

Satelitarne badania Ziemi i atmosfery

4

Satelitarne techniki radarowe

Radar pogodowy

Altimetr mikrofalowy

SAR

Rodzaje chmur

Wysokie:

Ci – cirus, **Cs** – cirostratus, **Cc** – cirokumulus

Średnie:

As – altostratus, **Ac** – altokumulus

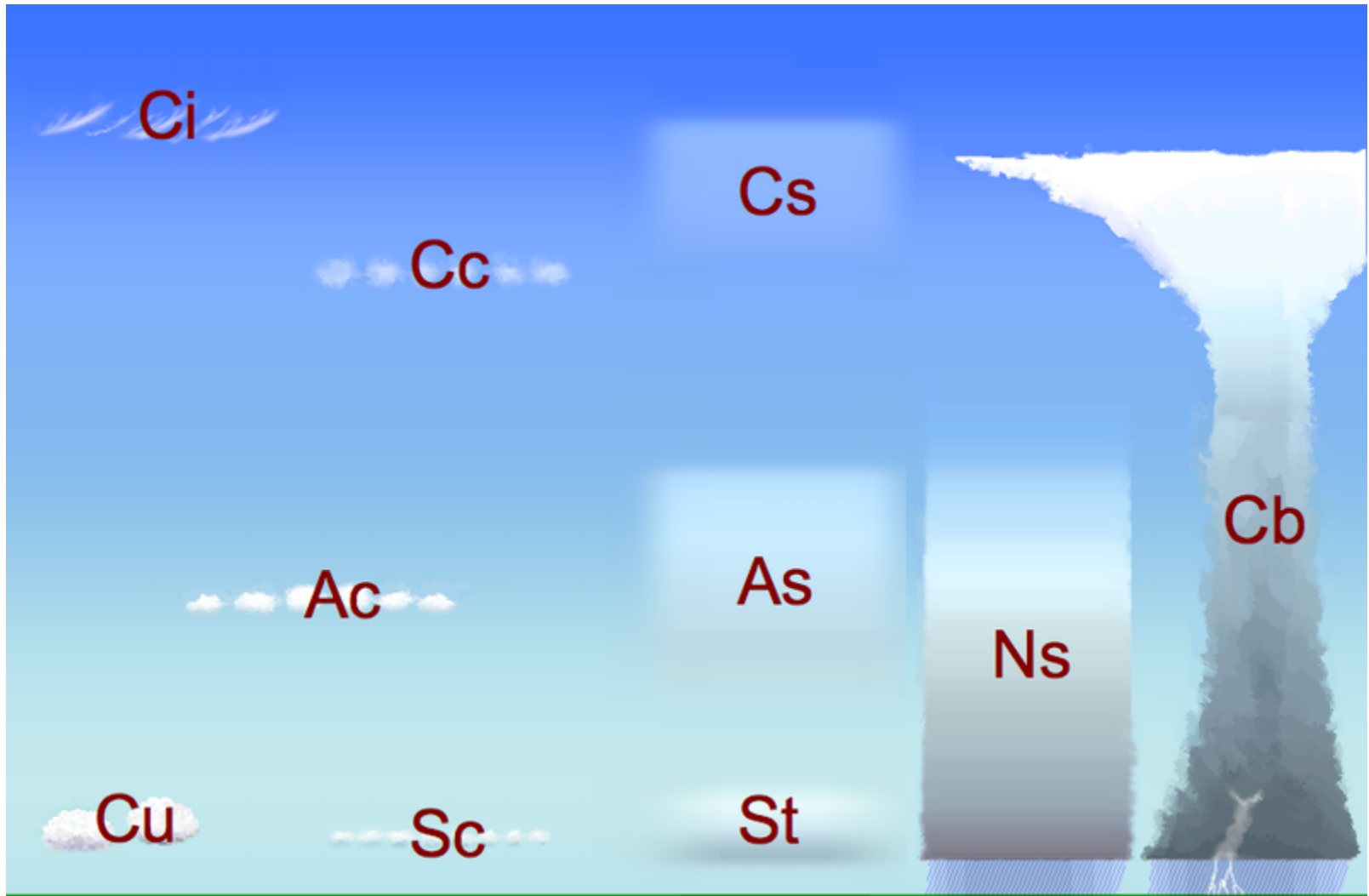
Niskie:

