	968,6
3. Włochy	589,9
4. Wielka Brytania	418,8
5. Belgia	255,8
6. Hiszpania	223,6
7. Szwajcaria	172,6
8. Holandia	87,9
9. Norwegia	83,2
10. Szwecja	80,0
15. Francja	39,0

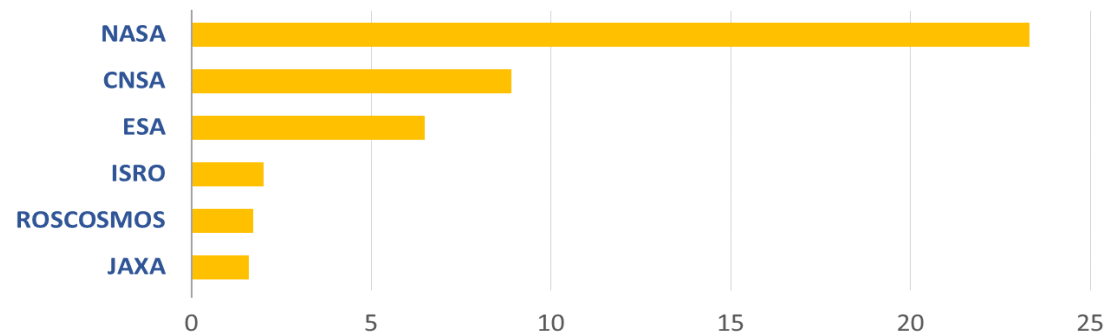
Budżet ESA na rok 2021

w %



Budżet agencji kosmicznych 2021

(w MLD USD)



* szacunkowy budżet Chińskiej Agencji Kosmicznej

Źródło: ProGea 4D, 20



Współpraca
międzynarodowa



Bezpieczeństwo
i obronność



Dane dla
administracji



Przemysł
kosmiczny



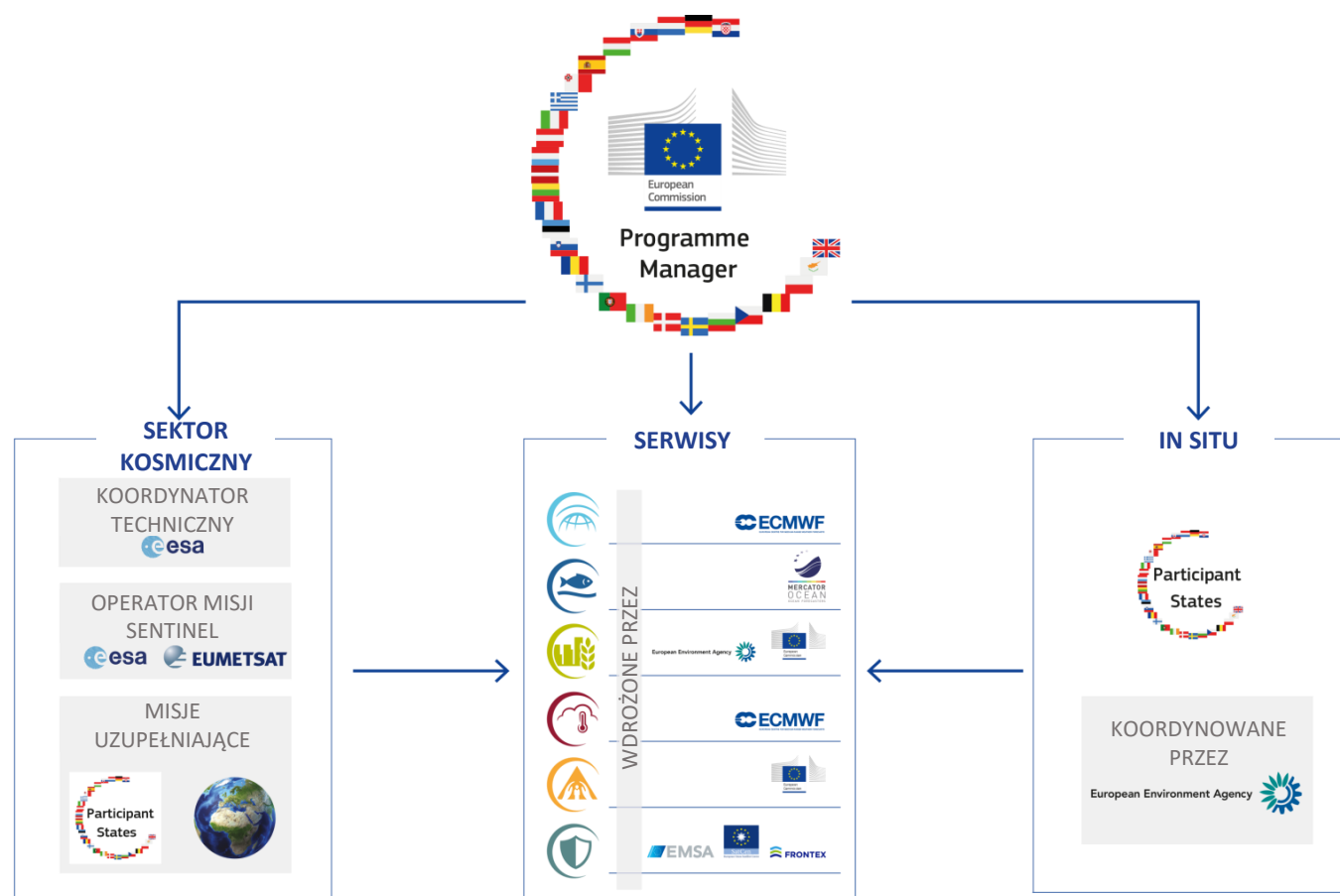
Badania
i rozwój



Edukacja

- Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady ustanawiające program kosmiczny Unii i Agencję Unii Europejskiej ds. Programu Kosmicznego (Dz. U. UE C z dnia 15 lutego 2019 r.) poprzez określenie warunków rejestracji i licencjonowania użytkowników oraz określenie kryteriów ograniczających dostęp do danych i informacji z usług GMES.
- „Dostęp do danych Sentinel powinien być bezpłatny, pełny i otwarty”, zgodnie ze wspólnymi zasadami polityki dotyczącej danych Sentinel przyjętymi przez Radę Programową ds. Obserwacji Ziemi (PB-EO) Europejskiej Agencji Kosmicznej - Rozporządzenie delegowane Komisji (UE) nr 1159/2013 (Dz. U. UE L z dnia 19.11.2013 r.).

- Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 377/2014 z dnia 3 kwietnia 2014 r. ustanawiające program Copernicus i uchylające rozporządzenie (UE) nr 911/2010.
- Zarządzany przez Komisję Europejską we współpracy z:
 - Europejską Agencją Kosmiczną (ESA) oraz Europejską Organizacją Eksploatacji Satelitów Meteorologicznych (EUMETSAT) odpowiedzialnymi za komponent satelitarny;
 - Europejską Agencją Środowiska (EEA) odpowiedzialną za komponent naziemny;
 - szeregiem instytucji odpowiedzialnych za budowanie Komponentu usługowego, czyli sześciu Operacyjnych Serwisów Programu COPERNICUS.



Źródło: ESA, 2019

Rozporządzenie Komisji (UE) nr 1159/2013:

Art. 7. Warunki dotyczące użytkowania

1. Dostęp do danych i informacji w celach globalnego monitoringu środowiska zapewnia się w następujących przypadkach (pod warunkiem, że jest to zgodne z prawem):

- a) zwielokrotnianie,
- b) rozpowszechnianie,
- c) publiczne udostępnianie,
- d) dostosowanie, modyfikacja i połączenie z innymi danymi i informacjami,
- e) dowolne połączenie lit. a) – d).

2. Dane do celów GMES i informacje z usług GMES można stosować na całym świecie bez ograniczeń czasowych.



Źródło: ESA, 2019

FutureEO (Polska bierze czynny udział):

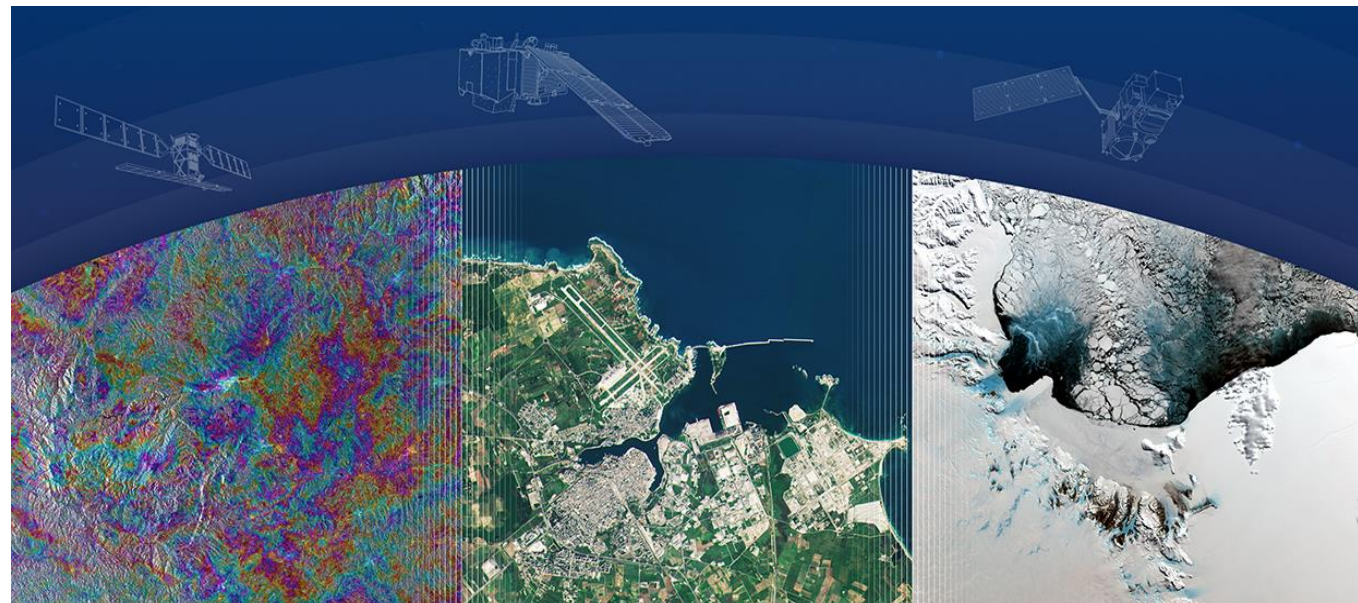
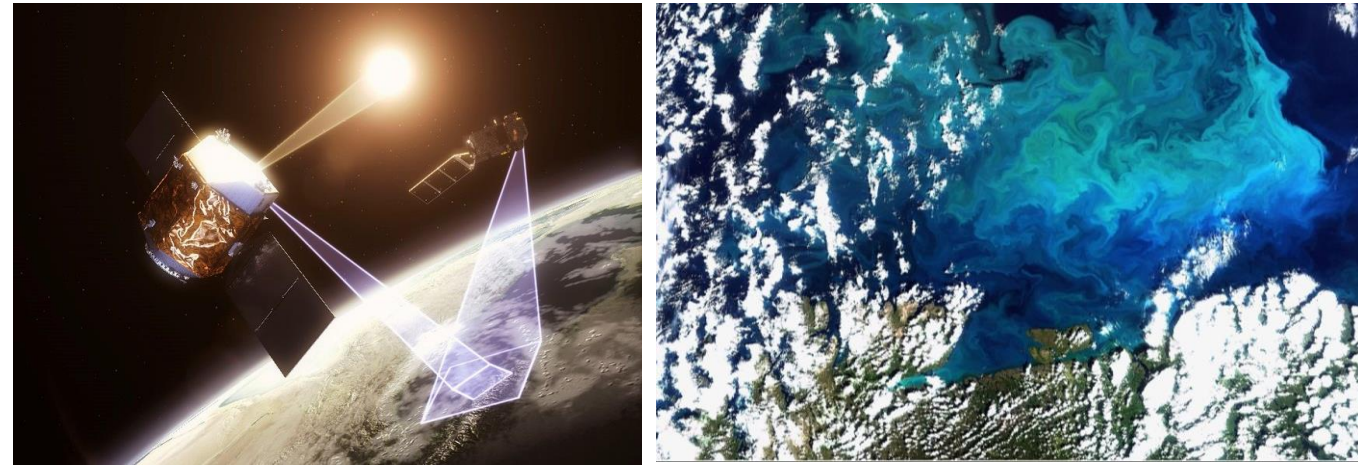
- misje na orbicie: SMOS, CryoSat, SWARM, Aeolus;
- misje w przygotowaniu:
 - EarthCARE (2023),
 - Biomass (2022),
 - FLEX (2025);
- małe satelity środowiskowe (nanosatelity) głównie dla celów naukowych - SCOUTS.

Planowane EarthWatch:

- Altius,
- Truths.


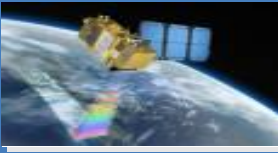




Programy meteorologiczne:

- MetOp,
- MTG.



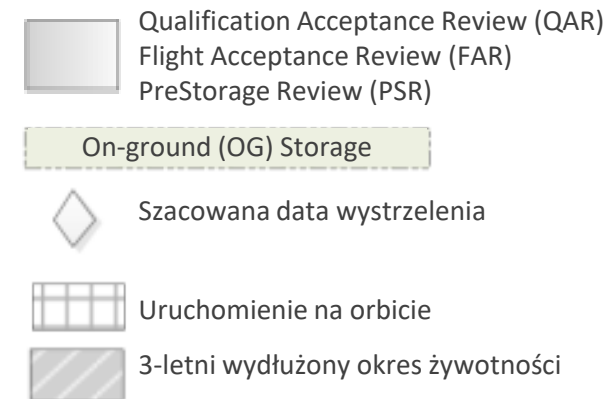
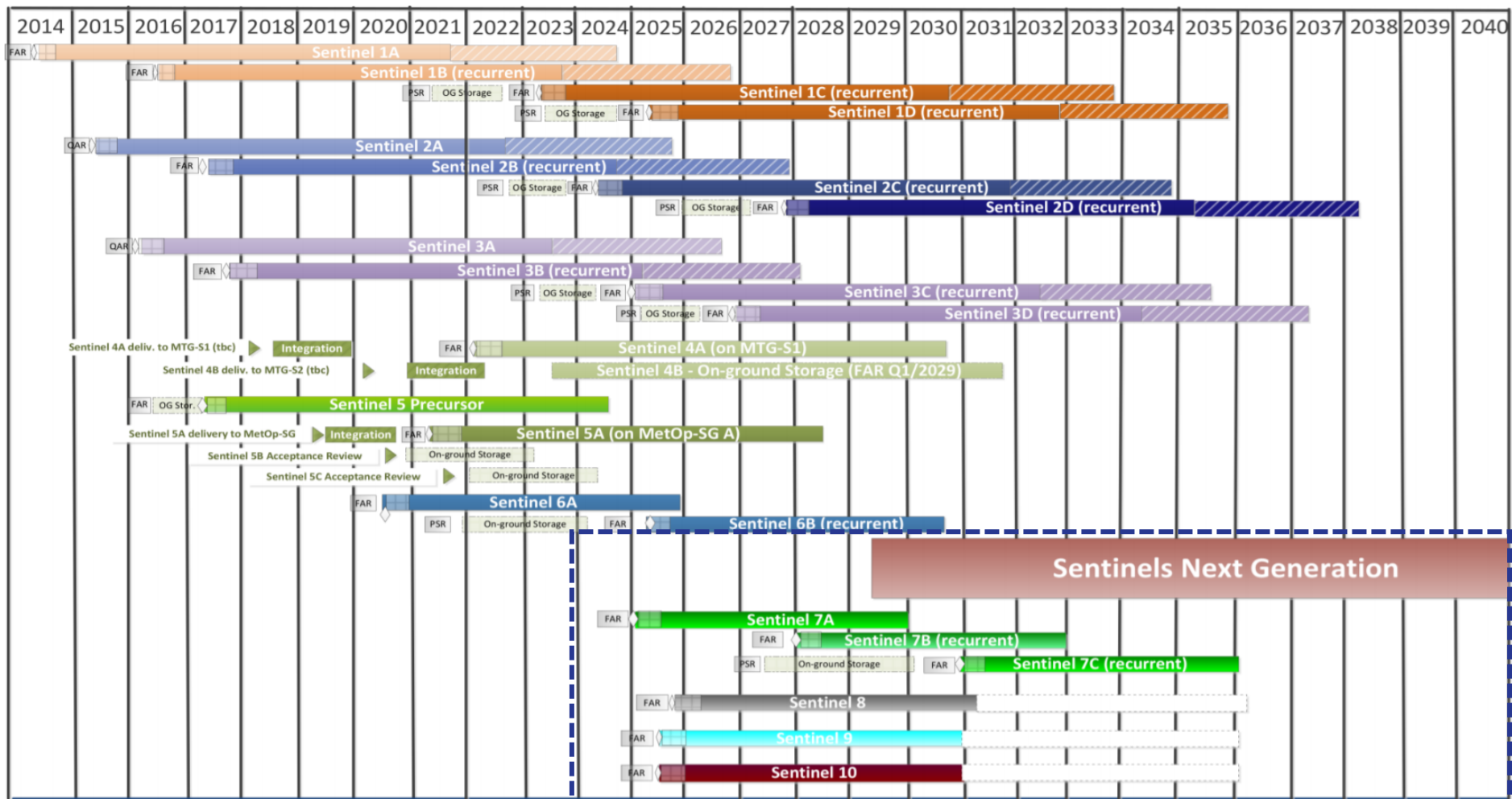
Źródło: ESA, 2020

Konstelacja satelitów misji Sentinel ESA

<p>Start S-1 A/B 2014 – 2016</p>		<p>Sentinel-1 (A/B) – dane radarowe C-SAR monitorowanie zakresu lodu arktycznego, monitoring środowisk morskich pod kątem bezpieczeństwa i zagrożeń ekologicznych, wspieranie pomocy humanitarnej i sytuacji kryzysowych</p>
<p>Start S-2 A/B IV – VII 2015</p>		<p>Sentinel-2 (A/B) – dane wielospektralne MSI tworzenie map, obrazowanie roślinności, pokrywy gleb i wody, śródlądowych dróg wodnych i obszarów przybrzeżnych, obserwacje kłęsk żywiolowych oraz wsparcie w planowaniu i organizacji pomocy humanitarnej</p>
<p>Start S-3 A/B 2016 – 2018</p>		<p>Sentinel-3 (A/B) – spektrometry OLCI/SLSTR/SAR/MWR monitorowanie temperatury lądów i oceanów, kolor wód, wysokość powierzchni morza, grubości lodu.</p>
<p>Start S-4 A/B do 2023/2030</p>		<p>Sentinel-4 (A/B) – wielospektralny spektrometr UVN/Infra-Red Sounder (IRS) monitorowanie zanieczyszczenia powietrza, gazów śladowych i aerozoli w całej Europie, dwutlenku azotu (NO₂), ozonu (O₃), dwutlenku siarki (SO₂), formaldehydu (metanal, HCHO), gliksalu i aerozoli</p>
<p>Start S-5p: 2015</p>		<p>Sentinel-5p precursor/ Sentinel-5 (A) – spektrometr TROPOMI/UVNS (4 zakresy: UV, VIS, NIR i SWIR) monitorowanie zanieczyszczenia powietrza</p>
<p>Start S-6 A/B: 2020</p>		<p>Sentinel-6 (A/B): Jason-CS – wiele sensorów (POSEIDON-4/AMR-C/DORIS/GNSS-POD/LRA/GNSS-ROT) m.in. monitorowanie poziomu oceanów</p>

Źródło: ProGea 4D, 2020

Harmonogram rozmieszczenia konstelacji satelitów misji Sentinel



Copernicus 2.0 – Misje wysokiego priorytetu:

- CHIME – obserwacje hiperspektralne,
- CIMR – obserwacje mikrofalowe,
- CO2M – monitorowanie CO₂,
- CRISTAL – topografia obszarów polarnych,
- LSTM – monitorowanie temperatury lądu,
- ROSE-L – obserwacje radarowe (pasmo L).

Źródło: EO4SD, 2018

Data umieszczenia na orbicie:

Sentinel-1A – 3 kwietnia 2014 r.
Sentinel-1B – 25 kwietnia 2016 r.

Orbita:

heliosynchroniczna, wysokość 693 km

Instrumenty:

radar SAR działający w paśmie C

Rozdzielczość przestrzenna:

5 m, pas 80 km (Stripmap Mode)
5x20 m, pas 240 km (Interferometric Wide Mode, IW)
20x5 m (Wave Mode, WM)
pas 400 km (Extra Wide Swath Mode, EW)

Rozdzielczość czasowa:

12 dni (1 satelita)
2 – 6 dni (2 satelity)

Zastosowanie:

- zarządzanie kryzysowe (powodzie),
- plamy oleju na oceanach,
- deforestacja,
- rozpoznanie upraw,
- deformacje powierzchni z dużą dokładnością.



Serwis Monitorowania Obszarów Lądowych
(Copernicus Land Monitoring Service)



Serwis Monitorowania Środowiska Morskiego
(Copernicus Marine Environment Service)



Serwis Zarządzania Kryzysowego
(Copernicus Emergency Management Service)



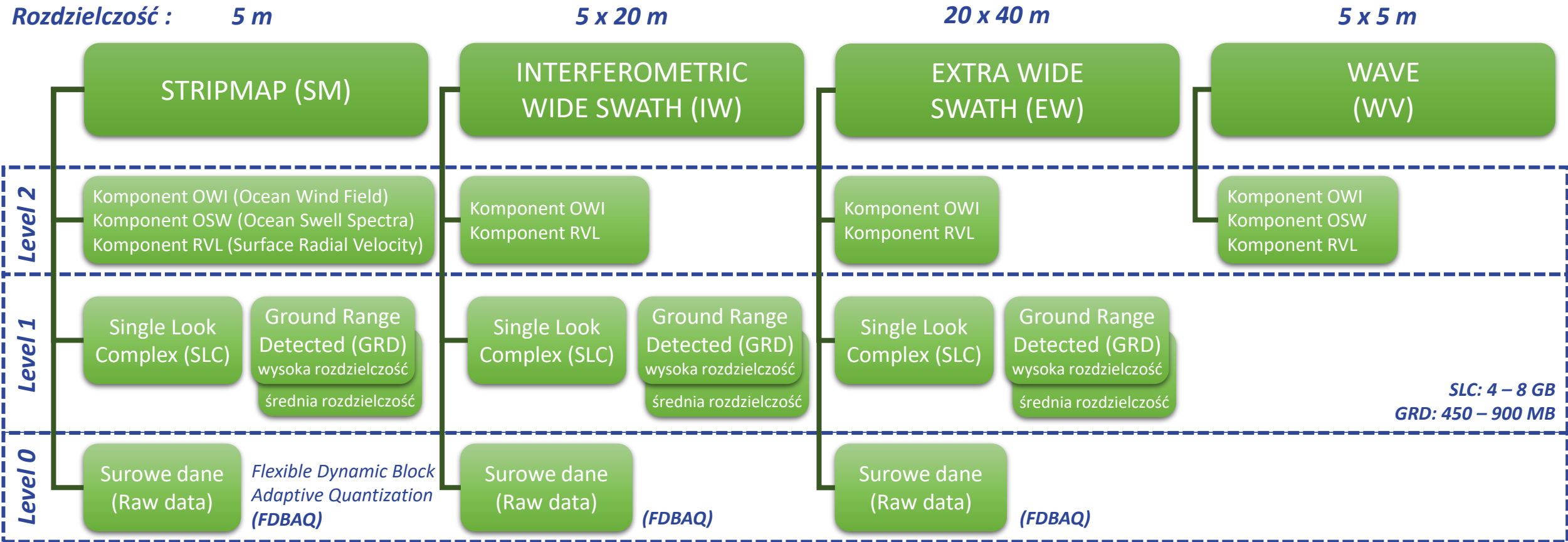
Serwis Monitorowania Zmian Klimatu
(Copernicus Climate Change Service)



Serwis Bezpieczeństwa
(Copernicus Security Service)

Źródło: ESA, 2019

Typy zobrażeń Sentinel-1 w zależności od trybu rejestracji.



Źródło: ProGea 4D, 2020

- Dane radarowe satelitów Sentinel-1 (A i B) nie są czułe na wpływ pokrywy chmur, aerozoli (dym) czy mgły.
- Są bardzo użyteczne w detekcji i delimitacji powierzchni zbiorników wodnych, stąd doskonale nadają się m. in. do monitorowania powodzi.