Cu - kumulus **Sc** – stratokumulus, **St** – stratus

O budowie pionowej:

Cb – kumulonimbus, **Ns** – nimbostratus

Rodzaje chmur



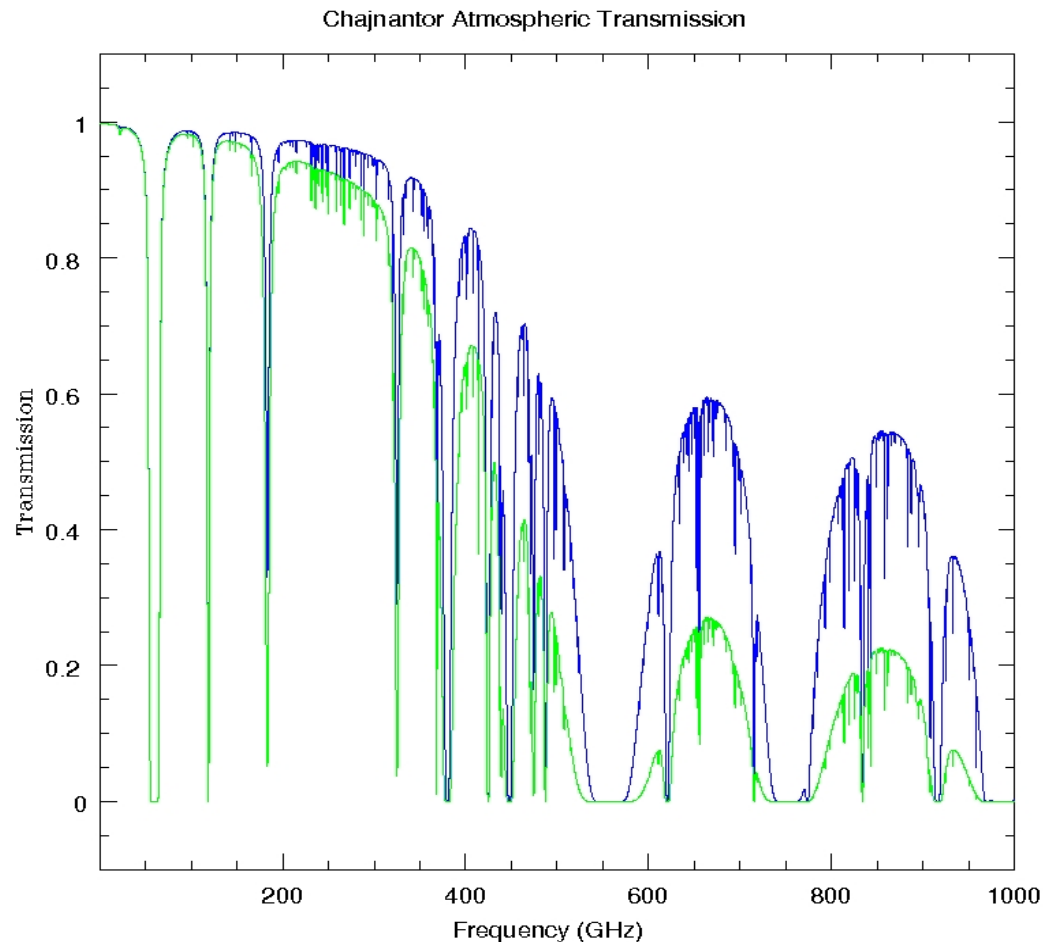
Instrumenty badające chmury i opady atmosferyczne

Atmosferyczny radar milimetrowy (millimeter cloud radar)

Pracuje w pasmach:
W (75-100 GHz, 2.7-4.0mm)
Ka (24-40 GHz, 7.5-11.1mm)

Zwykle: 35 GHz lub 94 GHz.

W tych zakresach atmosfera
jest niemal przezroczysta.



Instrumenty badające chmury i opady atmosferyczne

Atmosferyczny radar milimetrowy (millimeter cloud radar)

Jest to radar aktywny – wysyła wiązkę mikrofal i rejestruje fale odbite.

Wykorzystuje się ok. centymetrowej długości fale (mikrofale) oraz efektu rozproszenia zwrotnego na kroplach wody i kryształkach lodu.