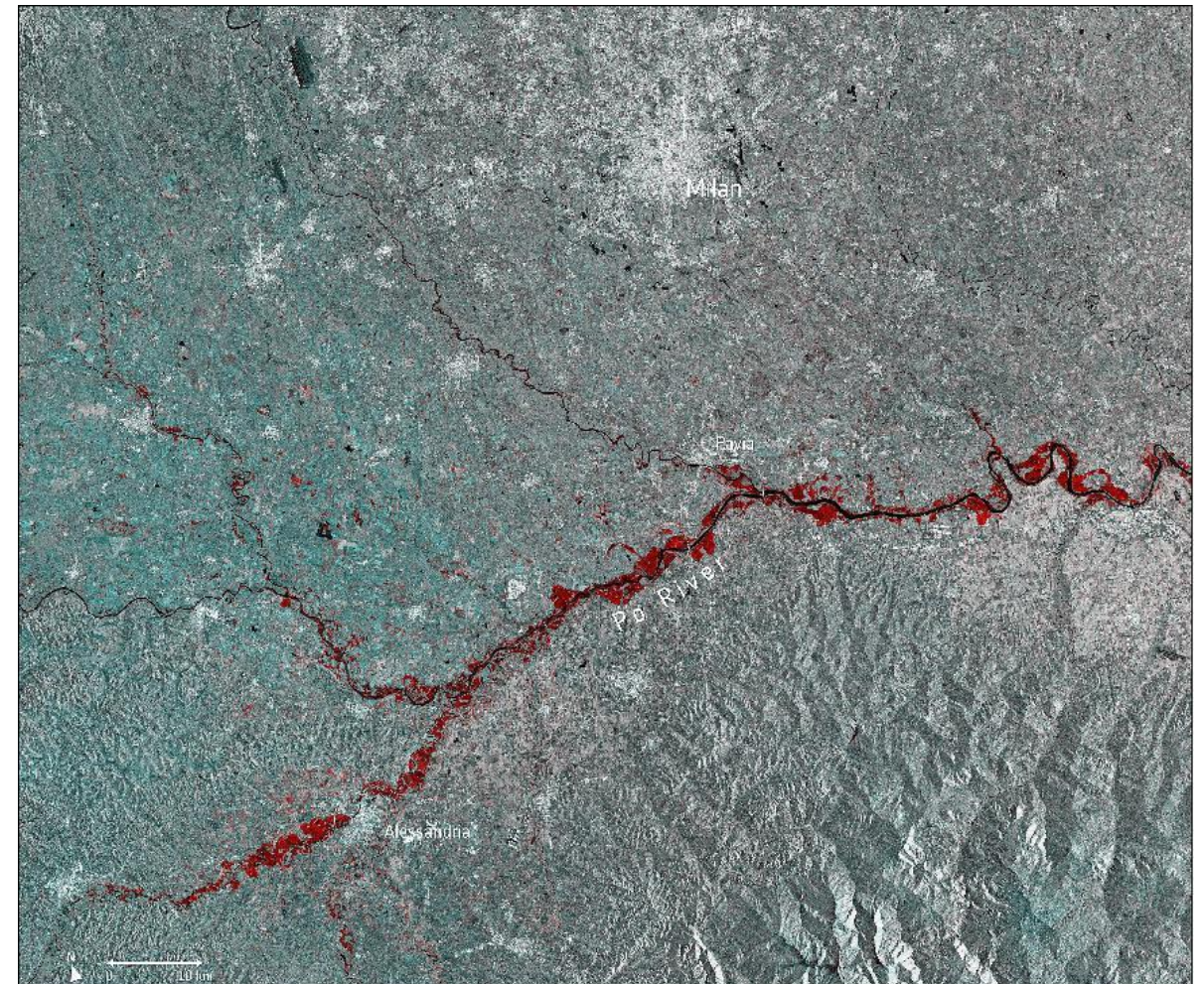


Źródło: ESA, 2020

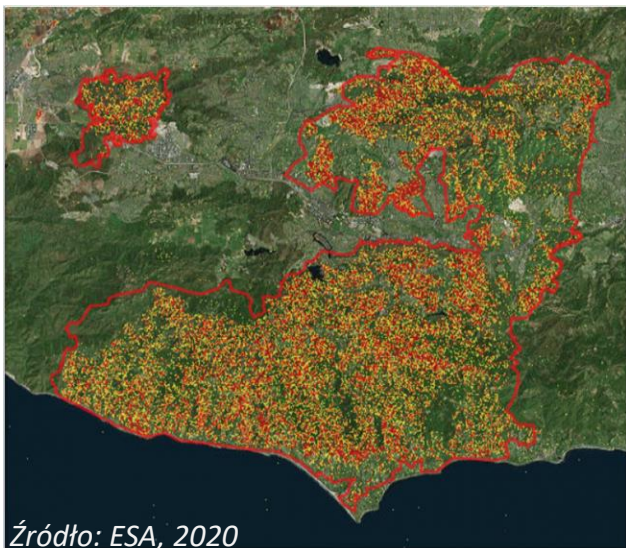
Obszary zalane
przez wody powodziowe



Mapa obszarów powodziowych
(Sentinel-1: 13.11.2019, 26.11.2019)

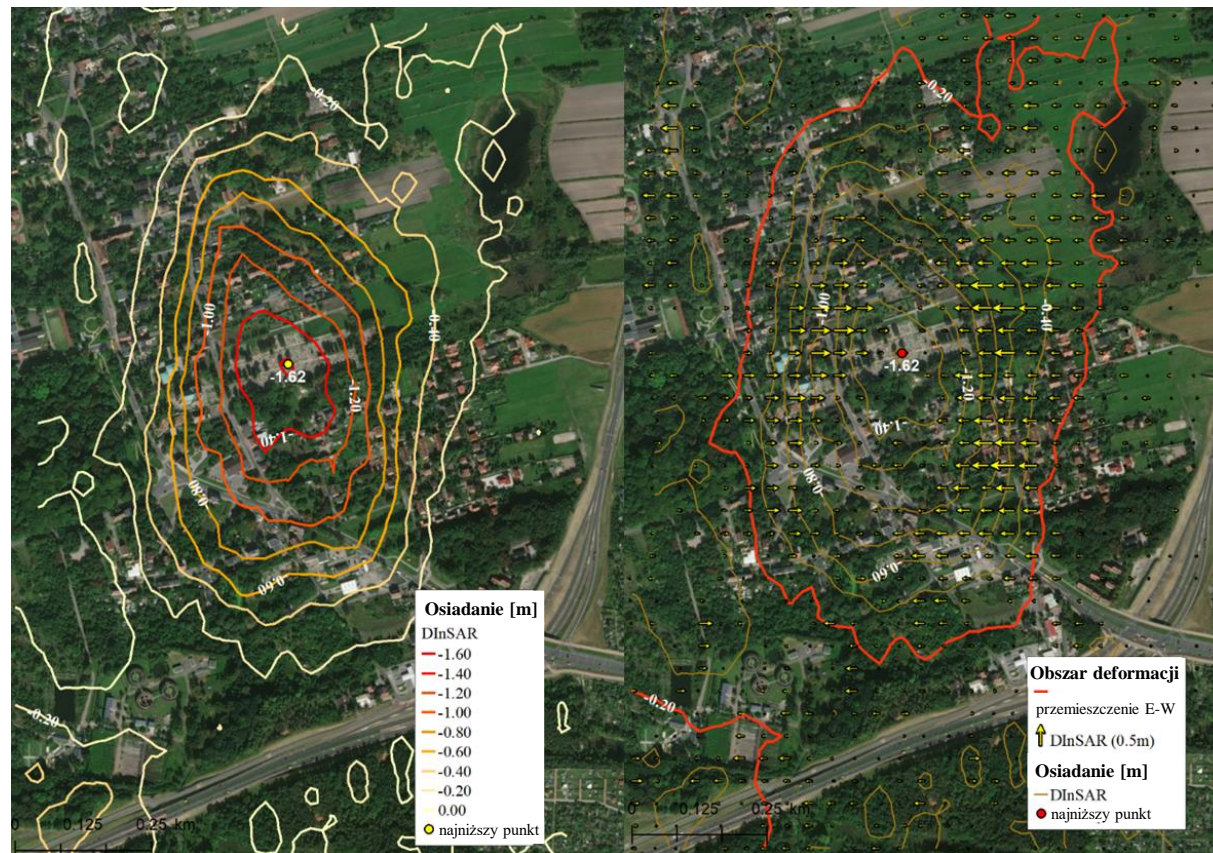


- Monitorowanie przemieszczeń gruntów związanych, m.in. z trzęsieniami Ziemi.
- Analizy wieloczasowe i pomiar przemieszczeń gruntu związane z osiadaniem gruntów na terenach eksploatacji górniczej.
- Detekcja pożarów lasów pomimo zadymienia i zachmurzenia.



Mapa pożarów w Woolsey w Kalifornii (USA). Sentinel-1 (ESA) 11.11.2018 roku (GSD 30m)

System monitorowania deformacji powierzchni Ziemi z wykorzystaniem radarowych obserwacji satelitarnych wspomaganych naziemnymi stacjami GNSS i reflektorami sygnałów satelitarnych



Deformacje pionowe (po lewej) oraz poziome w kierunku wschód-zachód z obrazów satelitarnych dla terenu miasta Bytom

Źródło: IGiG UP we Wrocławiu, 2021

- Data umieszczenia na orbicie:** Sentinel-2A – 23 czerwca 2015 r.
Sentinel-2B – 7 marca 2017 r.
- Orbita:** heliosynchroniczna, wysokość 799 km
- Instrumenty:** wielospektralny (ang. MultiSpectral Instrument, MSI)
- Rozdzielczość przestrzenna:** GSD: 10 m / 20 m / 60 m
- Rozdzielczość spektralna:** 13 kanałów spektralnych (VI/Red Edge/NIR/SWIR)
- Rozdzielczość czasowa:** 10 dni (1 satelita) / 5 dni (2 satelity)
- Zastosowanie:**
- monitorowanie roślinności, produkcji rolniczej,
 - monitorowanie powierzchni lasów,
 - monitorowanie zmian w użytkowaniu terenu, planowanie przestrzenne,
 - ocena wpływu zmian klimatu na roślinność,
 - opracowanie map dla sektora zarządzania kryzysowego.



Serwis Monitorowania Obszarów Lądowych
(Copernicus Land Monitoring Service)



Serwis Zarządzania Kryzysowego
(Copernicus Emergency Management Service)



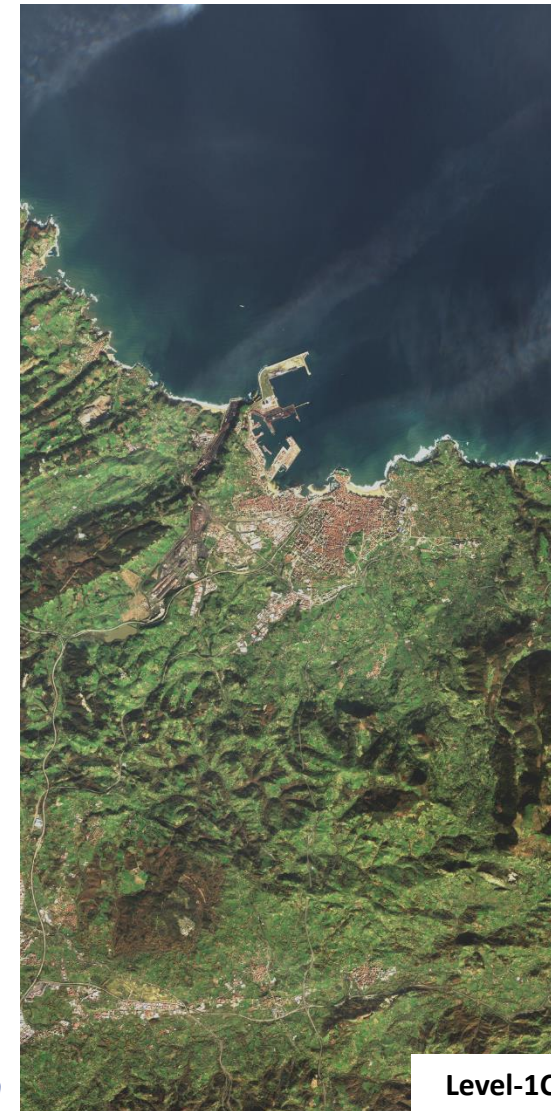
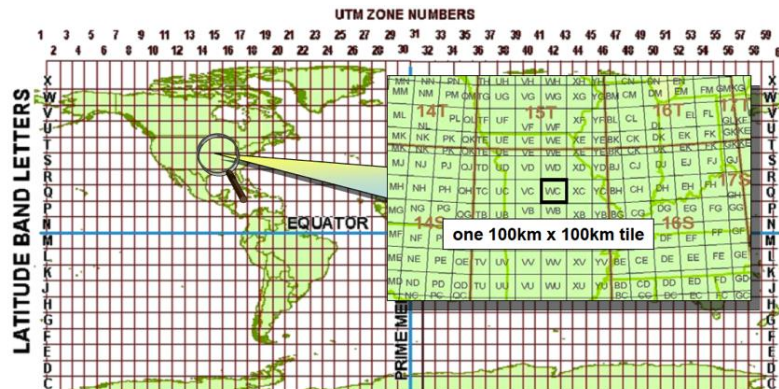
Serwis Monitorowania Zmian Klimatu
(Copernicus Climate Change Service)



Serwis Bezpieczeństwa
(Copernicus Security Service)

Źródło: ESA, 2019

Nazwa	Opis poziomu przetworzenia	GSD	Objętość danych (zasięg sceny)
Level-1C	Odbicie górnej granicy atmosfery (Top-of-atmosphere reflectances, TOA) Korekcja geometryczna (UTM/WGS84)	10 m / 20 m / 60 m	600 MB (100 x 100 km)
Level-2A	Odbicie od powierzchni Ziemi (Bottom-of-atmosphere reflectance, BOA) Korekcja geometryczna (UTM/WGS84), Korekcja atmosferyczna	10 m / 20 m / 60 m	800 MB (100 x 100 km)



Level-1C



Level-2A

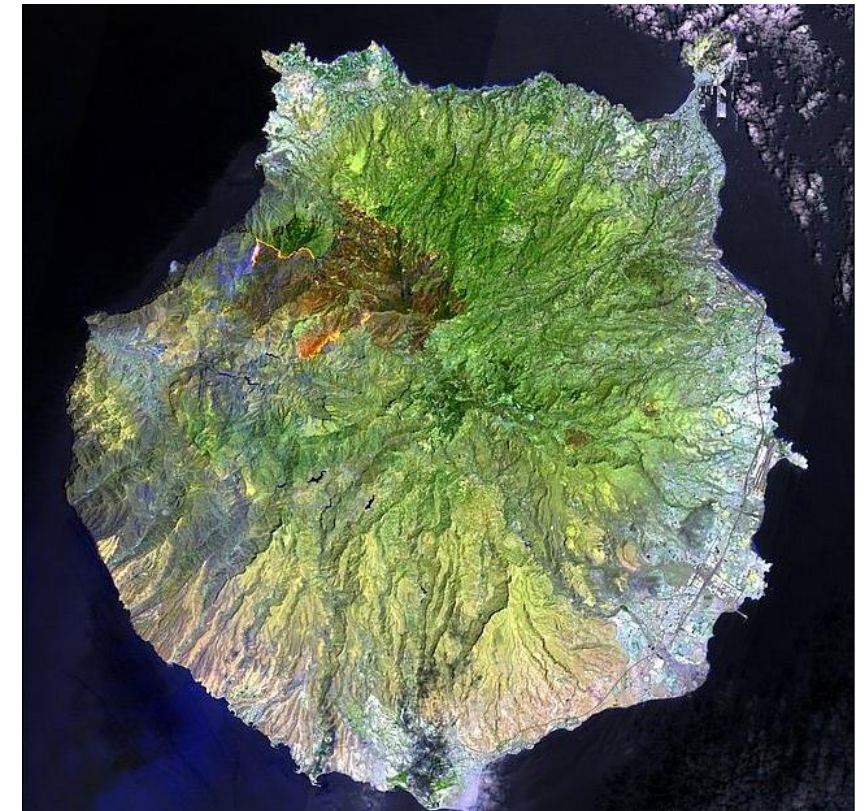
Źródło: ESA, 2019

Serwis Zarządzania Kryzysowego do monitorowania przebiegu i skutków zjawisk, np. pożarów lasów.

Aktywny pożar lasów w Szwecji (Sentinel-2 16.07.2018 ESA)



Aktywny pożar i obszar pogorzeliska – Grand Canaria (Sentinel-2: 21.08.2019)



Źródło: ESA, 2019

Wybrane zastosowania danych satelitarnych i serwisów Copernicus w sektorze rolniczym:

- monitorowanie upraw na skalę regionalną i globalną,
- predykcja plonów,
- detekcja wybranych gatunków upraw (np. kukurydza),
- klasyfikacja upraw rolniczych,
- szacowania potencjału biomasy na cele paszowe lub energetyczne,
- ocena bezpieczeństwa żywnościowego regionów i państw,
- wsparcie zrównoważonych praktyk rolniczych (np. szacunkowe zapotrzebowanie na wodę),
- kontrola przestrzegania prawa/obowiązków przez rolników pod kątem zachowania m.in. dobrej kultury rolnej zgodnie z ochroną środowiska (warunek dopłat bezpośrednich).

Inne zastosowania:

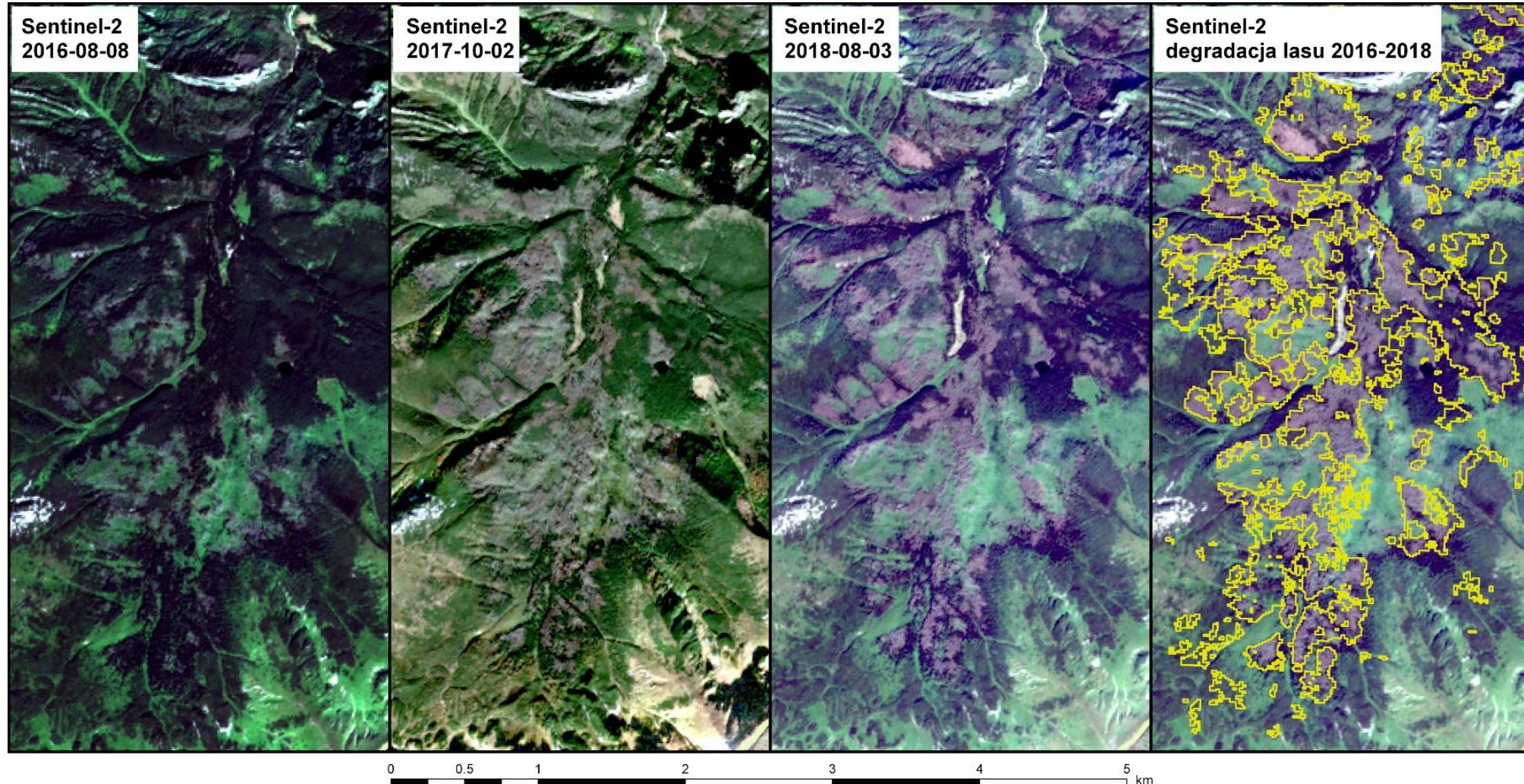
- sektor finansowy (kredyty),
- sektor ubezpieczycieli,
- grupy inwestorów (np. zakłady biopaliw) i in.

Mapa uprawy kukurydzy



Źródło: Instytut Geodezji i Kartografii (IGiK), 2018

Przemiana lasów w Tatrach w okresie 2016-2018



Wieloczasowa analiza dynamiki przemian lasów w Tatrach wywołanej złożonymi czynnikami biotycznymi (kornik drukarz) oraz abiotycznymi (wiatry).

Obszary degradacji lasów



Data umieszczenia na orbicie:	Sentinel 3A – 16 lutego 2016 r. Sentinel 3B – 25 kwietnia 2018 r.
Orbita:	heliosynchroniczna, wysokość 814 km
Instrumenty:	OLCI (Ocean and Land Colour Instrument) SLSTR (Sea and Land Surface Temperature Radiometer) SRAL (Synthetic Aperture Radar Altimeter) MWR (MicroWave Radiometer)
Rozdzielczość przestrzenna / Rozdzielczość spektralna:	GSD: 300 m – 1,2 km (OLCI) / 21 kanałów (VIS/SWIR) GSD: 500 m (SLSTR) / 9 kanałów (VIS/NIR/SWIR) GSD: ~300 m (Synergy) / 26 kanałów 300 m (SAR along-track), 1,64 km (SAR across-track)
Rozdzielczość czasowa:	4 dni
Zastosowanie:	<ul style="list-style-type: none"> • badanie koloru wody (monitorowanie zanieczyszczenia, fitoplanktonu), • temperatury, • wysokości fal, • prądów morskich, • topografii pokrywy lodowej, • zmiany pokrycia terenu na obszarach globalnych.



Serwis Monitorowania Obszarów Lądowych
(Copernicus Land Monitoring Service)



Serwis Monitorowania Środowiska Morskiego
(Copernicus Marine Environment Service)



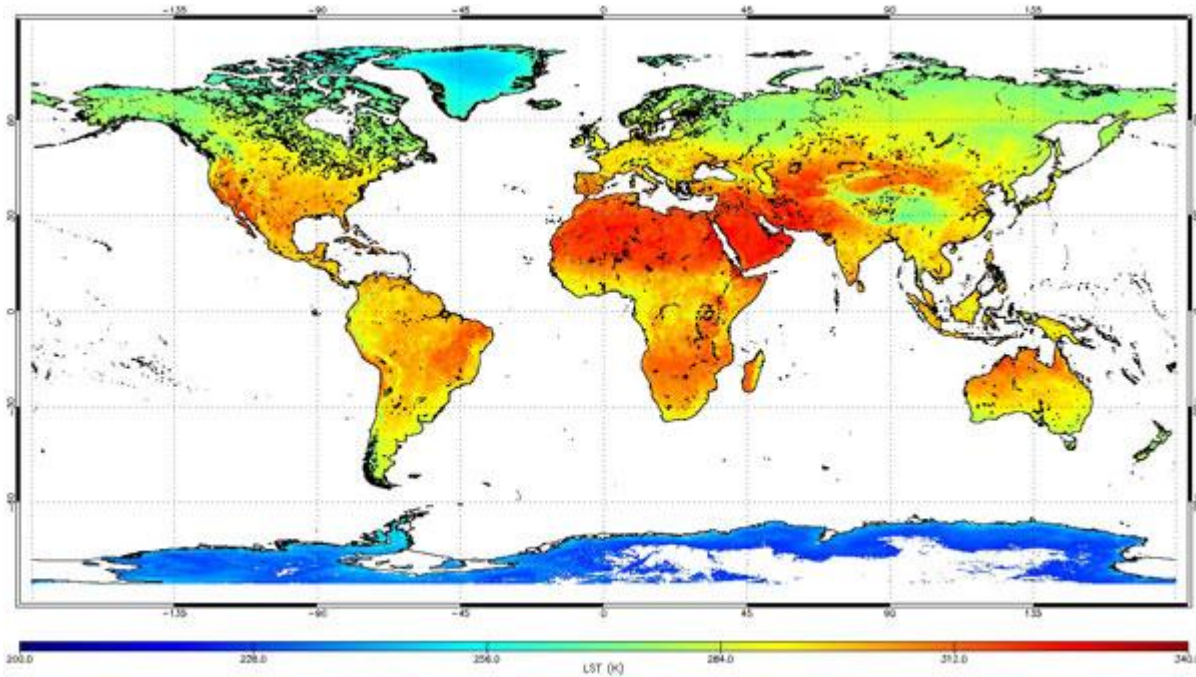
Serwis Monitorowania Zmian Klimatu
(Copernicus Climate Change Service)

Źródło: ESA, 2019

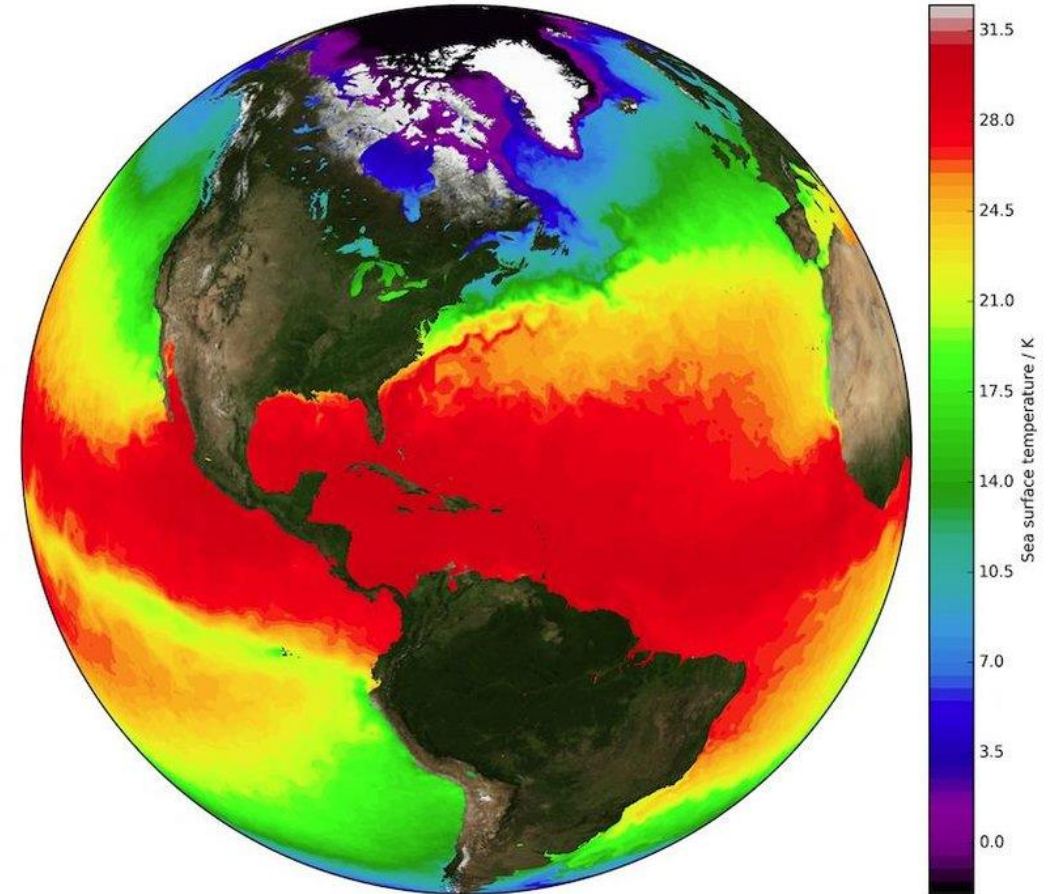
Nazwa	Instrument OLCI	Nazwa	Instrument SLSTR	Nazwa	Instrument Synergy	Nazwa	Instrument Altimetry
Level-1B	Odbicie górnej granicy atmosfery (Top-of-atmosphere reflectances, TOA) Korekcja geometryczna (UTM/WGS84)	Level-1B	Odbicie górnej granicy atmosfery (TOA) Korekcja geometryczna (UTM/WGS84)	SY_1_MISR	Nie dystrybuowany	Level-1A	Zgeolokaizowane i skalibrowane echo
						Level-1B	Zgeolokaizowane i w pełni skalibrowane echo w wysokiej rozdzielczości
						Level-1B-S	W pełni przetworzony SAR i skalibrowane echo w pełnej rozdzielczości
Level-2 Land	Dane geofizyczne dot. lądu obliczone dla pełnej i zmniejszonej rozdzielczości	Level-2 LST	Temperatura powierzchni lądu (ang. land surface temperature)	SY_2_SYN	Współczynniki odbicia powierzchni dla wszystkich kanałów SYN i parametrów aerozoli nad lądem	SR_2_WA	Produkty dot. wód opracowane przez Centrum Morskie ESA
Level-2 Water	Dane geofizyczne dot. mórz i oceanów obliczone dla pełnej i zmniejszonej rozdzielczości	Level-2 WST	Temperatura powierzchni mórz i oceanów (ang. sea surface temperature)	SY_2_VGK	Nie dystrybuowany	SR_2_LAN	Produkty dot. wód opracowane przez Centrum Morskie ESA
		Level-2 FRP	Moc promieniowania pożarów (ang. fire radiative power)	SY_2_VGP	Produkty ciągłości SPOT zapewniające odbicia TOA		
		Level-2 AOD	Głębina optyczna aerosoli (ang. aerosol optical depth)	SY_2_VG1	Produkty ciągłości SPOT zapewniające maksymalną wartość NDVI w ciągu 1 dnia		
				SY_2_V10	Produkty ciągłości SPOT zapewniające maksymalną wartość NDVI w ciągu 10 dni		

Źródło: ESA, 2020

Mapa temperatury wszechoceanu opracowana na podstawie danych zarejestrowanych przez instrument Sea and Land Surface Temperature Radiometer (SLSTR).

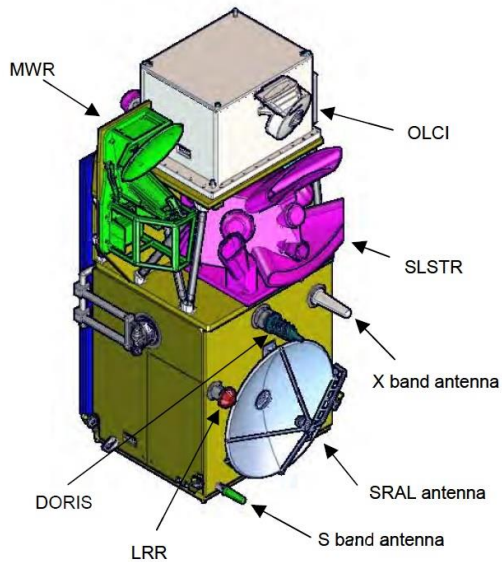


Mapa temperatury lądów na podstawie danych zarejestrowanych przez instrument Sea and Land Surface Temperature Radiometer (SLSTR).

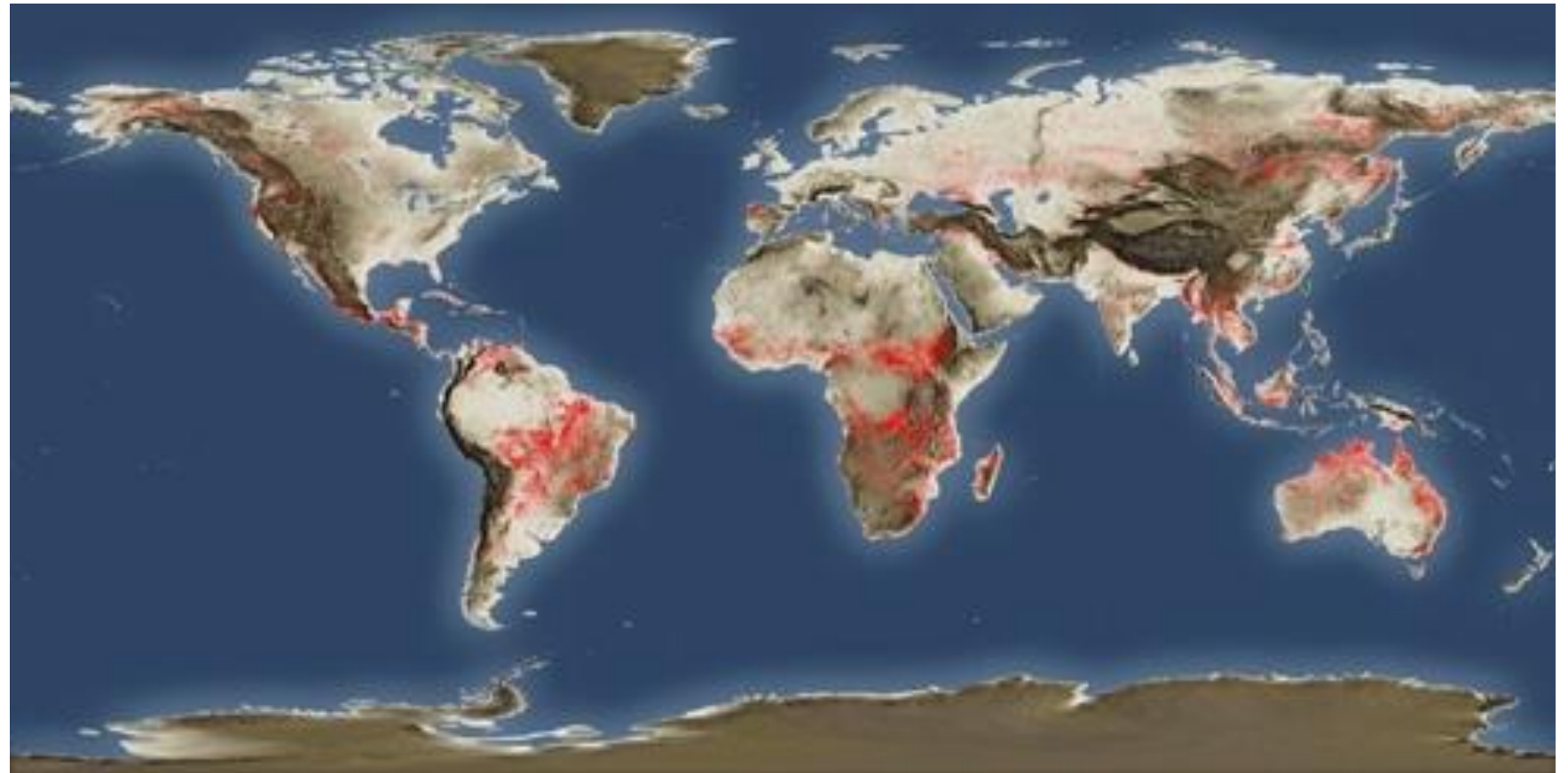


Źródło: ESA-ESRIN, 2020

Przykład mapy podwyższonej temperatury, tzw. hotspots, stanowiących obszary aktywnych pożarów i obszary o podwyższonym ryzyku pożarowym, opracowanej na podstawie danych zarejestrowanych przez instrument Sea and Land Surface Temperature Radiometer (SLSTR).



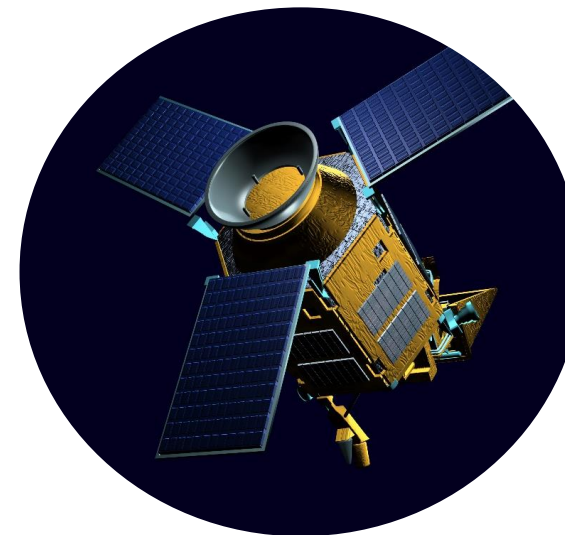
Instrumenty Sentinel-3 ESA



Aktywny pożar

Źródło: ESA, 2019

Data umieszczenia na orbicie:	13 października 2017 r.
Orbita:	heliosynchroniczna, wysokość 824 km
Instrumenty:	Tropomi (TROPOspheric Monitoring Instrument)
Rozdzielczość przestrzenna:	5,5 km
Rozdzielczość spektralna:	7 kanałów (UV/VIS/NIR/SWIR)
Rozdzielczość czasowa:	1 dzień
Zastosowanie:	<ul style="list-style-type: none">• stężenie aerozoli oraz gazów: dwutlenek azotu, ozon, formaldehyd, dwutlenek siarki, metan, czad,• informacje dostarczane codziennie,• prognozy zanieczyszczenia powietrza.



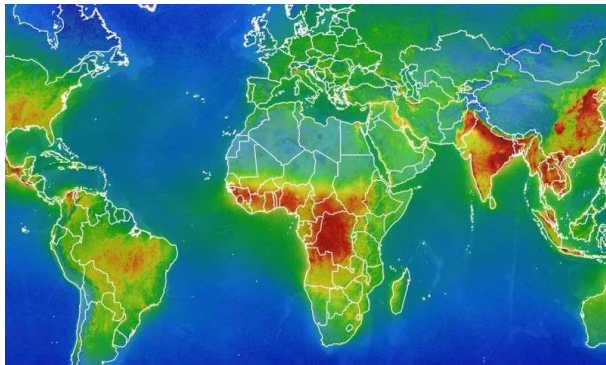
Serwis Monitorowania Stanu Atmosfery
(Copernicus Atmosphere Monitoring Service)



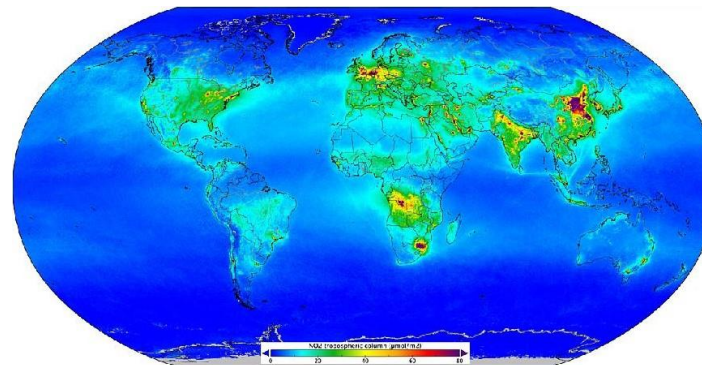
Serwis Monitorowania Zmian Klimatu
(Copernicus Climate Change Service)

Źródło: ESA, 2019

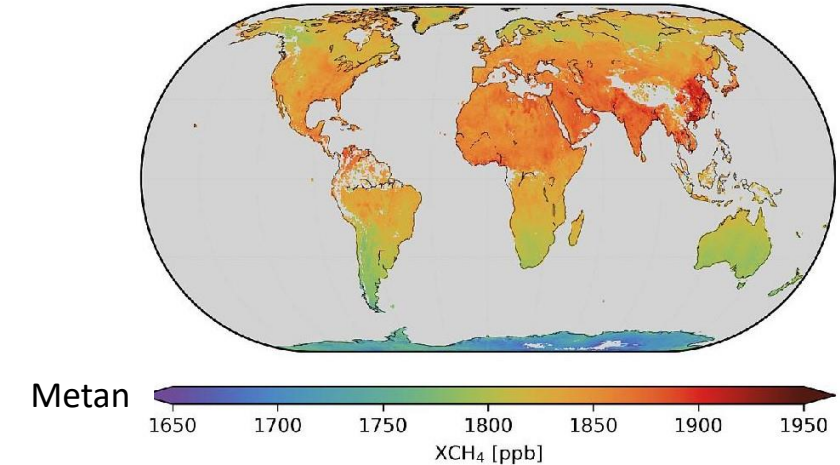
Poziom	Opis poziomu przetworzenia	Opis produktu
Level-1B	Odbicie górnej granicy atmosfery (Top-of-atmosphere reflectances, TOA) Korekcja radiometryczna i geometryczna	Wartości radiometryczne (radiancja) w zakresie promieniowania UV, światła widzialnego oraz bliskiego ultrafioletu (UVIS), podczerwieni (NIR) i krótkiej podczerwieni (SWIR) oraz irradiancja w zakresie promieniowania UVN i krótkiej podczerwieni (SWIR)
Level-2	Korekcja geometryczna	Georeferencyjne dane atmosferyczne: kolumny ozonowe, dwutlenek siarki, dwutlenek azotu, tlenek węgla, formaldehyd i metan Georeferencyjne: kolumny troposferyczne ozonowe, profile pionowe ozonu, informacje o chmurach i aerozolach (np. wskaźnik pochłaniania aerozolu i wysokość warstwy aerozolu)



Formaldehyd



Dwutlenek azotu

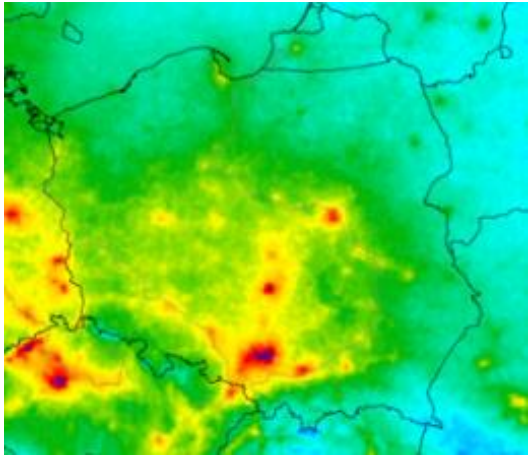


Metan

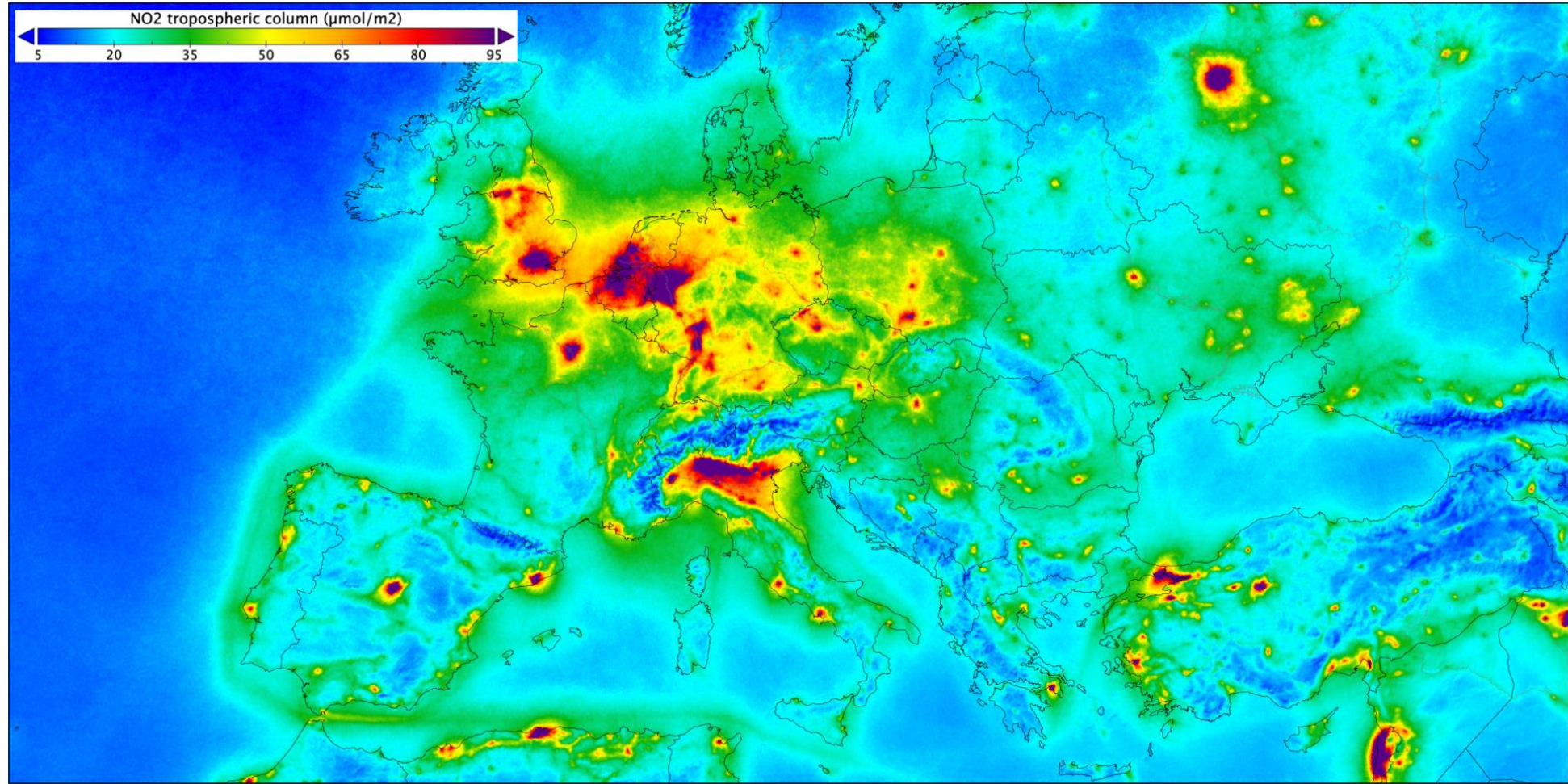
XCH₄ [ppb]

Źródło: ESA, 2020

Mapa stężenia NO₂ w Europie w okresie marzec 2018- kwiecień 2019 (ESA)

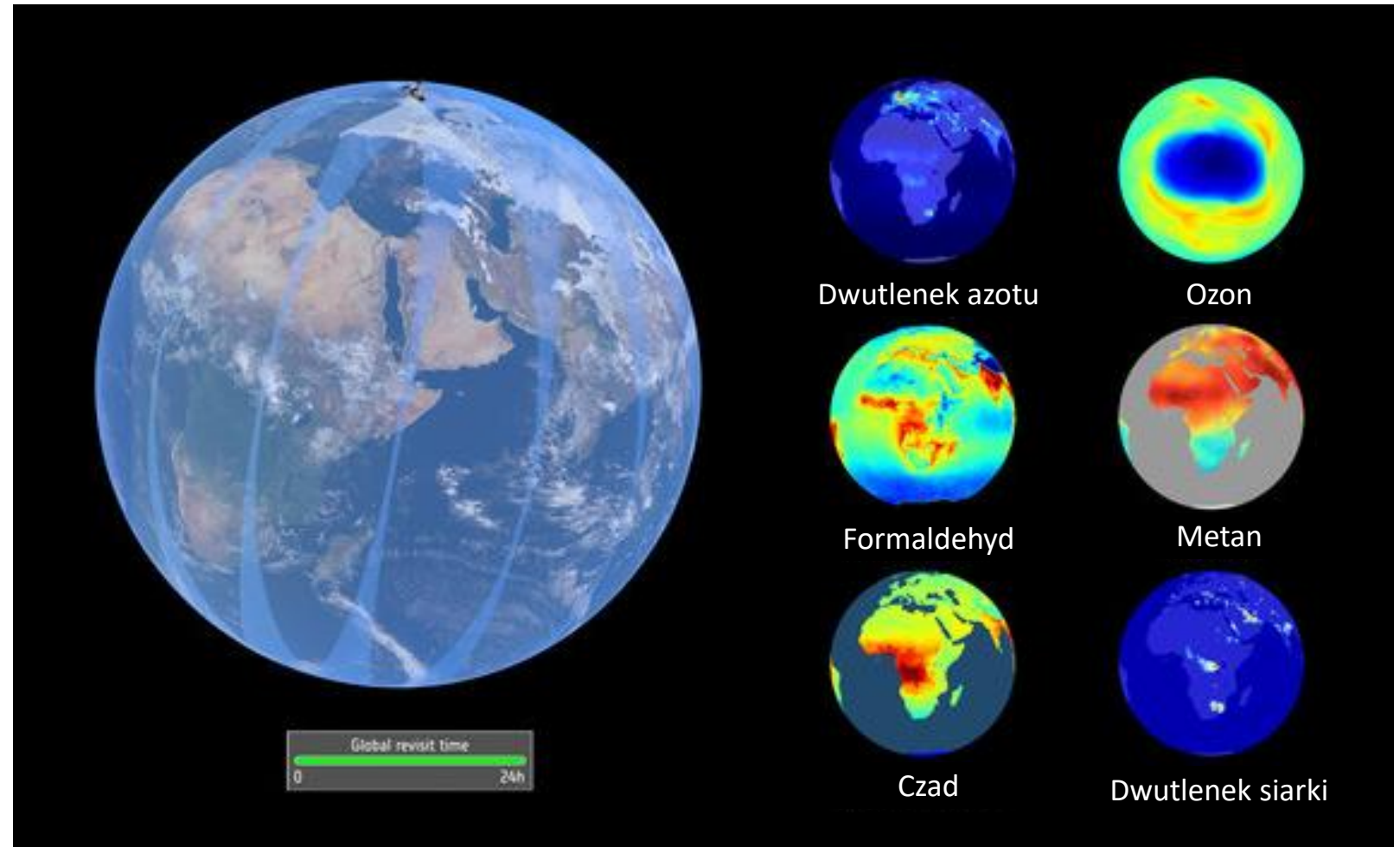


Największe stężenia:
Aglomeracja górnośląska,
Kraków + Tarnów,
Bełchatów, Warszawa