Radar pulsowo-dopplerowski – wysyła szereg niezmodulowanych impulsów z częstotliwością 3-30 kHz, a więc odległych od siebie o 5-50km.

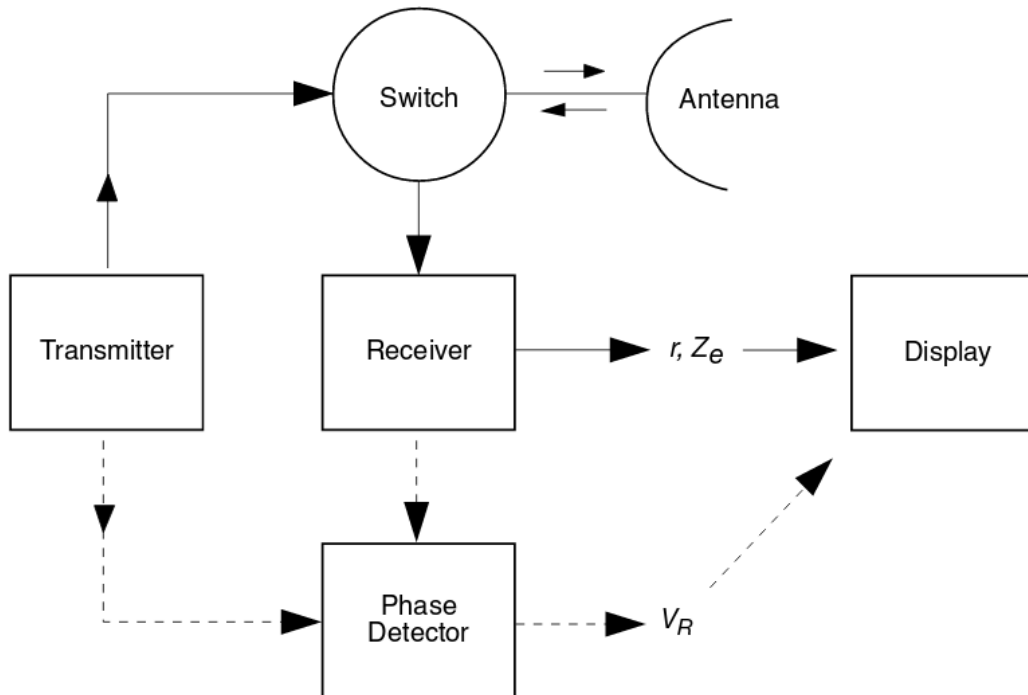
Ponieważ impulsy są identyczne więc pojawia się niejednoznaczność, które z odbić pochodzi od którego impulsu.