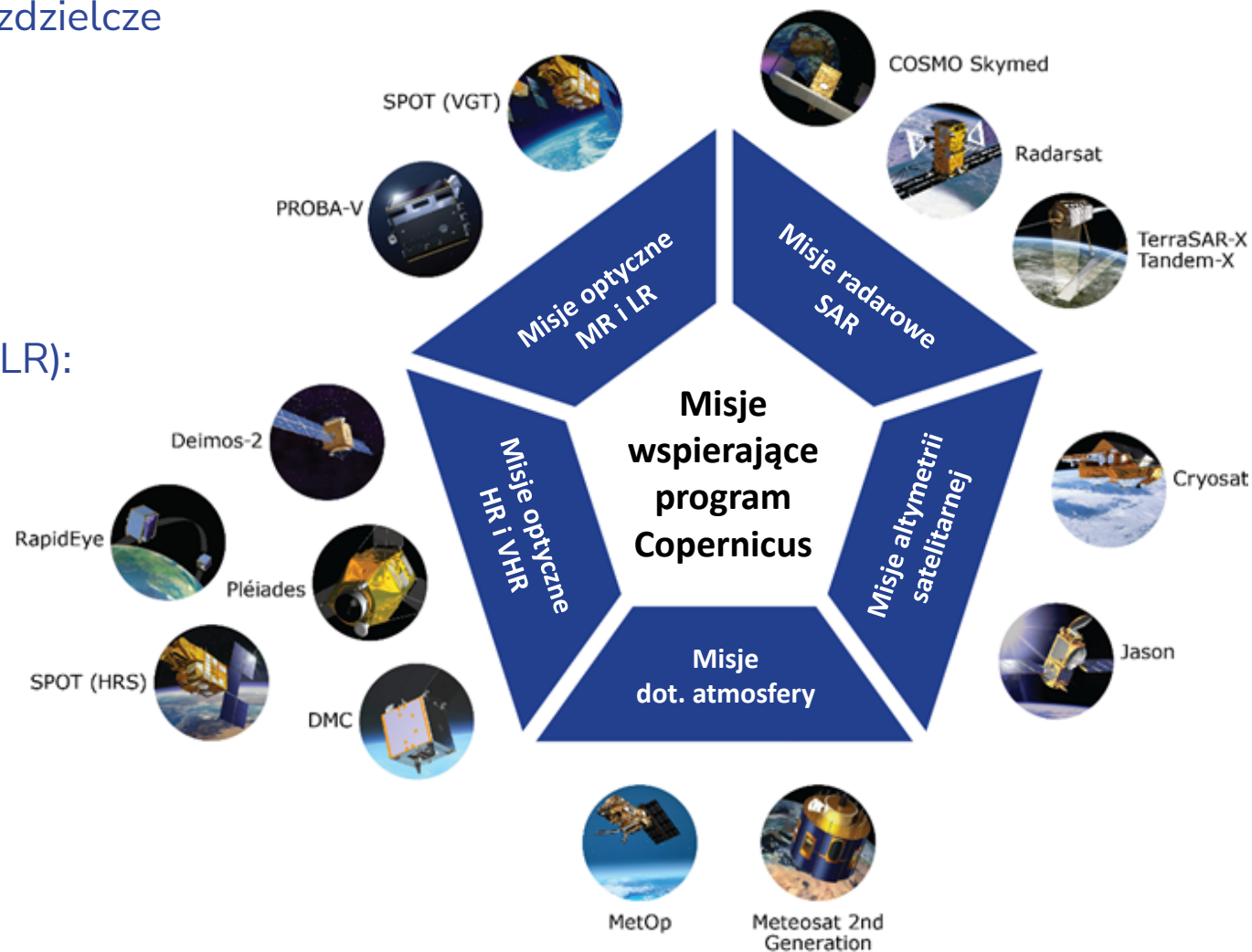
Przykłady obrazów zarejestrowanych przez Satelitę Sentinel-5p – Precursor, mające na celu monitorowanie odpowiednio:

- stężenia dwutlenku azotu,
- warstwy ozonowej,
- formaldehydu,
- metanu,
- czadu,
- dwutlenku siarki.



Źródło: ESA, 2019

- Dane optyczne wysoko- (HR) i bardzo wysokorozdzielcze (VHR):
 - Deimos 2,
 - RapidEye,
 - Pleiades,
 - SPOT,
 - DMC.
- Dane optyczne średnio- (MR) i niskorozdzielcze (LR):
 - SPOT VGT,
 - PROBA-V.
- Dane radarowe:
 - COSMO Skymed,
 - Radarsat,
 - TerraSAR-X,
 - ICEYE.
- Misje altymetrii satelitarnej:
 - Cryosat,
 - Jason.
- Misje dostarczające danych o atmosferze:
 - MetOp,
 - Meteosat.



Źródło: ESA, 2019

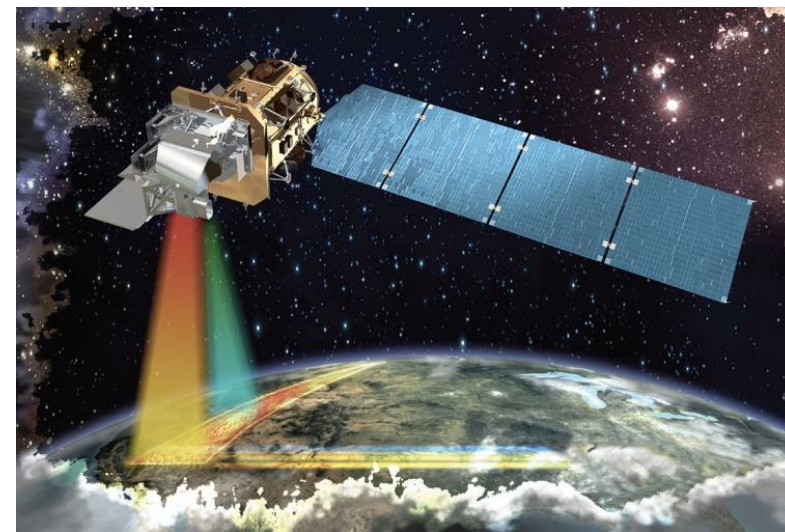
Historia satelitów Landsat NASA

Satelita	Data wystrzelenia	Data zakończenia pracy	GSD	Rozdzielczość czasowa	Uwagi
Landsat 1	23.07.1972	06.07.1978	RBV: 80 m MSS: 60 m	18 dni	Instrument Return Beam Vidicon (RBV) Skaner wielospektralny (MSS)
Landsat 2	21.01.1975	25.02.1982	RBV: 80 m MSS: 60 m	16 dni	Instrument Return Beam Vidicon (RBV) Skaner wielospektralny (MSS)
Landsat 3	05.03.1978	21.03.1983	RBV: 40 m (PAN) MSS: 80 m (MS)	16 dni	Instrument Return Beam Vidicon (RBV) Skaner wielospektralny (MSS) + krótkotrwałe pasmo termiczne (short-lived thermal)
Landsat 4	16.07.1982	14.12.1993	MSS: 80 m (MS) TM: 30 m (MS), 120 m (IR)	16 dni	Skaner wielospektralny (MSS) + Thematic Mapper (TM); w 1993 przestał zbierać dane naukowe, został wycofany ze służby dopiero w 2001 roku
Landsat 5	01.03.1984	2013	MSS: 80 m (MS) TM: 30 m (MS), 120 m (IR)	16 dni	Skaner wielospektralny (MSS) + Thematic Mapper (TM); najdłuższa misja satelitarna EO
Landsat 6	06.10.1993	-	ETM: 15 m (PAN), 30 m (MS), 120 m (IR)		Nigdy nie osiągnął orbity docelowej
Landsat 7	15.04.1999	funkcjonuje	ETM+: 15 m (PAN), 30 m (MS), 60 m (IR)	16 dni	Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+); w maju 2003 awarii uległ jeden z elementów instrumentu ETM+; obraz posiada braki danych
Landsat 8 LDCM	11.02.2013	funkcjonuje	OLI: 15 m (PAN), 30 m (MS, IR) TIRS: 100 m	16 dni	Skaner wielospektralny Operational Land Imager (OLI) Sensor termalny Thermal InfraRed Sensor (TIRS)
Landsat 9	27.09.2021	faza przedoperacyjna	OLI-2: 15 m (PAN), 30 m (MS, IR) TIRS-2: 100 m	16 dni	Skaner wielospektralny Operational Land Imager (OLI) i sensor termalny Thermal InfraRed Sensor (TIRS); 31.10.2021 pozyskano pierwsze obrazy; rozpoczęcie działania operacyjnego przewidziane jest na początek 2022 roku.



Źródło: NASA, 2021

Data umieszczenia na orbicie:	Landsat 8 LDCM (Landsat Data Continuity Mission) – 11 lutego 2013 r.
Orbita:	okołobiegunowa, heliosynchroniczna, wysokość 705 km
Instrumenty:	OLI (Operational Land Imager) + TIRS (Thermal InfraRed Sensor)
Rozdzielczość przestrzenna:	15 m (PAN) / 30 m (MSI) / 100 m (TIRS)
Rozdzielczość spektralna:	1 kanał PAN + 8 kanałów (VIS/NIR/SWIR) + 2 kanały (TIRS)
Rozdzielczość czasowa i radiometryczna:	16 dni / 12 bit
Zastosowanie:	<ul style="list-style-type: none">• rolnictwo, leśnictwo,• zarządzanie regionalne,• kartografia,• geologia,• bezpieczeństwo narodowe i w wiele innych.



Narodowa Agencja Aeronautyki i Przestrzeni Kosmicznej (National Aeronautics and Space Administration, NASA)



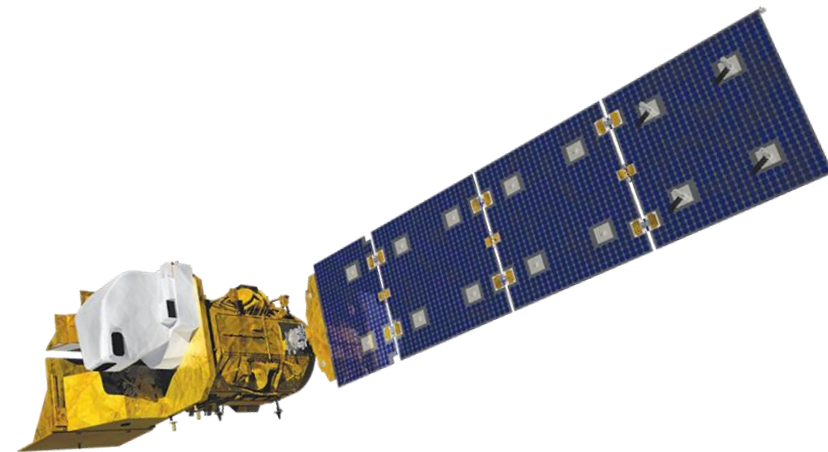
Amerykańska agencja naukowo-badawcza United States Geological Survey (USGS)

Źródło: NASA, 2020

Poziom	Nazwa		Opis produktu	GSD	Zasięg sceny	Objętość danych
1	Level-1	Landsat 8 OLI/TIRS Collection 1	Tier-1 (TP) – najwyższej jakości dane odpowiednie do analizy szeregów czasowych (korekcja radiometryczna i geometryczna) Tier-2 (T2) – sceny niespełniające kryteriów poziomu T1. Real-Time (RT) – nowo pozyskane sceny Landsat 8, wstępnie skalibrowane.	15/30/100 m	185 x 185 km	1.8 GB
2	Level-2	Surface Reflectance Level-2 Data Products	Współczynnik odbicia powierzchni (SR) (bez kanałów termalnych i panchromatycznego)	30 m	185 x 185 km	1.8 GB
3	ARD	Landsat Analysis Ready Data Level-2 Data Product	Współczynnik odbicia w górnej części atmosfery (TOA), temperatura górnej części atmosfery (BT), współczynnik odbicia powierzchni (SR), tymczasowa temperatura powierzchni (ST) oraz dane dotyczące oceny jakości (QA)	30 m	5 km x 5 km	650 MB
	DSWE	Landsat Level-3 Dynamic Surface Water Extent	Występowanie i stan wód powierzchniowych oraz wszystkich kanały pośrednie użyte do stworzenia tego produktu	30 m	150 km x 150 km	25 MB
	fSCA	Landsat Level-3 Fractional Snow Covered Area Science Product	Mapa pokrywy śnieżnej, maska chmur	30 m	150 km x 150 km	10 MB
	BA	Landsat Level-3 Burned Area	Mapa klasyfikacji pożarów	30 m	150 km x 150 km	5 MB

Źródło: NASA, 2020

Data umieszczenia na orbicie:	Landsat 9 27.09.2021 r. rakieta Alinace Atlas V
Orbita:	okołobiegunowa, heliosynchroniczna, wysokość 705 km
Instrumenty:	OLI-2 (Operational Land Imager) + TIRS-2 (Thermal InfraRed Sensor)
Rozdzielczość przestrzenna:	15 m (PAN) / 30 m (MSI) / 100 m (TIRS)
Rozdzielczość spektralna:	1 kanał PAN + 8 kanałów (VIS/NIR/SWIR) + 2 kanały (TIRS)
Rozdzielczość czasowa:	16 dni
Rozdzielczość radiometryczna	14 bit

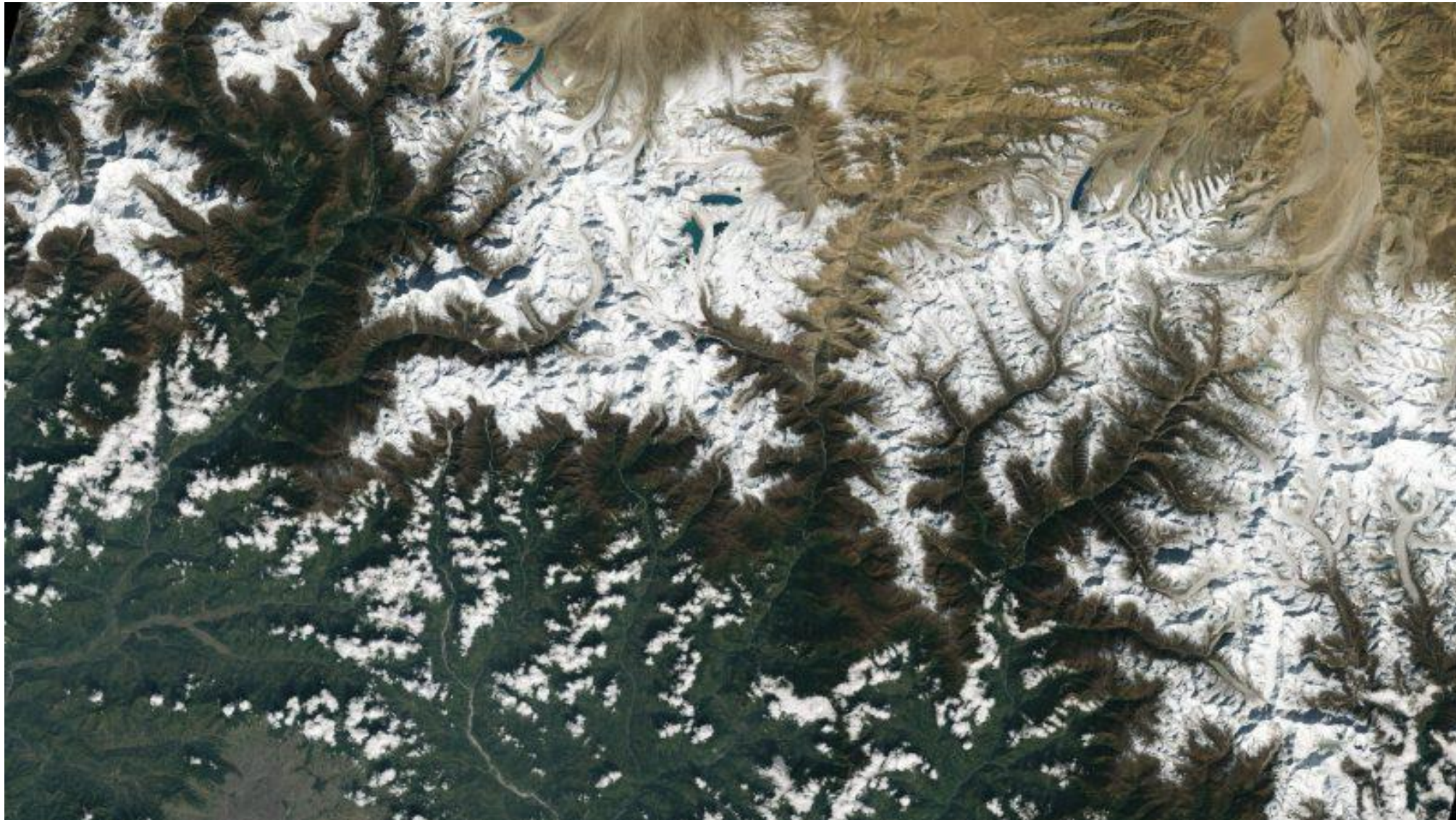


Narodowa Agencja Aeronautyki i Przestrzeni Kosmicznej (National Aeronautics and Space Administration, NASA)



Amerykańska agencja naukowo-badawcza
United States Geological Survey (USGS)

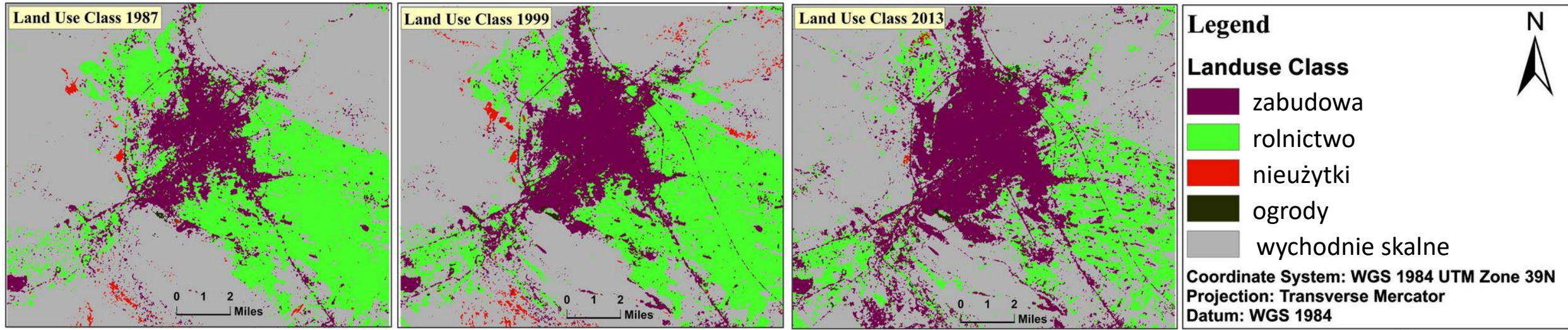
Źródło: NASA, 2020



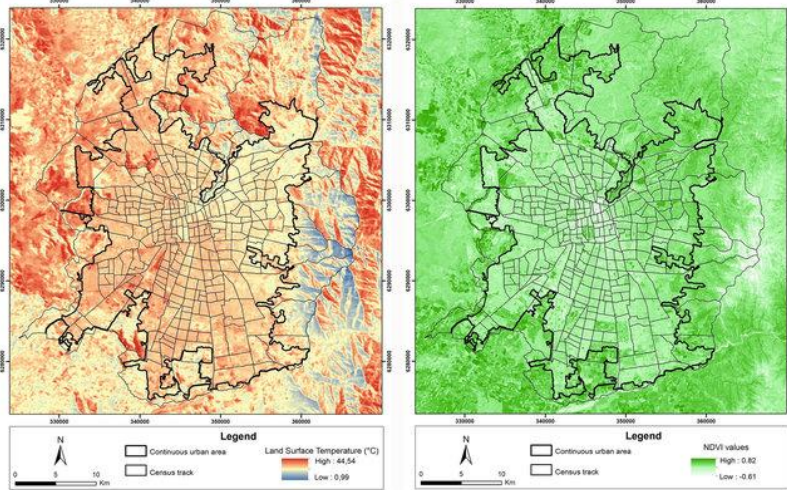
Źródło: NASA, 2021

Miejska wyspa ciepła.

Rozwój miasta Qum w Iranie w latach 1987-2013

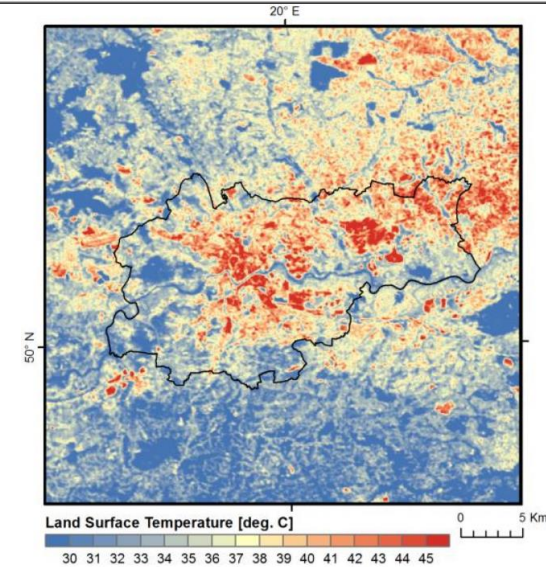


Źródło: Mosamman M. i in. 2017

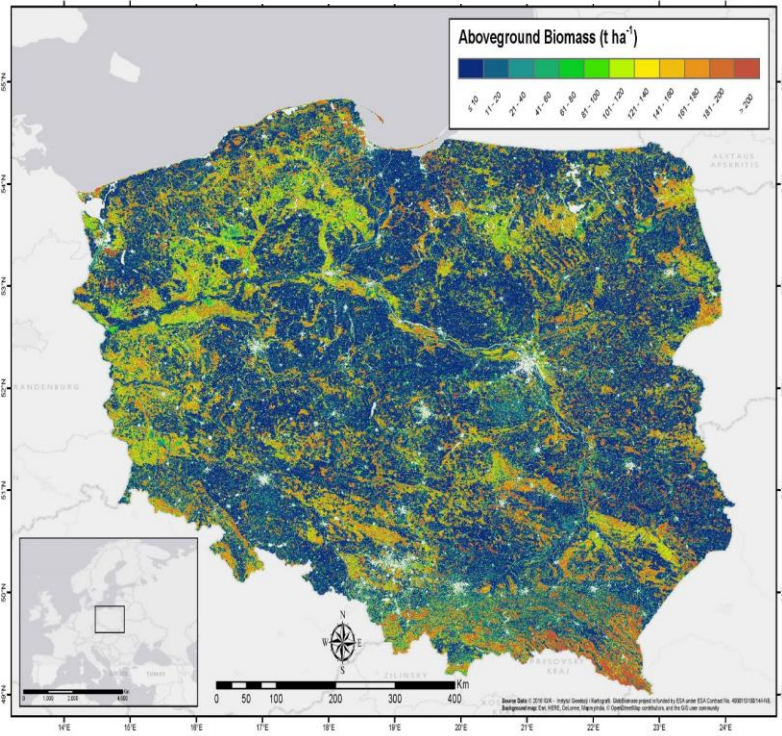


Mapa temperatury powierzchni i NDVI obszaru Santiago (Źródło: Inostroza i in., 2016)

Mapa temperatury powierzchni terenu – Kraków. Landsat TM: 22.07.2007, ~9 UTC (Źródło: Hajto M., 2019)

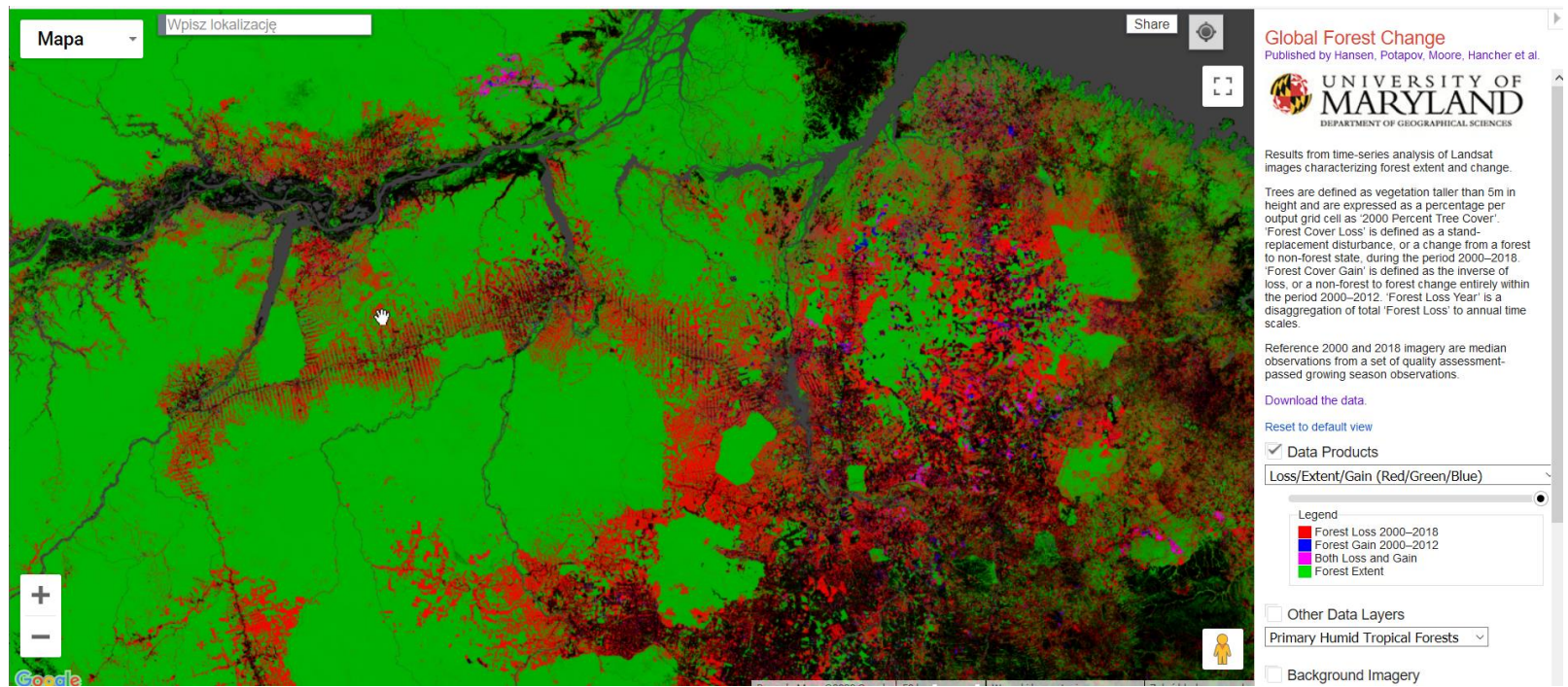


Mapa przestrzennego rozkładu biomasy leśnej (2010)



Źródło: IGIK, 2010

Zmiany w obszarach leśnych (kolor czerwony – wylesienia) w obszarze Amazonii (2000-2018)



Źródło: University of Maryland, 2018

Data umieszczenia na orbicie:

MetOp-A – 17 lipca 2006 r.
MetOp-B – 17 września 2012 r.
MetOp-C – 7 listopada 2018 r.

Orbita:

okołobiegunowa, wysokość 820 km

Instrumenty:

AVHRR/3 (Advanced Very High Resolution Radiometer)
i inne

Rozdzielczość przestrzenna:

1 100 m

Rozdzielczość spektralna:

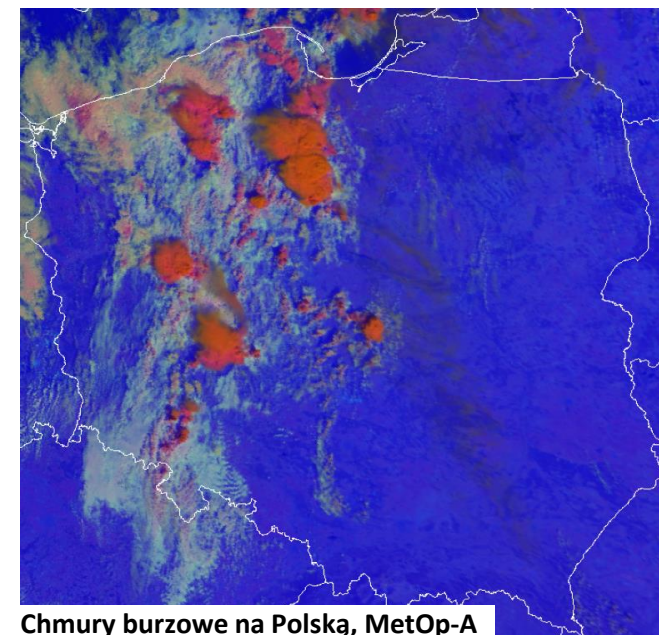
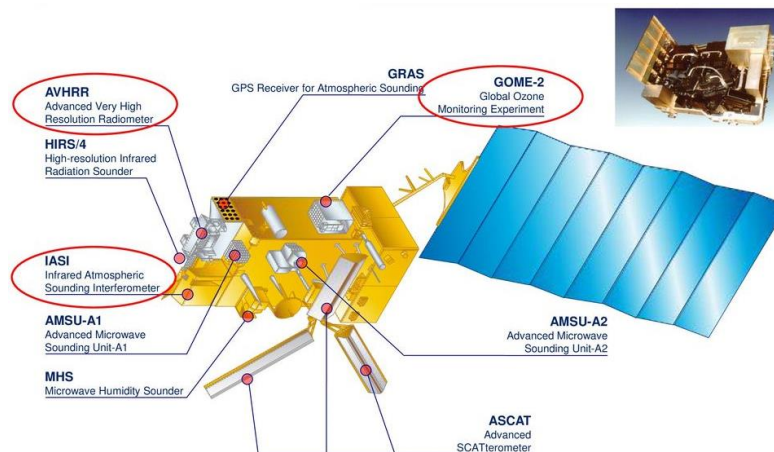
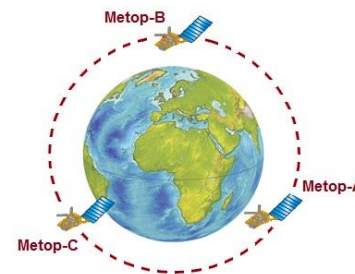
6 kanałów (VIS/NIR)

Rozdzielczość czasowa:

codziennie

Zastosowanie:

- badania atmosfery,
- badania powierzchni lądów,
- badania powierzchni oceanów,
- badania temperatury powierzchni,
- i inne.



Chmury burzowe na Polskę, MetOp-A



**Data
umieszczenia na
orbicie:**

od 1977 roku wystrzelono 12 satelitów
Meteosat-8 – 28 sierpnia 2002 r.
Meteosat-9 – 22 grudnia 2005 r.
Meteosat-10 – 5 lipca 2012 r.
Meteosat-11 – 15 lipca 2015 r.

Orbita:

GEO - geostacjonarna, wysokość 35 800 km

Instrumenty:

skaner SEVIRI (Spinning Enhanced Visible and Infrared Imager)

**Rozdzielczość
przestrzenna:**

1 000 m (HRVIS), 3 000 m

**Rozdzielczość
spektralna:**

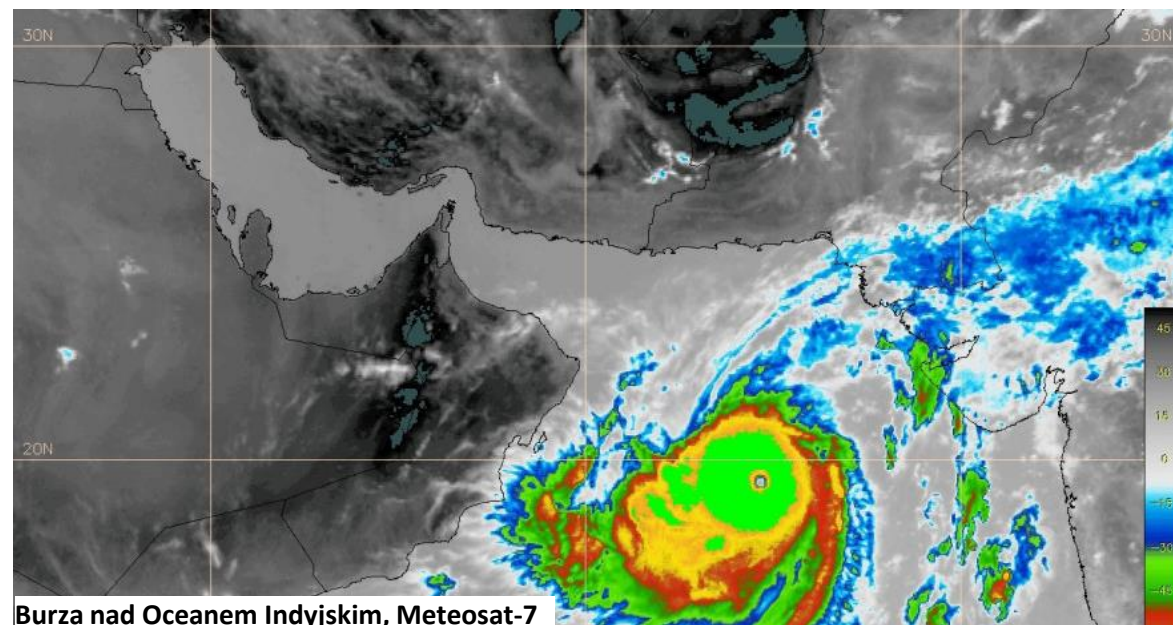
12 kanałów (VIS/HRHVIS/WV/NIR/IR)

**Rozdzielczość
czasowa:**

co 15 minut

Zastosowanie:

- obserwacja pogody,
- badania meteorologiczne,
- i inne.



Źródło: EUMETSAT, 2020

**Data
umieszczenia na
orbicie:**

od 1970 roku wystrzelono już 20 satelitów
NOAA-15 – 13 maja 1998 r.
NOAA-18 – 20 maja 2005 r.
NOAA-19 – 6 lutego 2009 r.
NOAA-20 – 18 listopada 2017 r.

Orbita:

okołobiegunowa, wysokość 807 – 870 km

Instrumenty:

AVHRR/3 (Advanced Very High Resolution Radiometer)

**Rozdzielczość
przestrzenna:**

ok. 1 000 m

**Rozdzielczość
spektralna:**

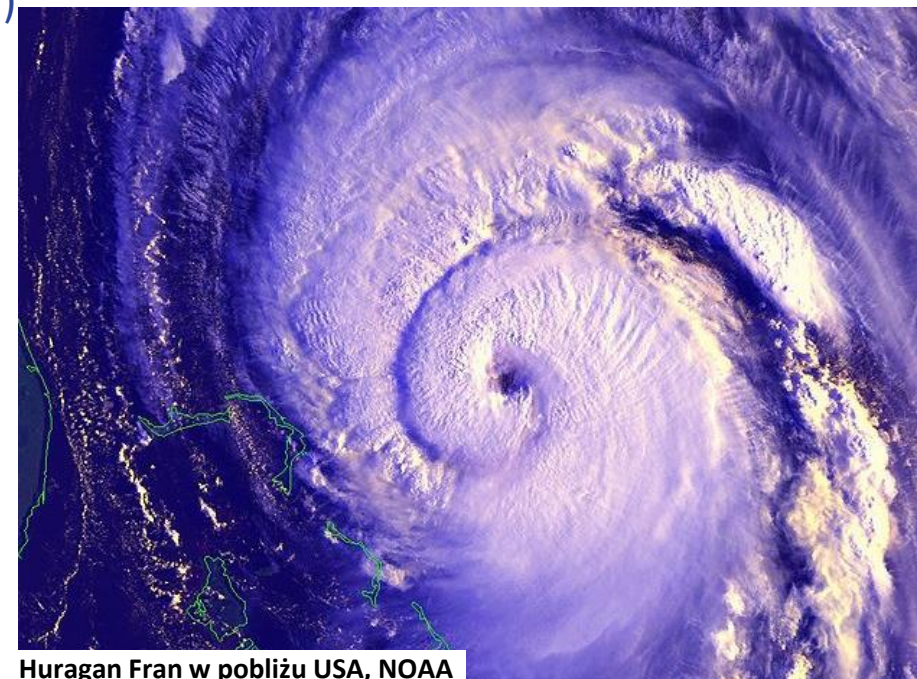
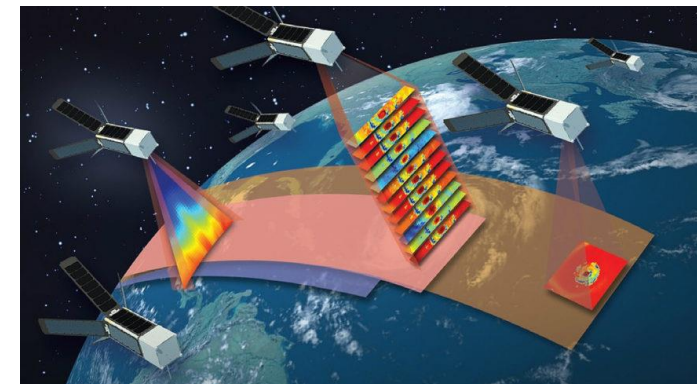
6 kanałów (VIS/NIR/IR)

**Rozdzielczość
czasowa:**

2 razy dziennie (1 satelita)
do 14 razy dziennie (wszystkie satelity)

Zastosowanie:

- codzienne mapowanie chmur i powierzchni terenu,
- mapowanie granic woda-ląd,
- detekcja śniegu i lodu,
- temperatura powierzchni mórz i oceanów.



Huragan Fran w pobliżu USA, NOAA

Źródło: NOAA, 2020

Data umieszczenia na orbicie:

satelita Terra (18 grudnia 1999 r.)
satelita Aqua (4 maja 2004 r.)

Orbita:

okołobiegunowa, wysokość 705 km

Instrumenty:

OLI (Operational Land Imager), TIRS (Thermal InfraRed Sensor)

Rozdzielczość przestrzenna:

250 – 1 000 m

Rozdzielczość spektralna:

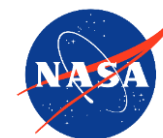
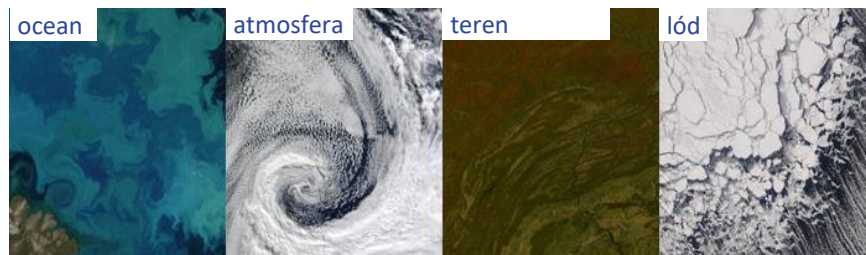
36 kanałów (VIS/NIR/SWIR/TIRS)

Rozdzielczość czasowa:

1 – 2 dni

Zastosowanie:

- badania atmosfery,
- badania powierzchni lądów,
- badania powierzchni oceanów (wraz z kriosferą),
- obserwacje pokrywy śnieżnej,
- temperatura powierzchni i inne.



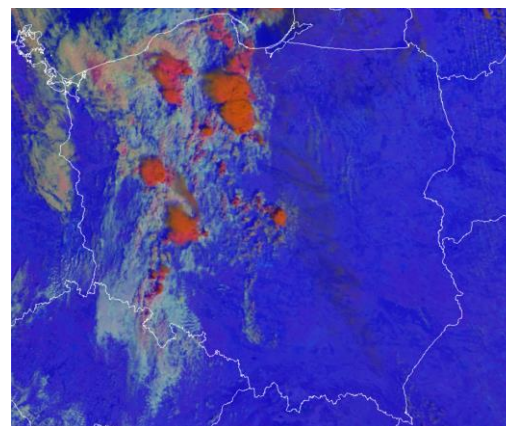
Narodowa Agencja Aeronautyki i Przestrzeni Kosmicznej (National Aeronautics and Space Administration, NASA)

Źródło: NASA, 2020

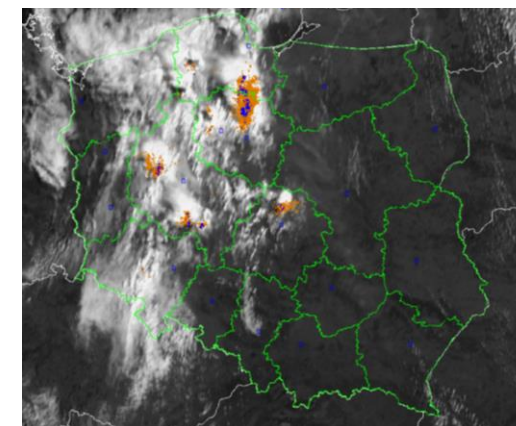
Przykład zastosowania zobrazowań MetOp

- EUMETSAT – projekt EPS (EUMETSAT Polar System) w skład którego wchodzi 3 satelity: Metop-A, metop-B oraz Metop-C krążące po orbitach biegunowych.
- Uzupełniają one obserwacje meteorologiczne satelitów Meteosat z orbity geostacjonarnej.
- Badania pogody i klimatu.

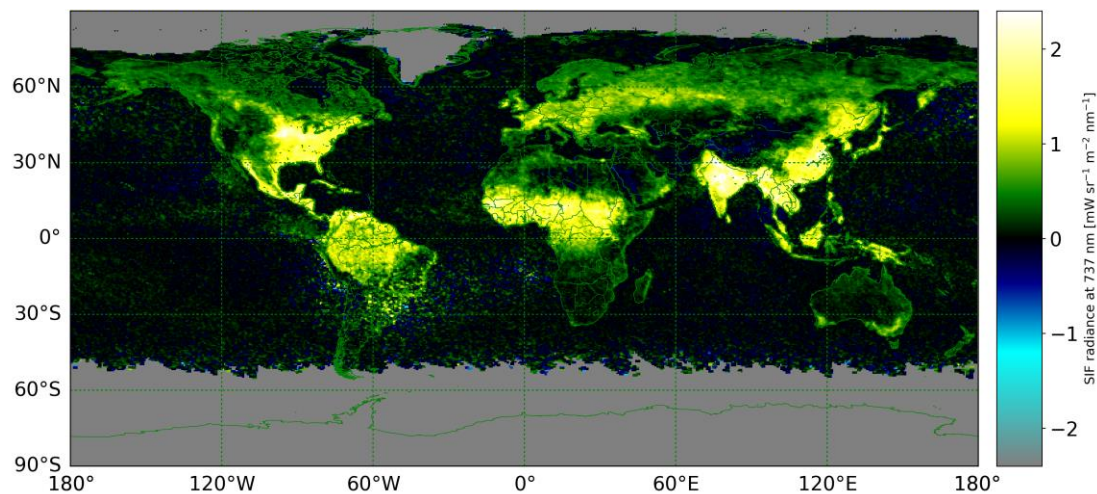
MetOp-A, 13.06.2019



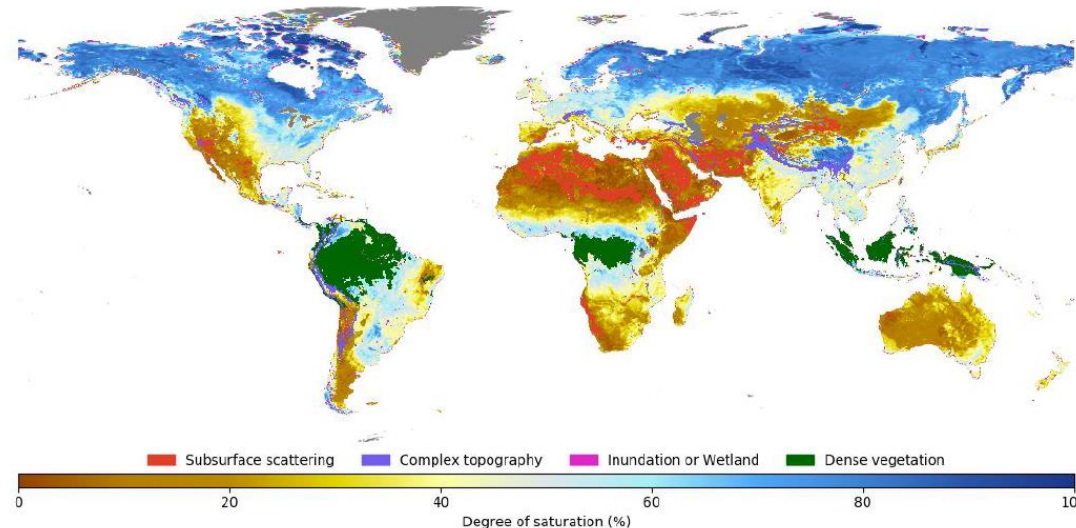
Produkt burzowy, 13.06.2019



Mapa fluorescencji na wysokości 737 nm (MetOp-A, 08.2007)

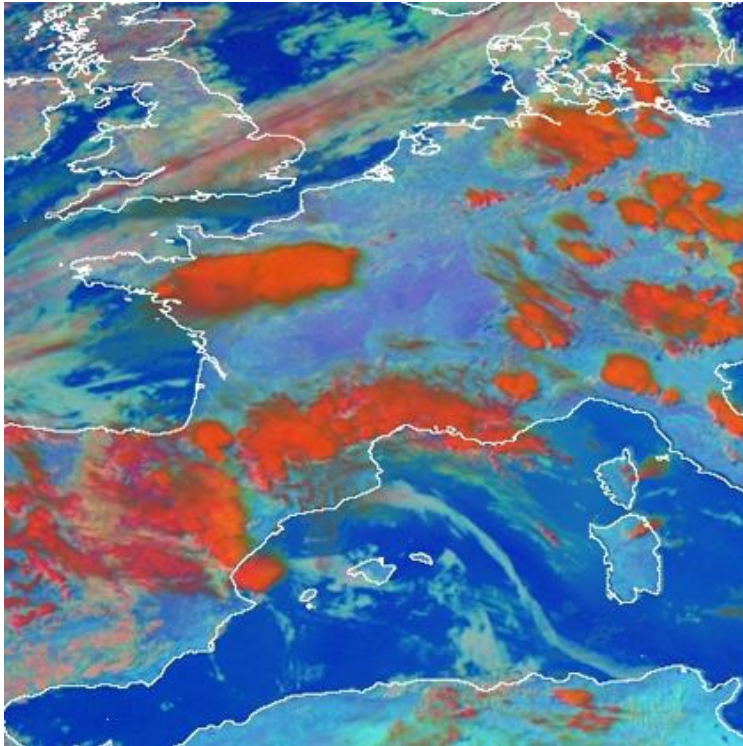


Mapa wilgotności gleby 2007-2017 (MetOp ASCAT, 2007)



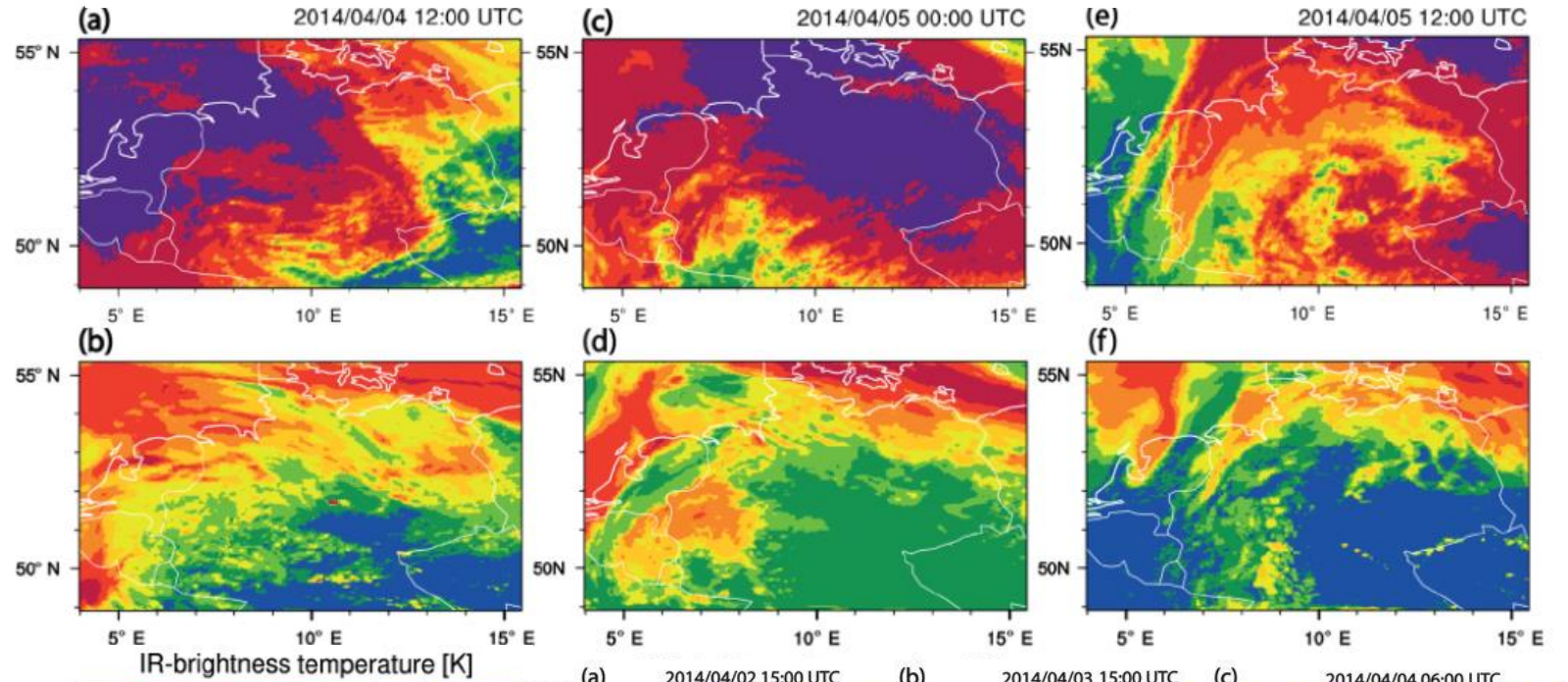
Źródło: Hahn S., 2019; IMGW, 2019; ESA, 2007

- Monitorowanie pyłu.
- Mapa temperatury.
- Badanie atmosfery.