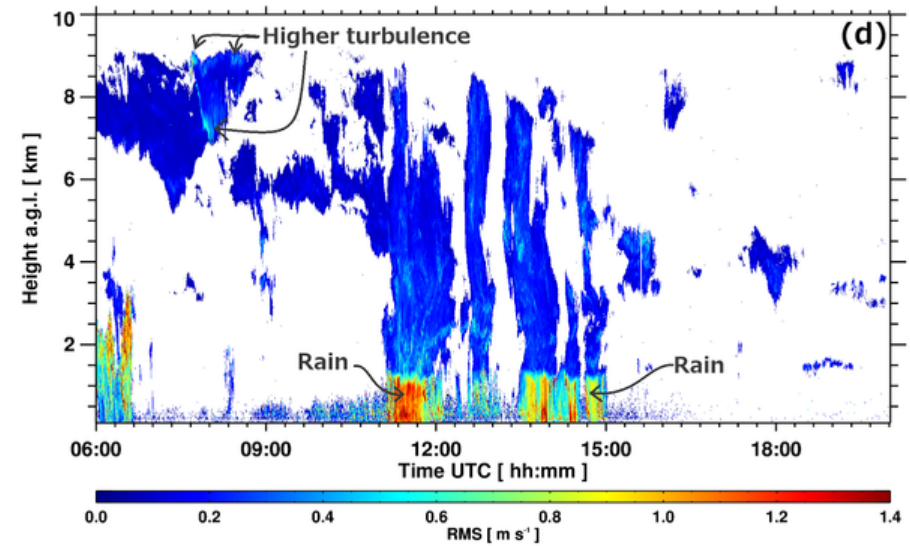
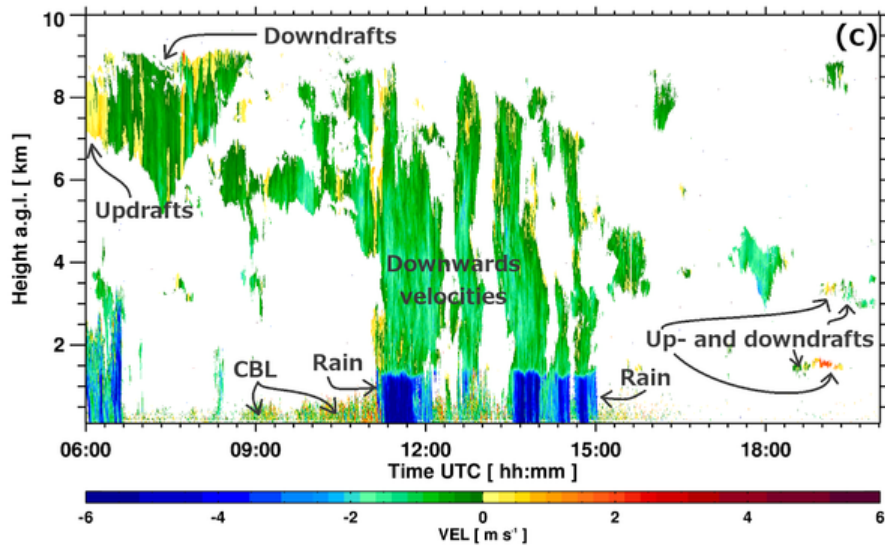
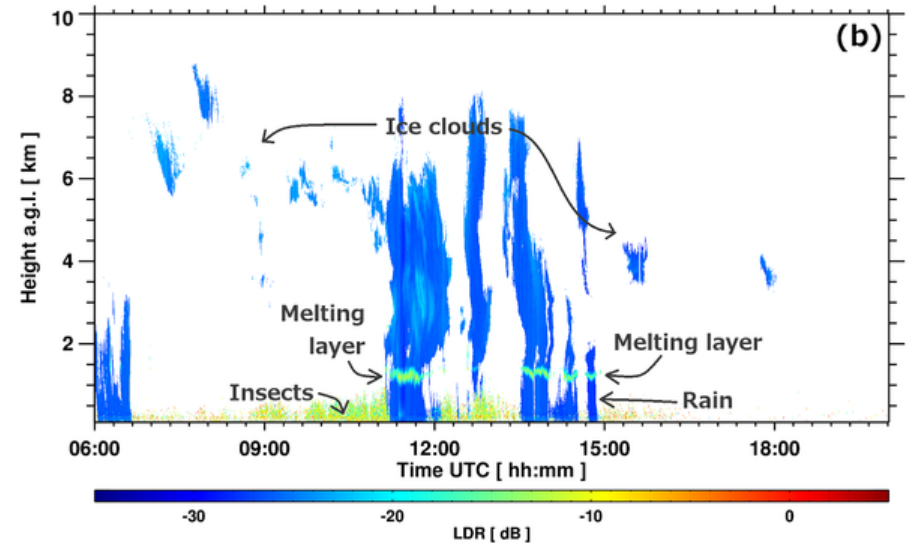
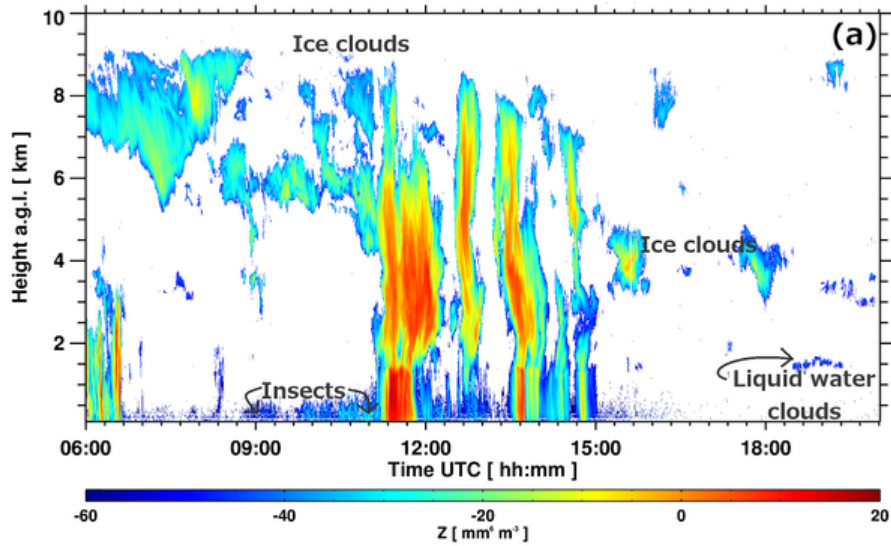
Atmosferyczny radar milimetrowy (millimeter cloud radar)