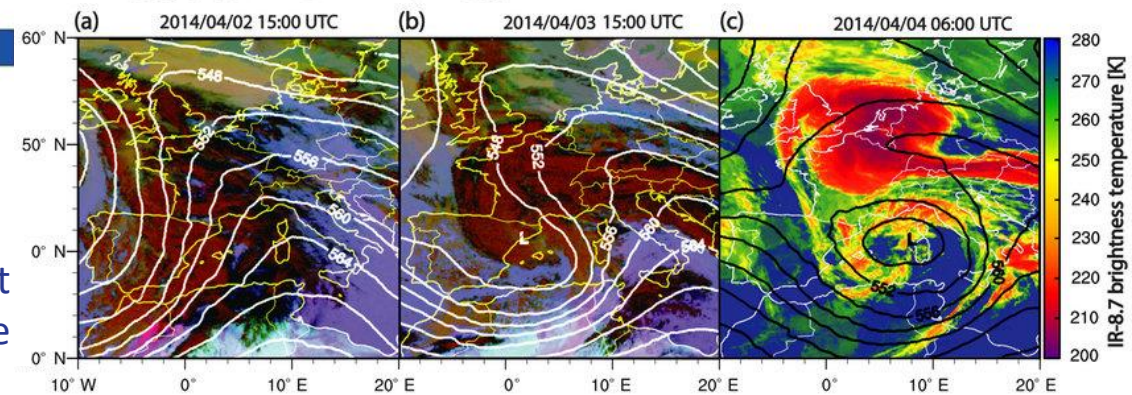


Źródło: EUMETSAT, 2020

Mapa temperatury [K] w podczerwieni



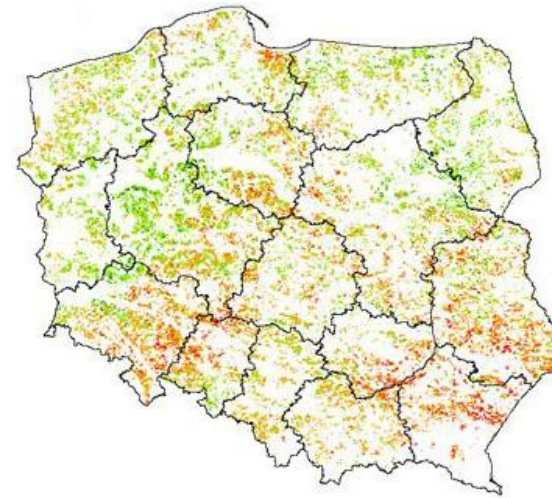
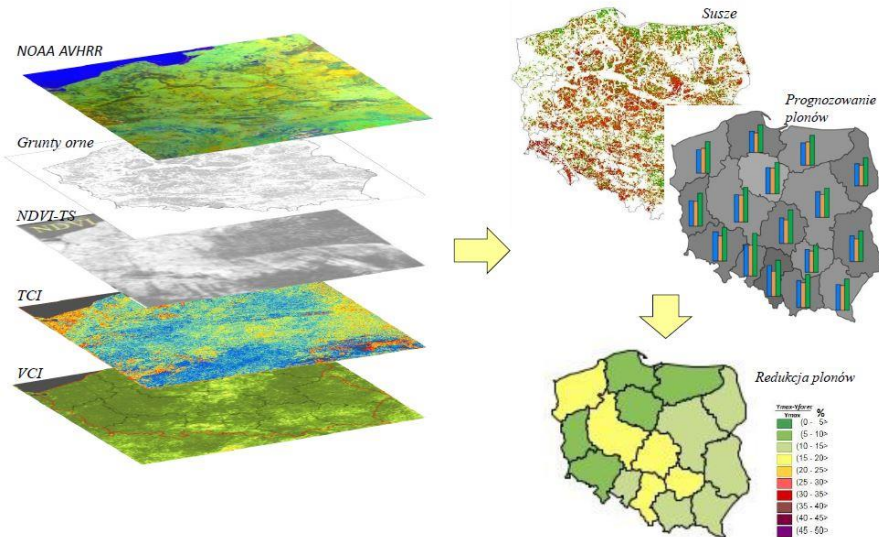
Kompozycje Meteosat
obrazujące pył w atmosferze



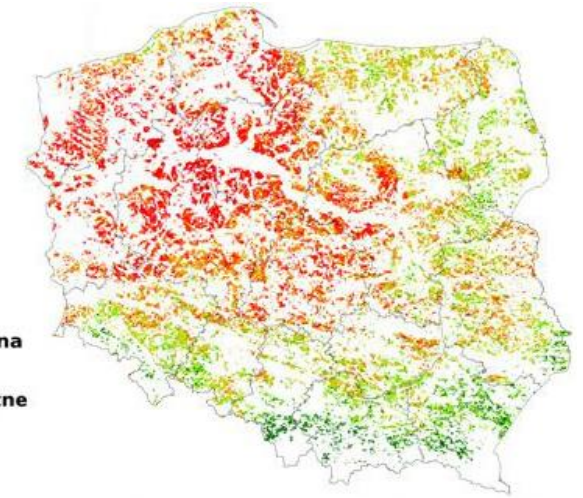
Źródło: Tegen I. i inni, 2018

- Monitorowanie suszy przy wykorzystaniu sensora AVHRR Advanced Very High Resolution Radiometer.

System suszy NOAA



Mapa suszy 1-10 lipca 2016

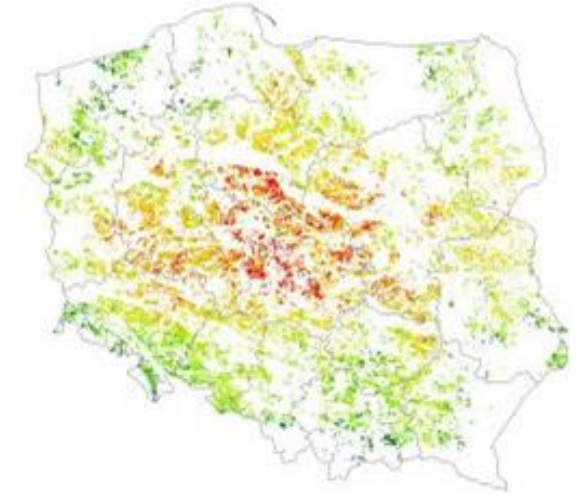


Mapa suszy 1-10 lipca 2018

■ susza ekstremalna
■ susza
■ warunki przeciętne
■ warunki dobre



Mapa suszy 21-31 maja 2019



Mapa suszy 1-10 czerwca 2019

Źródło: IGiK, 2019

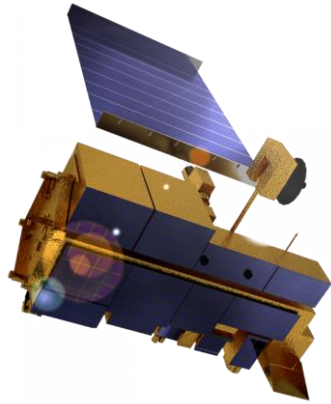
Przykład zastosowania zobrazowań NOAA (AVHRR)

Wędrowka pyłu znad Sahary nad Wyspy Kanaryjskie przy wykorzystaniu sensora AVHRR (23.02.2020)

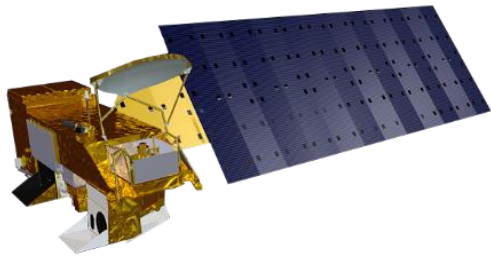


Źródło: NOAA, 2020

- Monitorowanie temperatury powierzchni terenu.

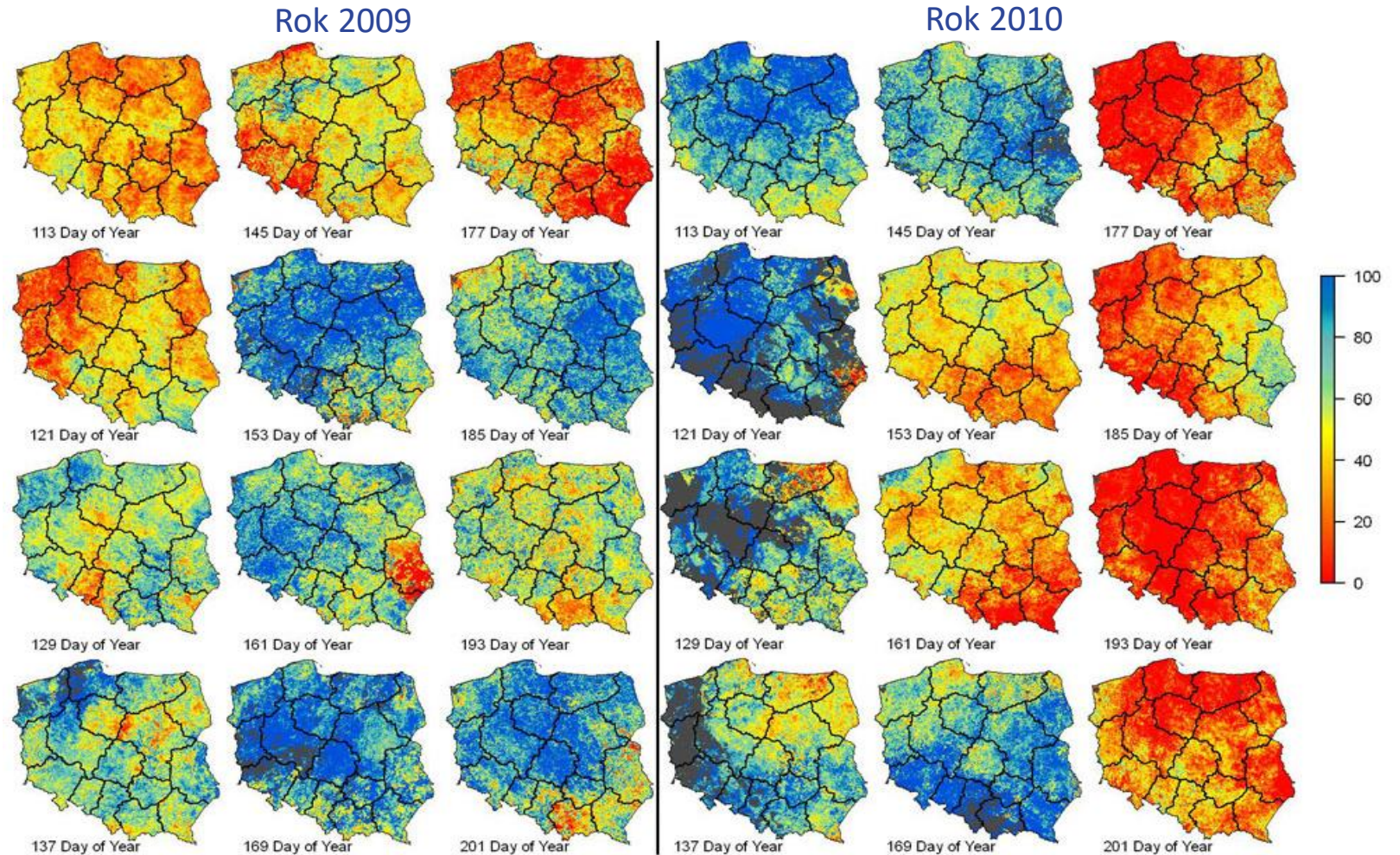


TERRA MODIS



AQUA MODIS

Terra.MODIS: porównanie wskaźnika TCI (Temperature Condition Index)



Źródło: IGiK, 2019

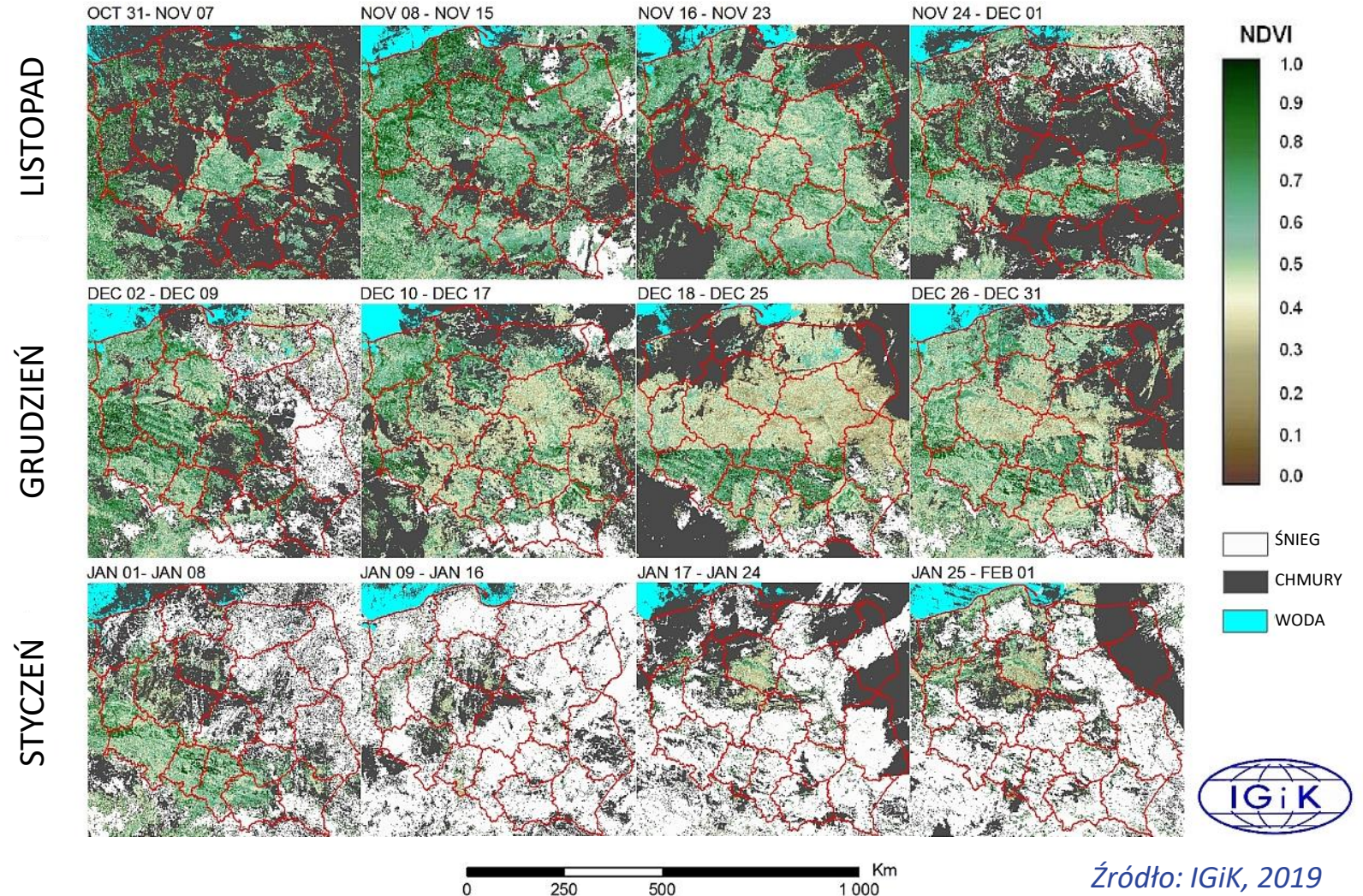
- Obserwacja pokrywy śnieżnej.
- Monitoring lodowców w górach.
- Monitoring lądolodu.

Pokrywa śniegu w Alpach (maj 2017)



Źródło: NASA, 2017

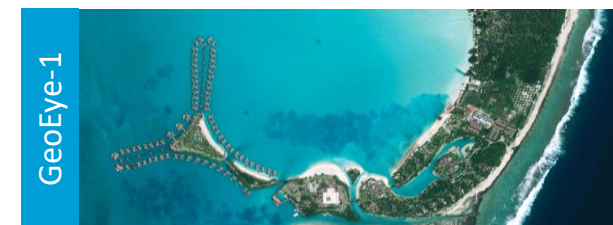
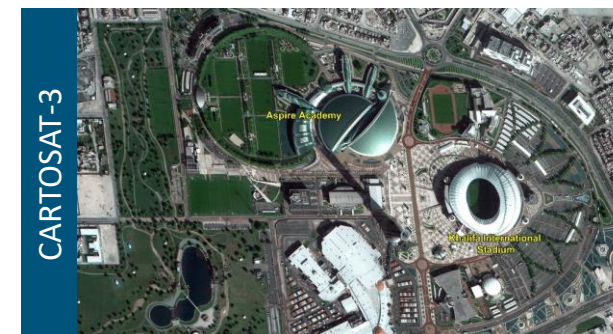
Terra.MODIS: Obserwacja pokrywy śnieżnej na obszarze Polski Sezon zimowy 2016 / 2017



Źródło: IGiK, 2019

- WorldView-1, WorldView-2 oraz WorldView-3 (DigitalGlobe, MAXAR)
- GeoEye-1 (GeoEye, MAXAR)
- CARTOSAT-2, CARTOSAT-3

Satelita	Rozdzielczość spektralna	Rozdzielczość przestrzenna	Rozdzielczość czasowa
WorldView-3	PAN: 450-800 nm 8 MSI: 400 nm - 1040 nm (VIS/Red Edge/NIR) 8 SWIR: 1195 nm - 2365 nm	0,31 m – kanał PAN 1,24 m – kanały MSI	ok. 1 dzień
GeoEye-1	PAN: 450 - 800 nm Blue: 450 - 510 nm Green: 510 - 580 nm Red: 655 - 690 nm Near Infra Red: 780 - 920 nm	0,46 m – kanał PAN 1,84 m – kanały MSI	1-3 dni
CARTOSAT-2 CARTOSAT-3	PAN PAN + 4 MS PAN + 4 MS / HS	0,25-0,8 m – kanał PAN 1,3-2,0 m – kanały MSI	ok. 4-7 dni

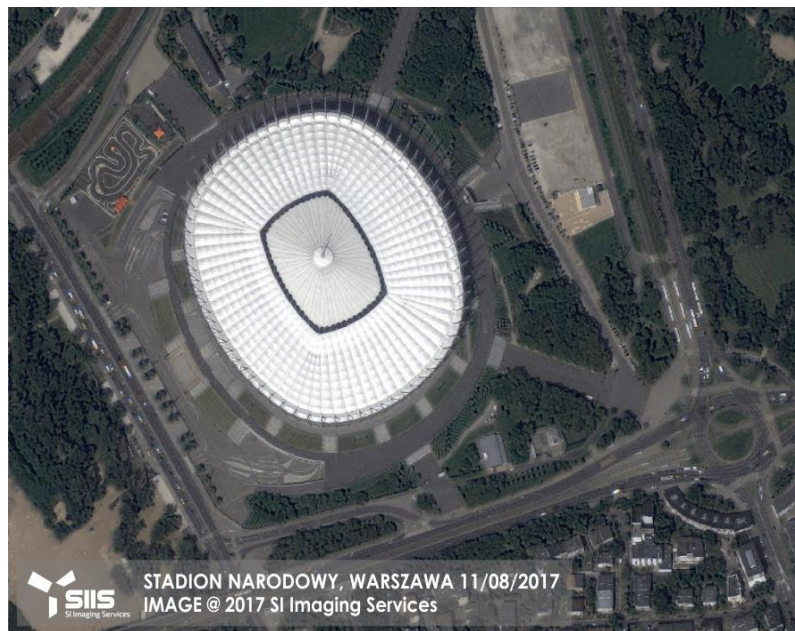


Źródło:
Satellite Imaging Corporation,
Indian Space Research Organisation, 2021

Konstelacja satelitów KOMPSAT (SIIS) :

- instrument rejestruje zobrazenia panchromatyczne (GSD 0,5 m – KOMPSAT 3A) i multispektralne (GSD 2,2 m – KOMPSAT 3A);
- rejestracja danych co 3,5 dnia;
- 4 tryby obrazowania:
 - pasmowe,
 - wielopunktowe,
 - obrazowanie stereo wzdłuż jednego pasa obrazowania,
 - szerokopasmowe.

Satelita	Dzienna rejestracja	GSD	Kanały spektralne	Czas rewizyty	Rozdzielczość radiometryczna	Wysokość orbity
KOMPSAT-2	1 700 tys km ²	1,0 m (PAN) 4,0 m (MSI)	PAN + 4 MSI	3,5 dnia	10 bitów	685 km
KOMPSAT-3	300 tys km ²	0,7 m (PAN) 2,8 m (MSI)	PAN + 4 MSI	3,5 dnia	14 bitów	685 km
KOMPSAT-3A	240 tys km ²	0,5 m (PAN) 2,2 m (MSI)	PAN + 4 MSI	3,5 dnia	14 bitów	528 km



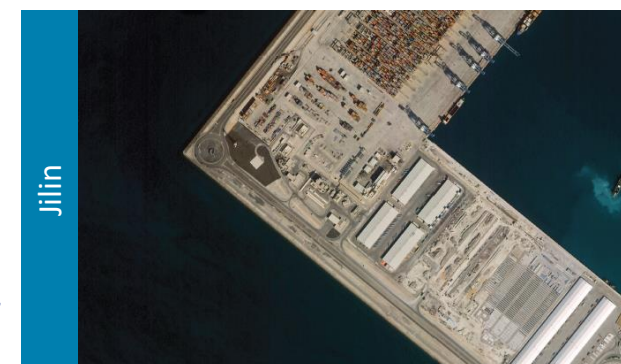
Satelita	Rozdzielczość spektralna
KOMPSAT-2 KOMPSAT-3 KOMPSAT-3A	PAN: 450-900 nm Blue: 450-520 nm Green: 520-600 nm Red: 600-690 nm Near Infra Red: 760-900nm



Źródło: ProGea 4D, 2020

- GaoFen, GF MultiMode, Jilin, EarthScanner, SuperView
- NightVision & Video Constellation, DailyVision@1m

Satelita	Rozdzielczość spektralna	Rozdzielczość przestrzenna	Rozdzielczość czasowa
GaoFen-2 GaoFen-7	PAN + 4 MS	0,65-0,8 m – kanał PAN 2,6-3,2 m – kanały MSI	5 dni
GF MultiMode	PAN + 8 MS (Coastal Blue/VIS/RedEdge/NIR)	0,42 m – kanał PAN 1,68 m – kanały MSI	kilka dni
Jilin Stereo Jilin GXA	PAN + 4 MS	0,5-0,92 m – kanał PAN 2,88-3,93 m – kanały MSI	3x dziennie - codziennie
EarthScanner	PAN + 4 MS	0,5 m – kanał PAN 2,0 m – kanały MSI	codziennie
SuperView	PAN + 8 MS	0,4-0,5 m – kanał PAN 1,6-2,0 m – kanały MSI	codziennie



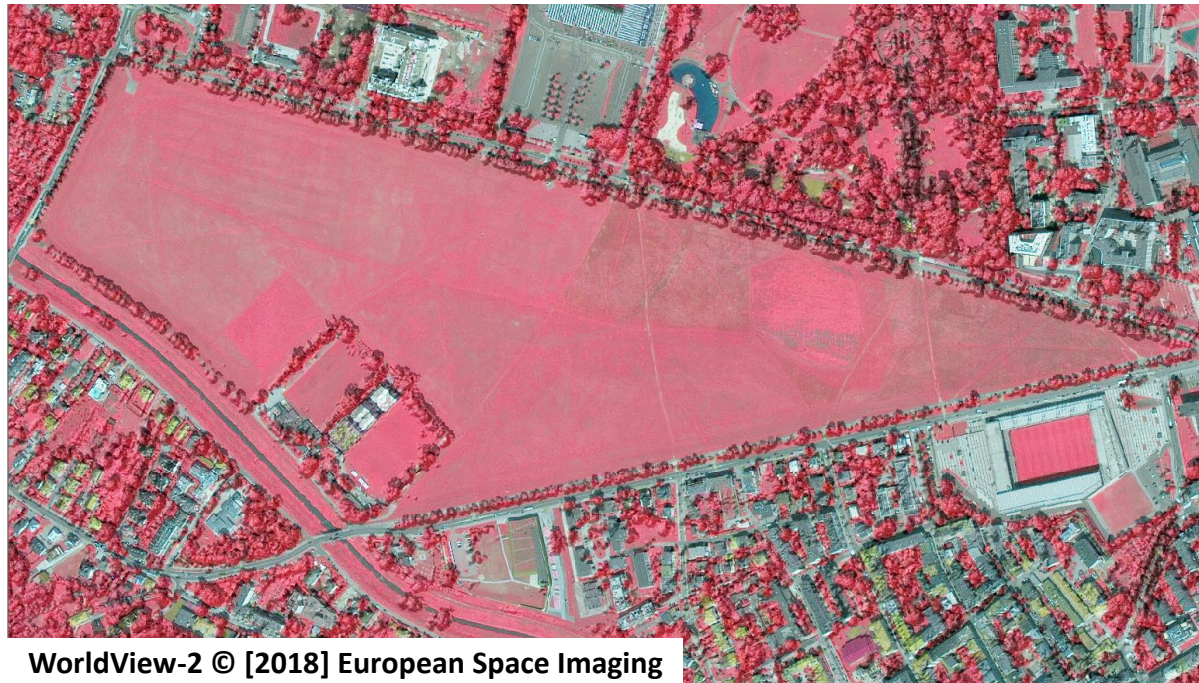
Źródło:

HEAD Aerospace, ProGea 4D 2021

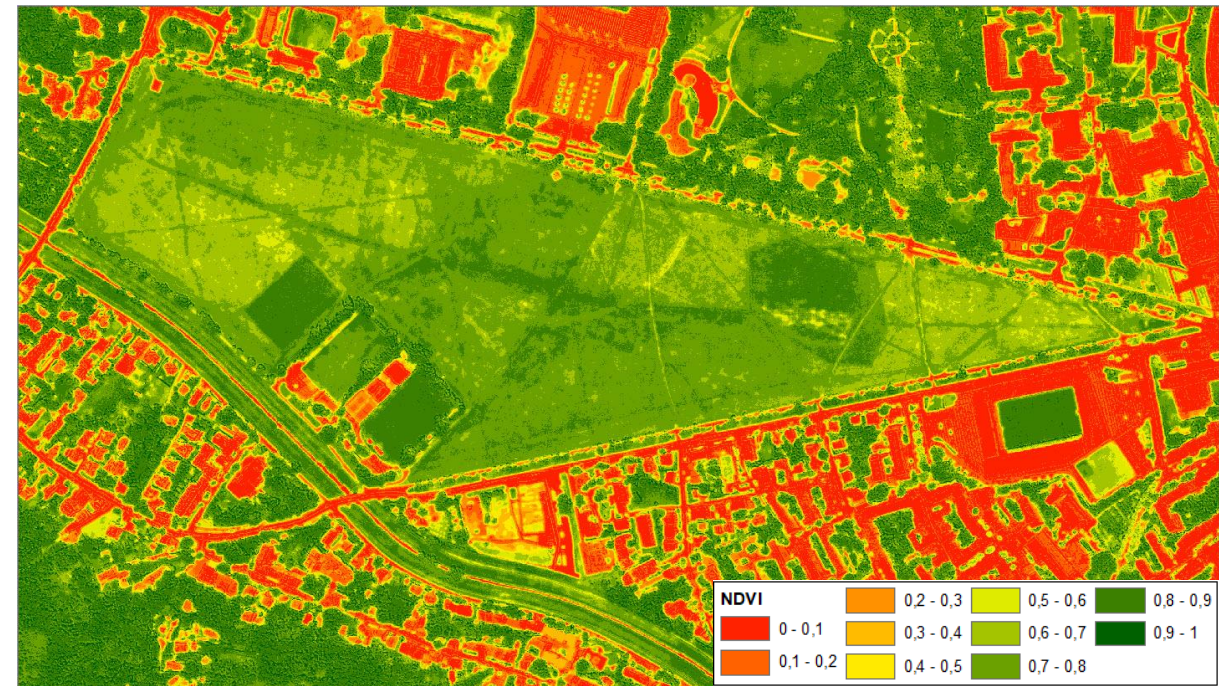


Źródło:
HEAD
Aerospace,
ProGea 4D
2021

Kompozycja CIR (753) WorldView-2 – Kraków
(GSD 2,0 m, 18.07.2018)



Wskaźnik NDVI obliczony na podstawie WorldView-2 – Kraków
(GSD 2,0 m, 18.07.2018)



Źródło: Zarząd Zieleni Miejskiej w Krakowie, 2018

Przykład komercyjnych wysokorozdzielczych danych optycznych SkySat

Konstelacja satelitów SkySat:

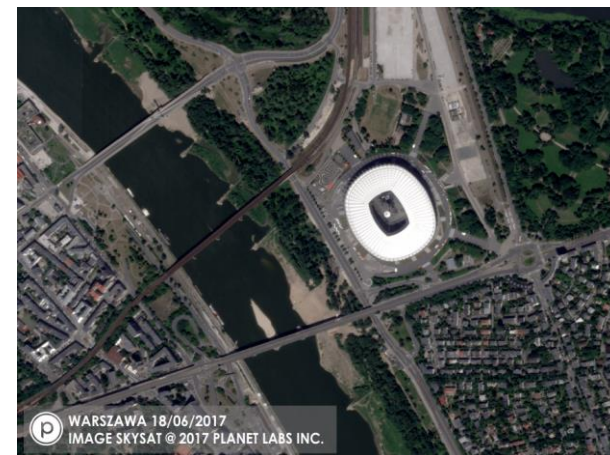
- 21 satelitów: 2 (Generacja A-B) + 19(Generacja C),
- rozdzielczość czasowa: 4-5 dni,
- 5 kanałów spektralnych: panchromatyczny, niebieski, zielony, czerwony oraz bardzo bliska podczerwień,
- rozdzielczość przestrzenna: od 0,57 m (PAN), od 0,75 m (4 kanały; RGB + NIR).



Satelita	GSD	Kanały spektralne	Rozdzielczość czasowa	Rozdzielczość radiometryczna	Wysokość orbity
SkySat 1-2	0,86 m PAN / 1,0 MSI	1 PAN 4 MSI	4-5 dni	16 bitów	400/600 km
SkySat 3-15	0,65 m PAN / 0,81 MSI				
SkySat 16-21	0,57 m PAN / 0,75 MSI				



Satelita	Rozdzielczość spektralna
SkySat 1-21	Panchromatyczny: 450-900 nm Blue: 450-515 nm Green: 515-595 nm Red: 605-695 nm NIR: 740-900 nm



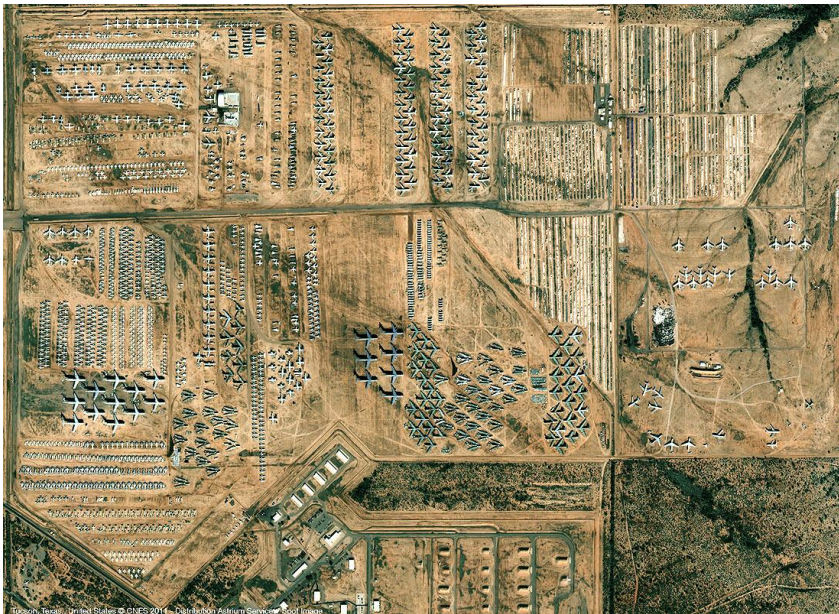
Źródło: Planet Labs, 2017

Konstelacja satelitów Pleiades:

- satelity: Pleiades 1A i Pleiades 1B,
- rozdzielczość czasowa: codziennie,
- 5 kanałów spektralnych: panchromatyczny, niebieski, zielony, czerwony oraz bardzo bliska podczerwień,
- rozdzielczość przestrzenna: 0,5 m (PAN), 2 m (4 kanały; RGB + NIR).

Satelita	GSD	Kanały spektralne	Rozdzielczość czasowa	Rozdzielczość radiometryczna	Wysokość orbity
Pleiades 1A Pleiades 1B	0,5 m PAN 2,0 MSI	1 PAN 4 MSI	codziennie	12 bitów	695 km

Satelita	Rozdzielczość spektralna
Pleiades 1A Pleiades 1B	PAN: 470 – 830 nm Blue: 430 – 550 nm Green: 500 – 620 nm Red: 590 – 710 nm Near-infrared: 740 – 940 nm



Źródło: GEOIMAGE, 2020

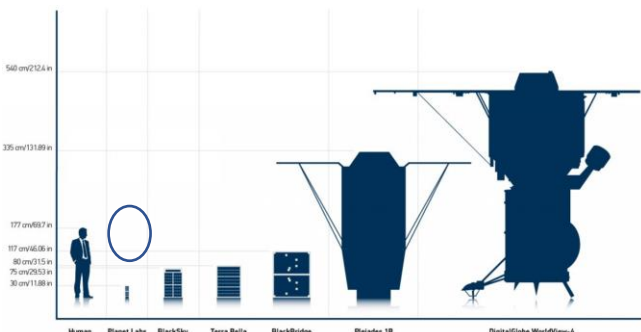
Przykład komercyjnych wysokorozdzielczych danych optycznych PlanetScope Dove

Konstelacja nanosatelitów PlanetScope Dove:

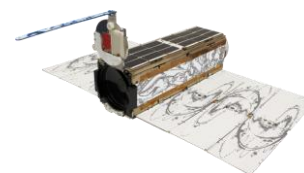
- rozmieszczono w przestrzeni okołoziemskiej ok. 400 nanosatelitów (140+ aktywnych),
- codzienna akwizycja danych całego globu,
- 4 kanały spektralne: niebieski, zielony, czerwony oraz bardzo bliska podczerwień,
- rozdzielczość przestrzenna 3,0 m.

Intuicyjna platforma internetowa PlanetExplorer umożliwiającą wyszukiwanie i pobranie interesujących danych oraz aplikacja Planet API, umożliwiającą automatyczne pobieranie danych oraz przetwarzanie ich w chmurze obliczeniowej.

PlanetScope Dove –
nanosatelita
3U = 10x10x10 m



Satelita	Dzienna rejestracja	GSD	Kanały spektralne	Czas rewizyty	Rozdzielczość radiometryczna	Wysokość orbity
PlanetScope	340 mln km ²	3 m	4	1 dzień	12 bitów	475 km



Na orbicie aktywnych 140+

Satelita	Rozdzielczość spektralna
PlanetScope Dove	Blue: 455 - 515 nm Green: 500 - 590 nm Red: 590 - 670 nm NearInfra Red: 780 - 860 nm



Kompozycja CIR

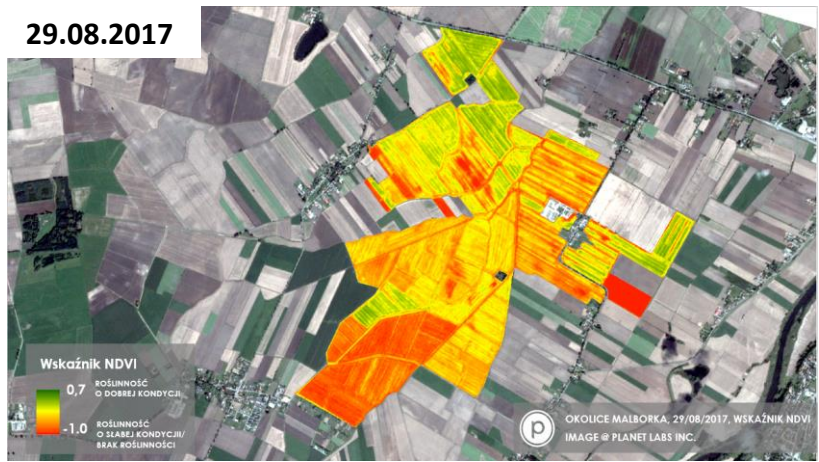
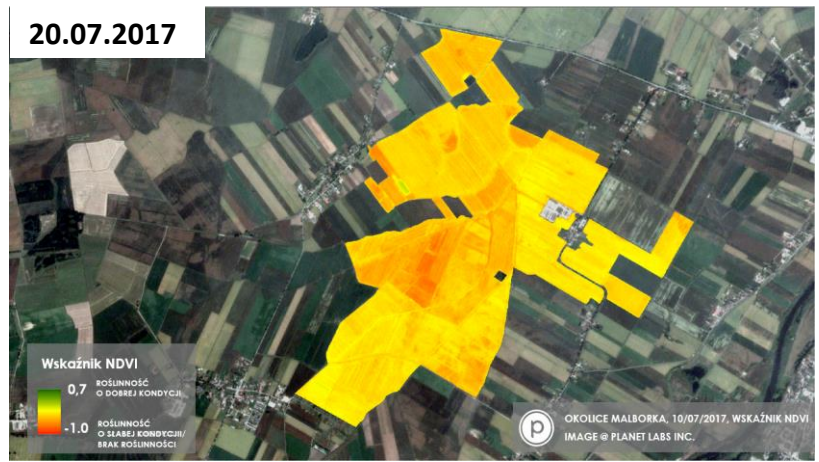
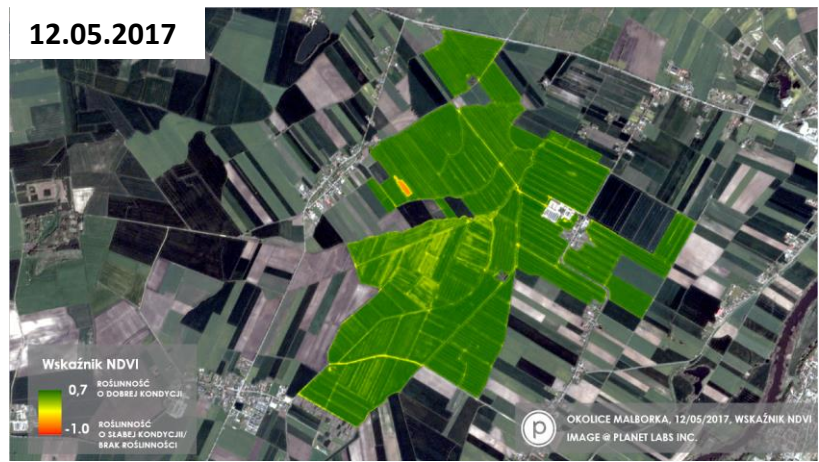
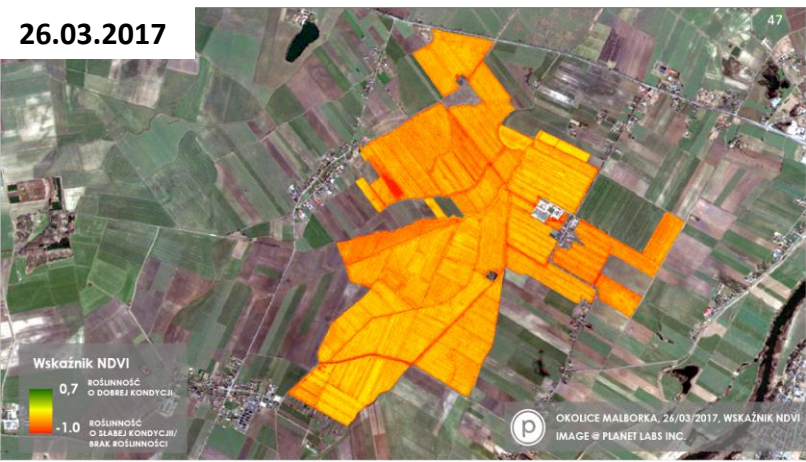


Kompozycja RGB

Źródło: ProGea 4D, 2020

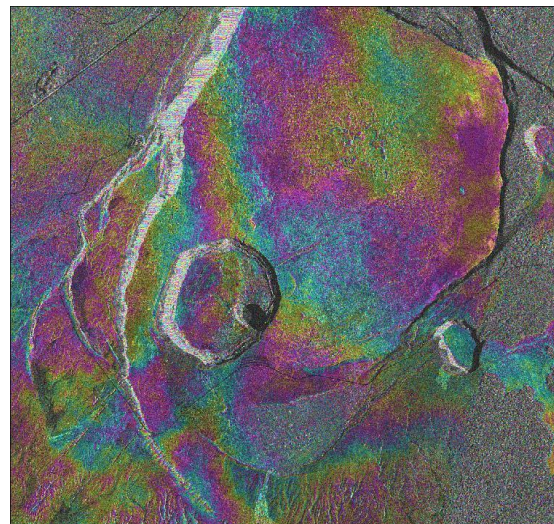
Przykład komercyjnych wysokorozdzielczych danych optycznych PlanetScope

Ocena stanu i kondycji upraw – okolice Malborka (PlanetScope, GSD 3,0 m).



Źródło: ProGea 4D, 2020

- Producent/Dostawca: Korea Aerospace Research Institute.
- Instrument: Synthetic Aperture RADAR (SAR).
- Pasma pracy: X-band, 9,66 GHz.
- Orbita: okołobiegunowa (550 km).
- Rozdzielczość:
 - High Resolution Mode: 1 m,
 - Standard Mode: 3 m,
 - Wide Swath Mode: 20 m.
- Polaryzacja: HH, VH, HV, VV.



Interferogram wulkanu Kilauea (Hawaje)

Źródło: eoportal.org, 2020

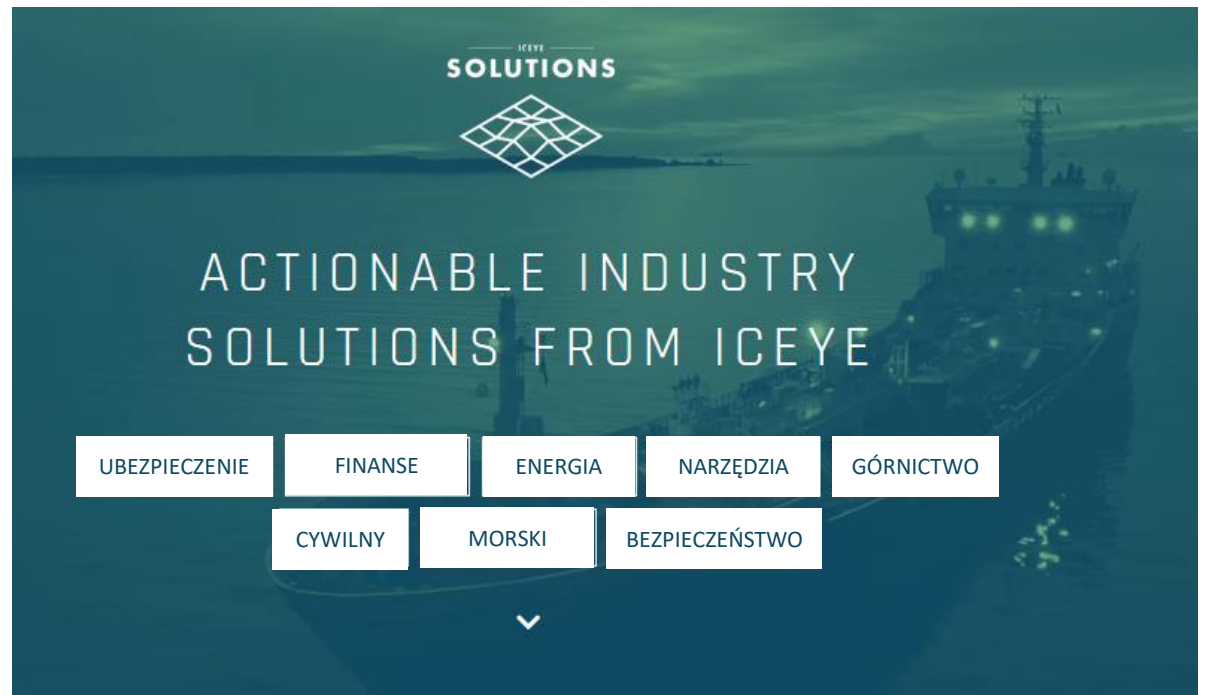
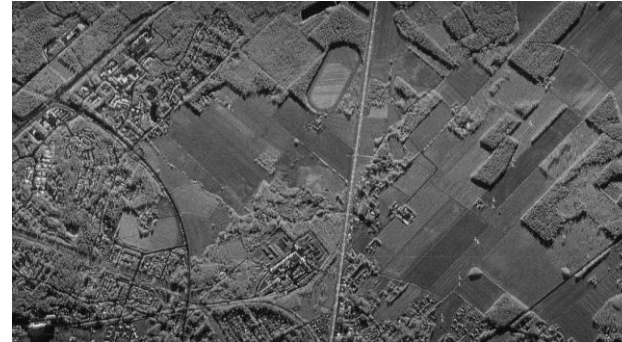


Źródło: cloudeo store, 2020

- Polsko-Fińska firma buduje konstelację nanosatelitów radarowych ICEYE.
- Rozdzielczość przestrzenna danych do 1 m.
- Czas w pozyskaniu obrazowań od potwierdzenia zamówienia – max 5 dni.

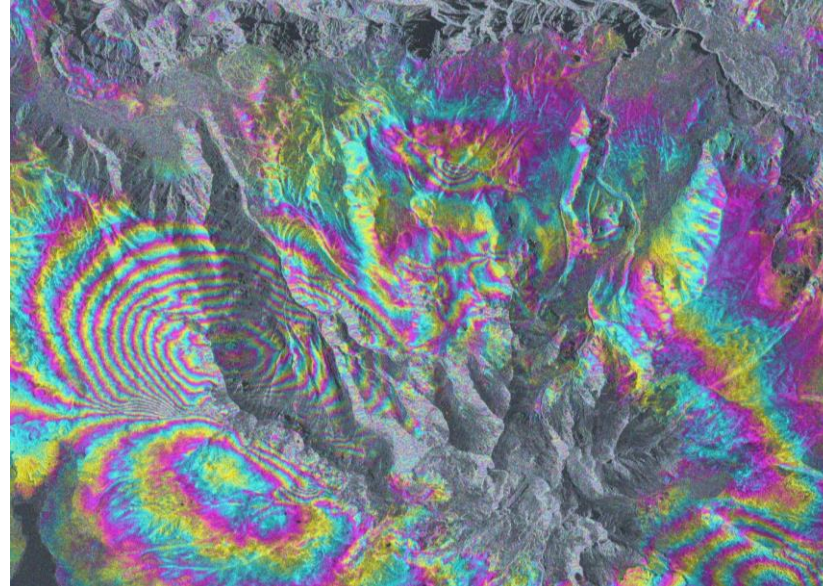
Zastosowania:

- sektor ubezpieczeń,
- sektor finansowy,
- sektor energetyczny,
- sektor budowlany,
- górnictwo,
- sektor cywilny,
- sektor morski,
- sektor bezpieczeństwa.