Analizowane są różne parametry odbitego sygnału:

Z: reflectivity

LDR: linear depolarization ratio, V: velocity, RMS_V : velocity dispersion, r: range





Przykładowe pomiary radaru naziemnego patrzącego w zenit.
(CBL – convective boundary layer)

Z – odbijalność

$$P_e = \frac{P_s \cdot G^2 \cdot \lambda^2}{(4\pi)^3 \cdot R^4} \cdot \sigma$$

$$P_e = \frac{P_s G^2 \lambda^2}{(4\pi)^3 R^4} \cdot V \cdot \sum_{i=1}^{n/vol} D_i^6 = Z$$

$$P_e = \frac{P_s G^2 \lambda^2}{(4\pi)^3 R^4} \cdot \frac{\pi \theta \phi R^2 c_0 \tau}{8} \cdot \frac{\pi^5 |K|^2 D_i^6}{\lambda^4}$$

P_e – moc emitowana

P_s – moc odebrana

G – „gain” anteny

R – odległość

σ – przekrój czynny

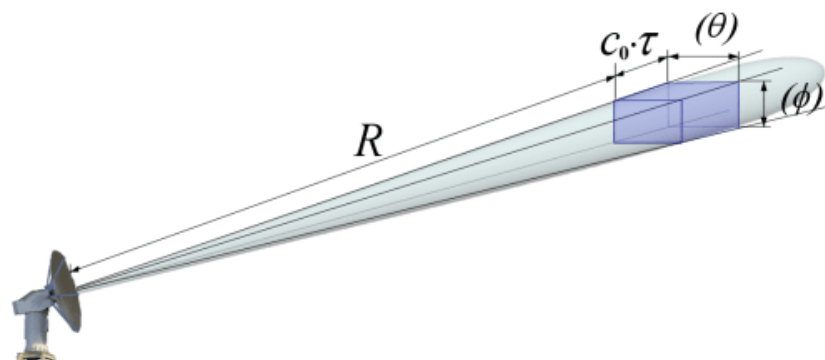
D – średnica hydrometeoru

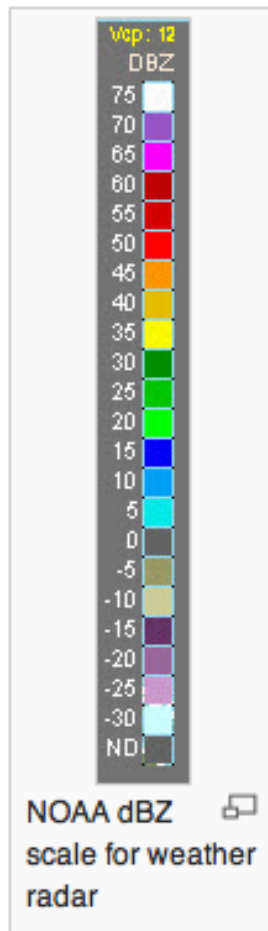
Jednostka Z: $\text{mm}^6 \text{m}^{-3}$

Względna odbijalność w skali logarytmicznej:

$$\text{dBZ} \propto 10 \log_{10} \frac{Z}{Z_0}$$

Z_0 – 1 korpla o średnicy 1mm na 1 m^3

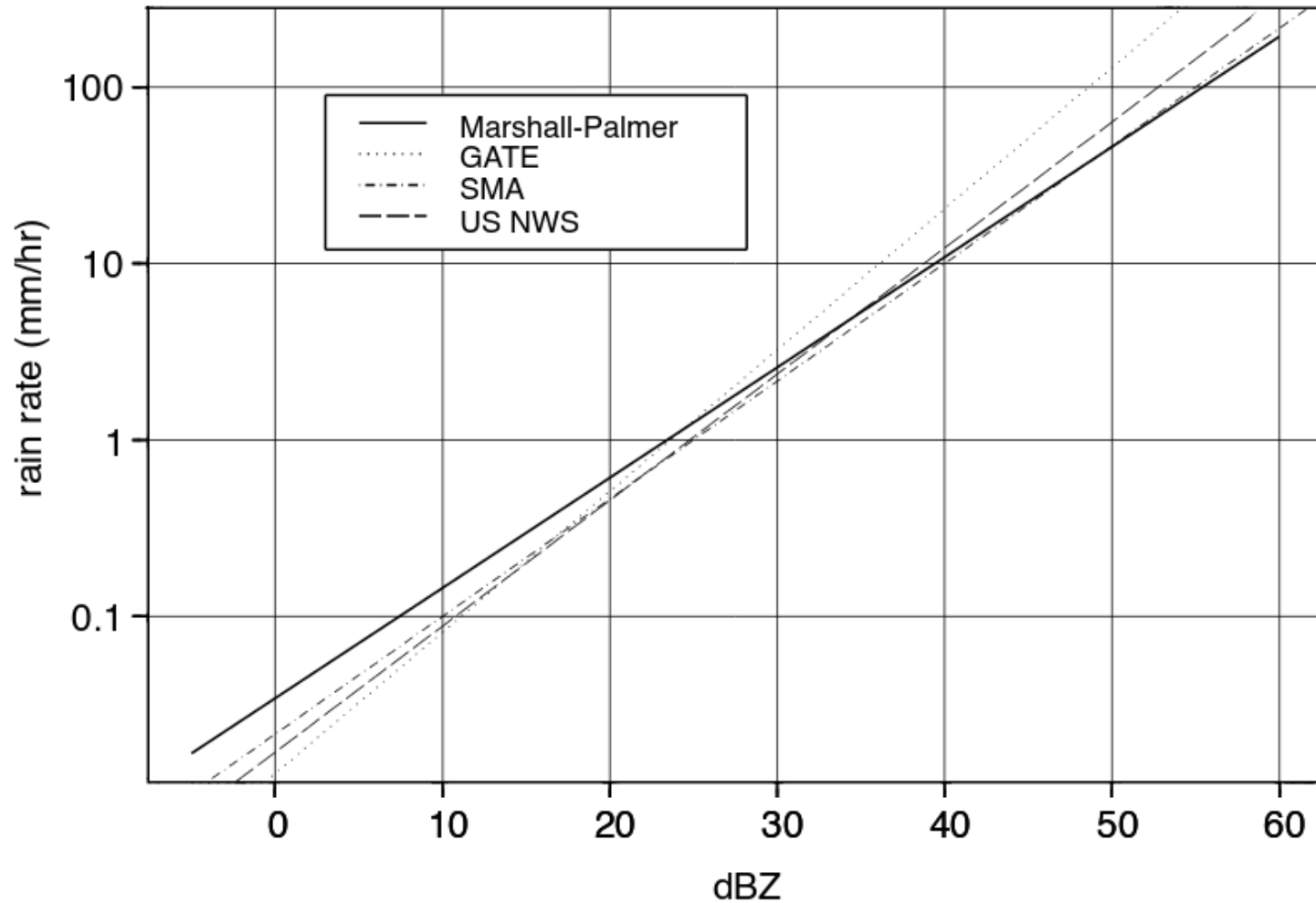




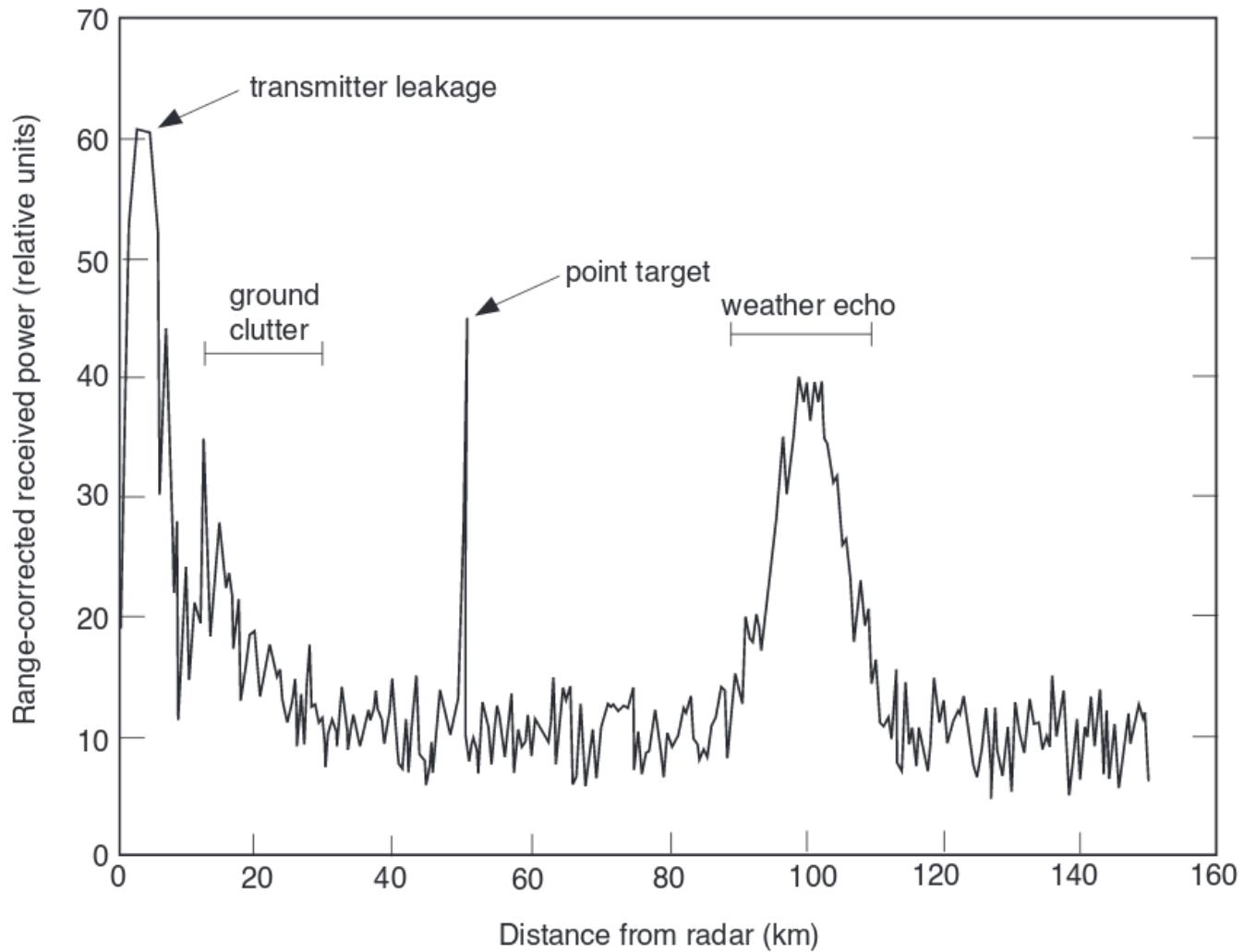
dBZ versus Rainrate

dBZ	R (mm/h)	Rate (in/hr)	Intensity
5	0.07	< 0.01	Hardly Noticeable
10	0.15	< 0.01	Light Mist
15	0.3	0.01	Mist
20	0.6	0.02	Very Light
25	1.3	0.05	Light
30	2.7	0.1	Light to Moderate
35	5.6	0.22	Moderate Rain
40	11.53	0.45	Moderate Rain
45	23.7	0.92	Moderate to Heavy
50	48.6	1.90	Heavy
55	100	4	Very Heavy / Small Hail
60	205	8	Extreme / Moderate Hail
65	421	16.6	Extreme / Large Hail

Zależność pomiędzy odbijalnością a opadem atmosferycznym



$$\frac{\text{mm}}{\text{h}} = \left(\frac{10^{(\text{dBZ}/10)}}{200} \right)^{\frac{5}{8}}$$

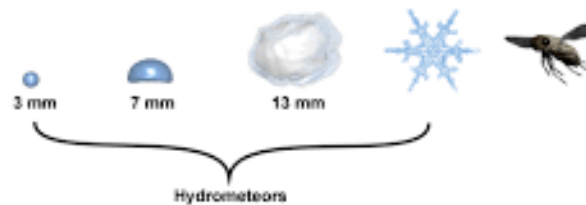


Przykładowy sygnał odebrany za pomocą radaru.