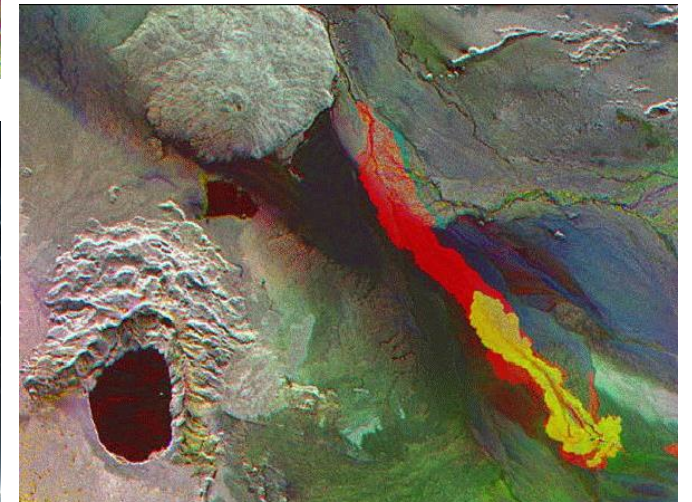
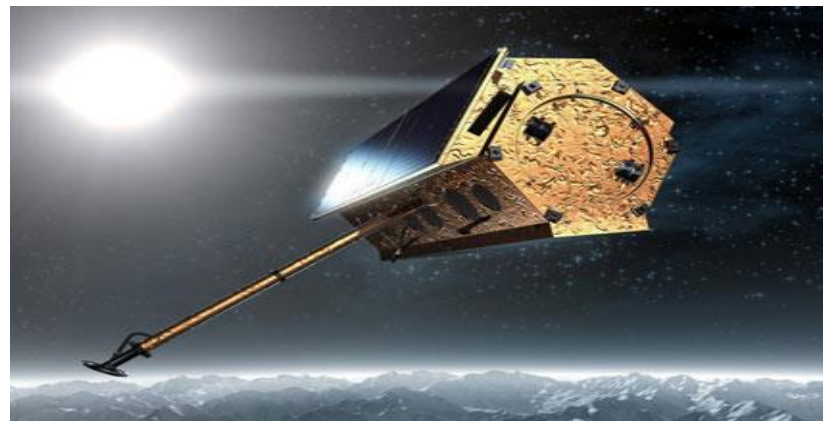


Źródło: IceEye, 2019

- Producent/Dostawca: German Aerospace Centre DLR + ASTRIUM.
- Instrument: Synthetic Aperture RADAR (SAR).
- Pasmo pracy: X-band, 9,65 GHz.
- Orbita: okołobiegunowa (515 km).
- Kąt skanowania: 15° - 60°.
- Rozdzielczość:
 - Spotlight Mode: 1 m,
 - StripMap Mode: 3 m,
 - ScanSAR Mode: 16 m.
- Polaryzacja: HH, VH, HV, VV.
- Globalny NMT (rozdzielczość terenowa 12 m × 12 m, względny błąd wysokości ±2 m w terenie o nachyleniu < 20% oraz ±4 m w terenie o nachyleniu > 20%).



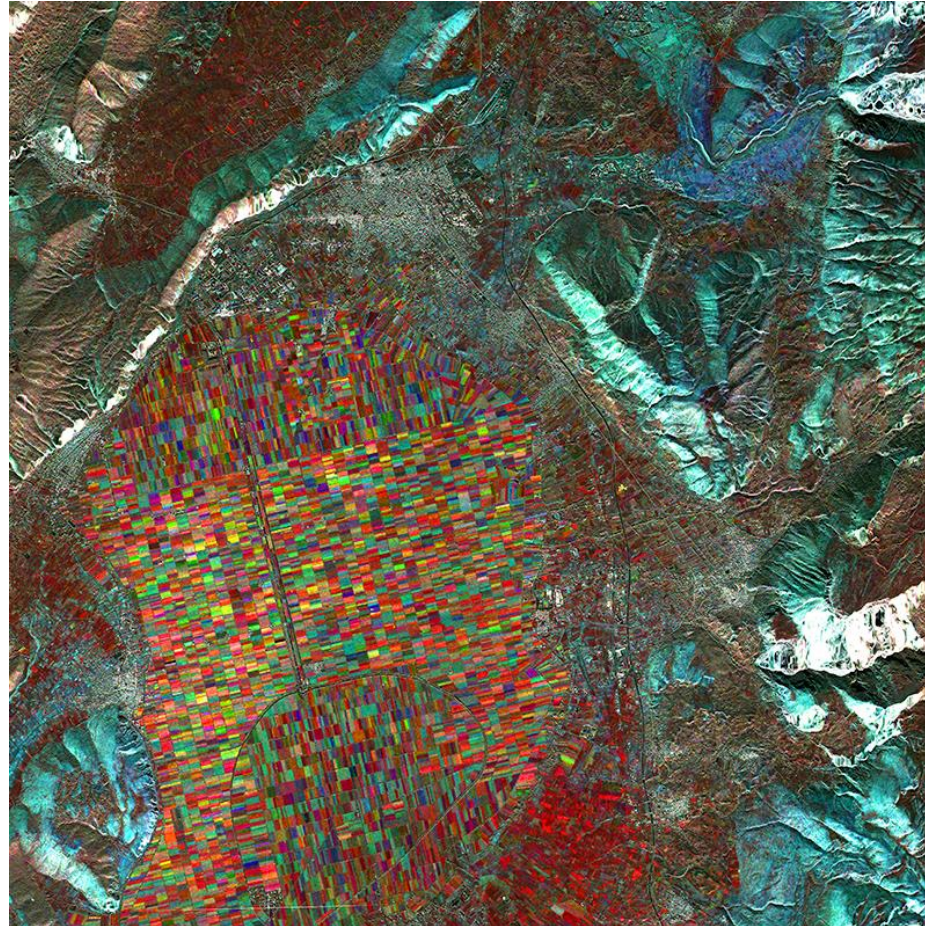
Przemieszczenia gruntu w okolicy Cabanaconde (Peru)



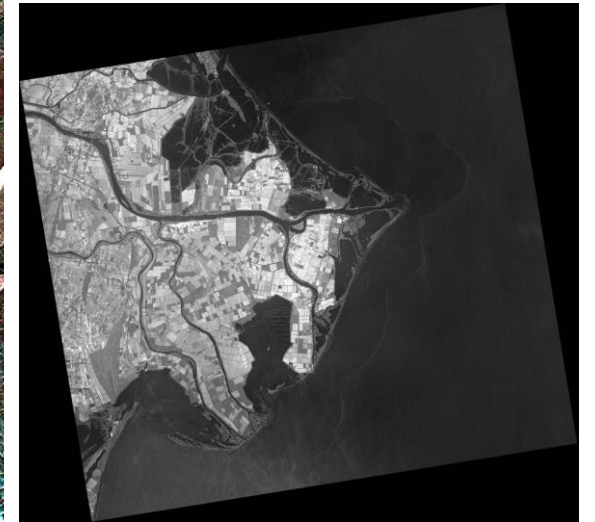
Lawa wypływająca z wulkanu Bardarbunga (Islandia)

Źródło: eoportal.org, Satellite Imaging Corporation, 2020

- Producent/Dostawca: Agenzia Spaziale Italiana.
- Instrument: Synthetic Aperture RADAR (SAR).
- Pasma pracy: X-band, 9,66 GHz.
- Orbita: okołobiegunowa (619,6 km)
- Kąt skanowania : 12° - 60°.
- Rozdzielczość w trybach pracy:
 - Spotlight Mode: 1 m,
 - StripMap Mode: 3 m,
 - ScanSAR Mode: 30 m.

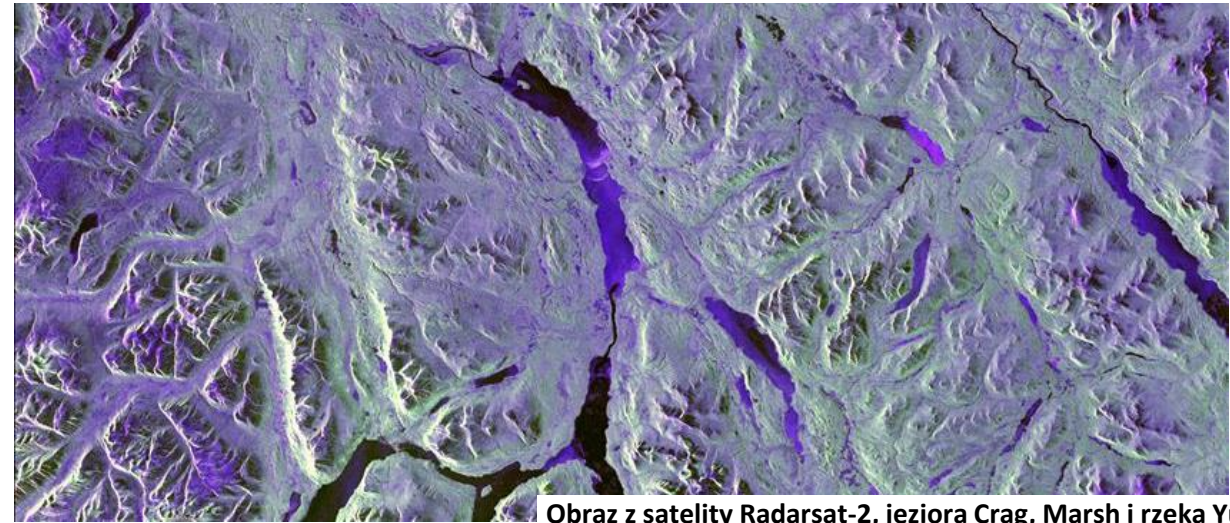
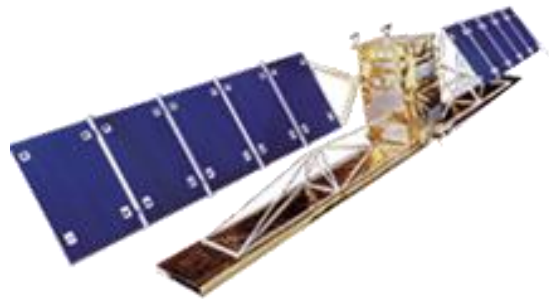


Wieloczasowy obraz koherencji interferometrycznej
– monitorowanie upraw ryżu w Tajlandii

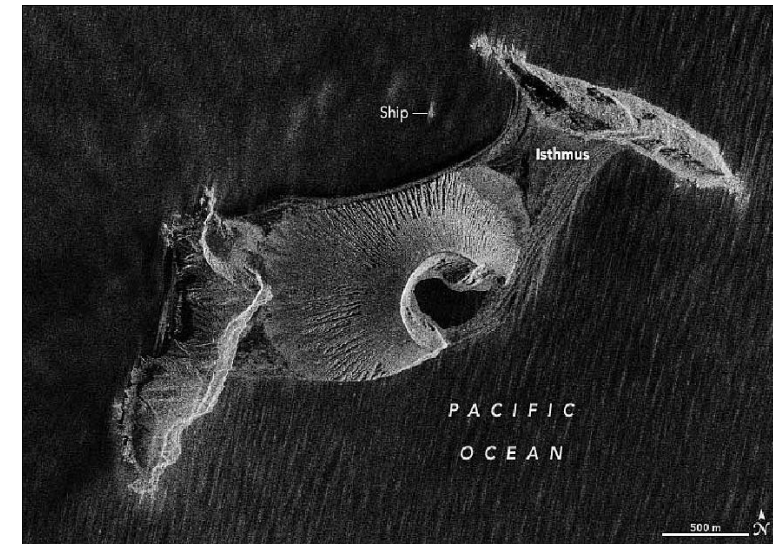


Źródło: E-GEOS, 2020

- Producent/Dostawca: Canadian Space Agency (CSA).
- Instrument: Synthetic Aperture RADAR (SAR).
- Pasmo pracy: C-band, 5,405 GHz (L=5,6cm)
- Orbita: okołobiegunowa (798 km).
- Rozdzielczość: od 3 m do 100 m.
- Polaryzacja: HH, VH, HV, VV.

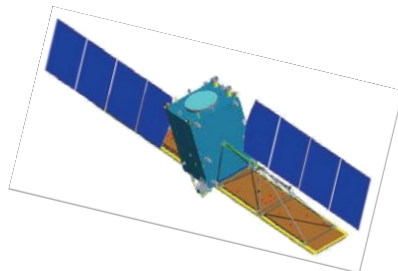


Obraz z satelity Radarsat-2, jeziora Crag, Marsh i rzeka Yukon (Kanada)

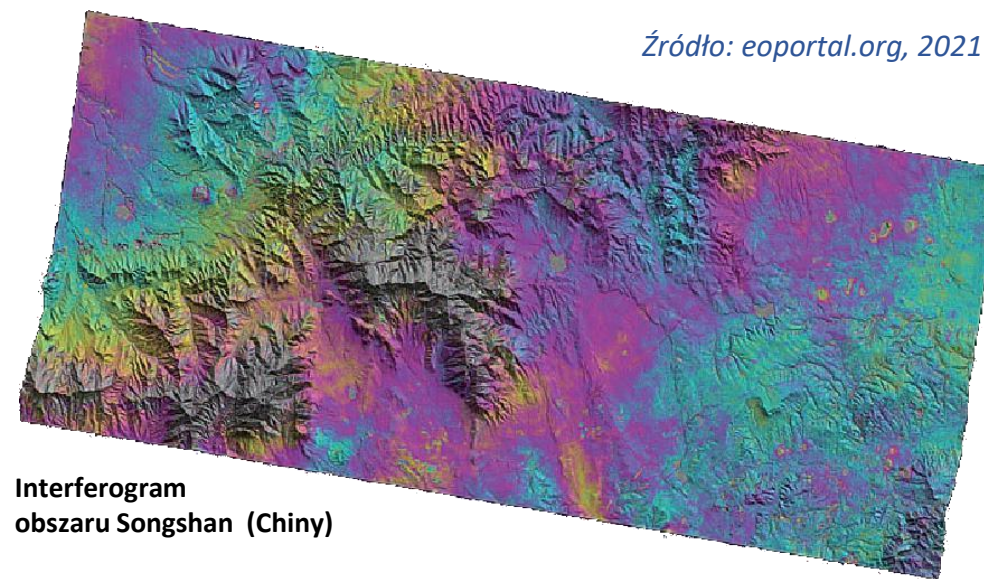


Źródło: CSA, 2020

- Producent/Dostawca: HEAD Aerospace.
- Instrument: Synthetic Aperture RADAR (SAR).
- Pasmo pracy: C-band, 5,4 GHz
- Orbita: okołobiegunowa (755 km).
- Rozdzielczość: od 1 m.
- Polaryzacja: HH, VH, HV, VV.
- Czas rewizyty: 3 dni



Źródło: eoportal.org, 2021

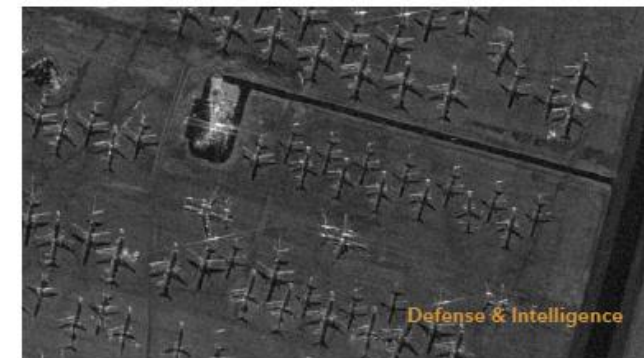
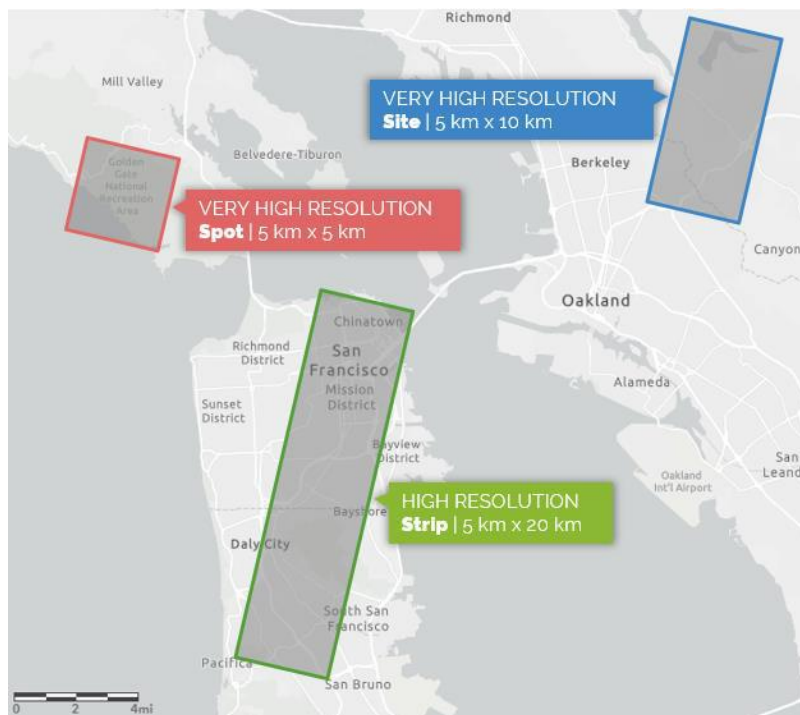


Interferogram
obszaru Songshan (Chiny)

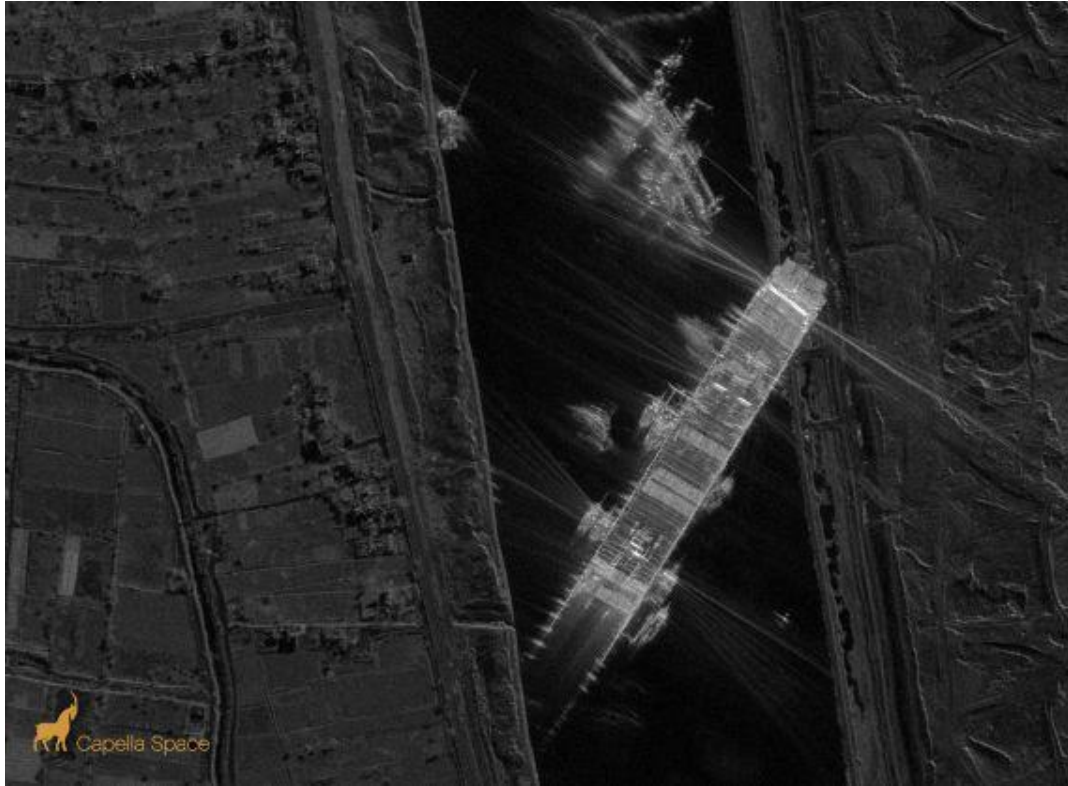


Źródło: Head Aerospace, 2021

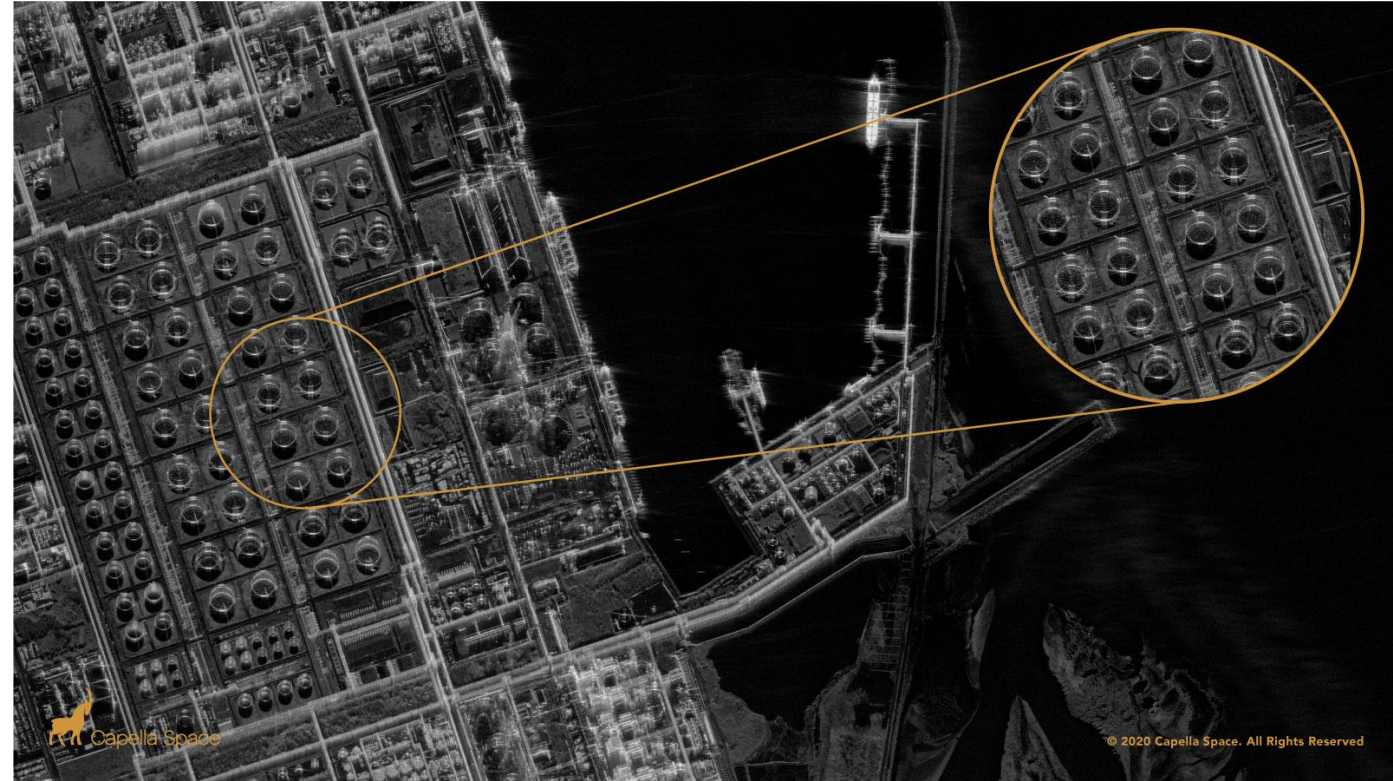
- Producent/Dostawca: Cappela Space.
- Instrument: Synthetic Aperture RADAR (SAR).
- Pasma pracy: X-band, 9,4 – 9,9 GHz
- Orbita: okołobiegunowa (485-525 km).
- Rozdzielczość: 0,3-0,5 m.
- Polaryzacja: HH.
- Czas rewizyty: co 1 godzinę (w 2022 roku i co 30 min w 2023)



Źródło: Capella Space, 2021



Kontenerowiec Ever Given w kanale Sueskim



Monitoring zbiorników z paliwem



źródło: Instagram/fallenhearts17

Źródło: Capella Space, 2021

- Unia Europejska realizuje 4 sztandarowe programy w zakresie Polityki Kosmicznej: Copernicus, GALILEO, SST i GOVSATCOM.
- Program Copernicus, realizowany przez Komisję Europejską we współpracy z Europejską Agencją Kosmiczną, ma na celu wsparcie działań z zakresu ochrony środowiska, ochrony ludności i bezpieczeństwa.
- W skład komponentu satelitarnego programu Copernicus wchodzi satelity radarowe i optyczne z konstelacji Sentinel.
- Misje Sentinel są planowane jako długoterminowe, a dostęp do ich danych jest bezpłatny, pełny i otwarty.
- Istnieje szereg misji uzupełniających dla programu Copernicus.
- Jest wiele programów obserwacji Ziemi dostarczających darmowych danych satelitarnych o zasięgu globalnym (np. Landsat, MODIS, NOAA).
- Komercyjne dane teledetekcyjne mogą stanowić alternatywne źródło informacji w przypadku zapotrzebowania na zobrazowania satelitarne o wysokiej i bardzo wysokiej rozdzielczości.
- Dostępność danych optycznych determinowana jest w Polsce głównie warunkami pogodowymi (zachmurzeniem).
- Dane mikrofalowe (radarowe) pozyskiwane są w każdych warunkach pogodowych, jednak są trudniejsze w interpretacji choć ich potencjał wciąż nie jest do końca poznany.

OPRACOWALI:

dr hab. inż. Piotr Wężyk, prof. URK
CEO ProGea 4D

dr inż. Urszula Cisto-Lesicka
ProGea 4D