Hydrometeor

Woda w atmosferze w postaci kropelek lub kryształków:
deszcz, śnieg, grad, chmura, mgła itp

Reflector Shape is a Function of its Size, Phase, and Type



©The COMET Program

Full body scanner



Instrumenty badające chmury i opady atmosferyczne

Instrumenty

Current and planned Instruments

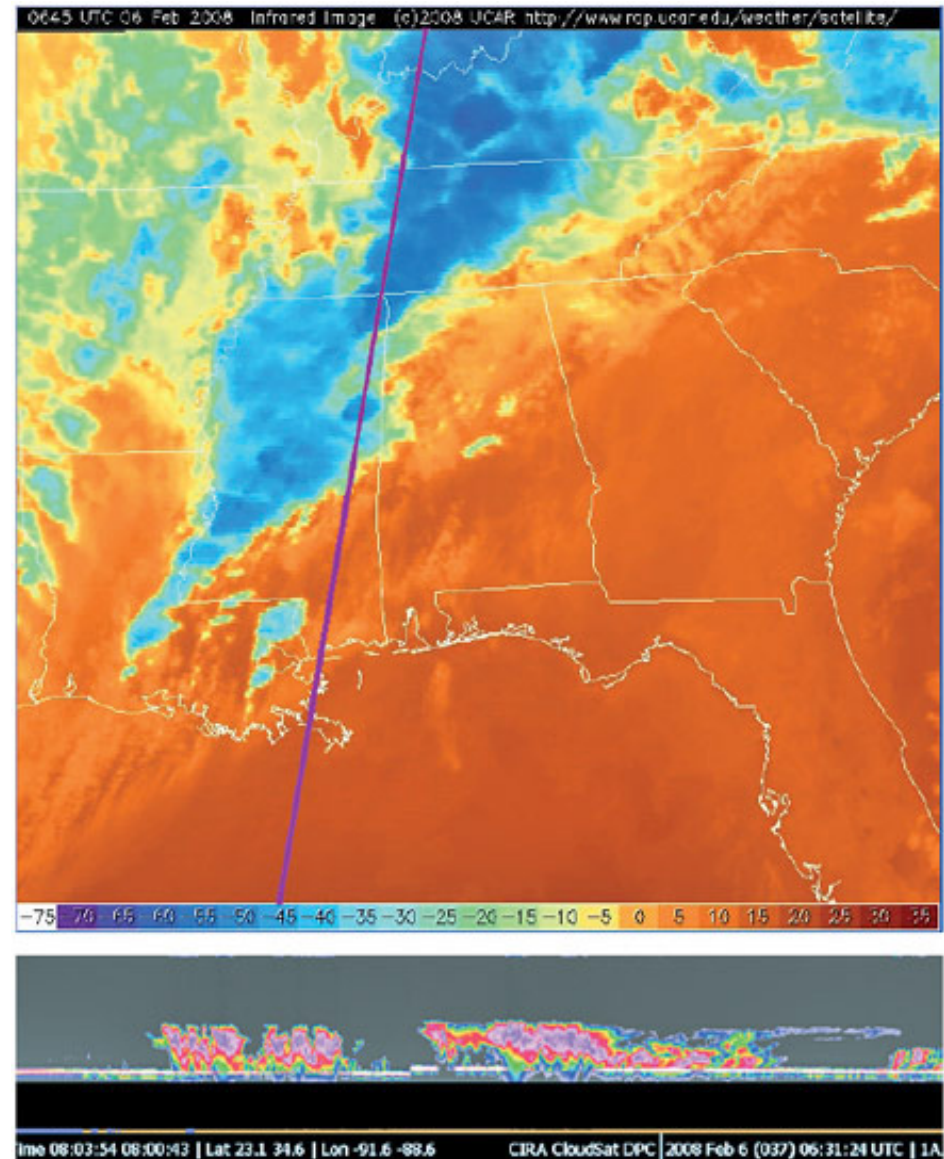
Cloud radar (ACE)

DPR

CPR (Cloudsat)

PR

CPR (EarthCARE)



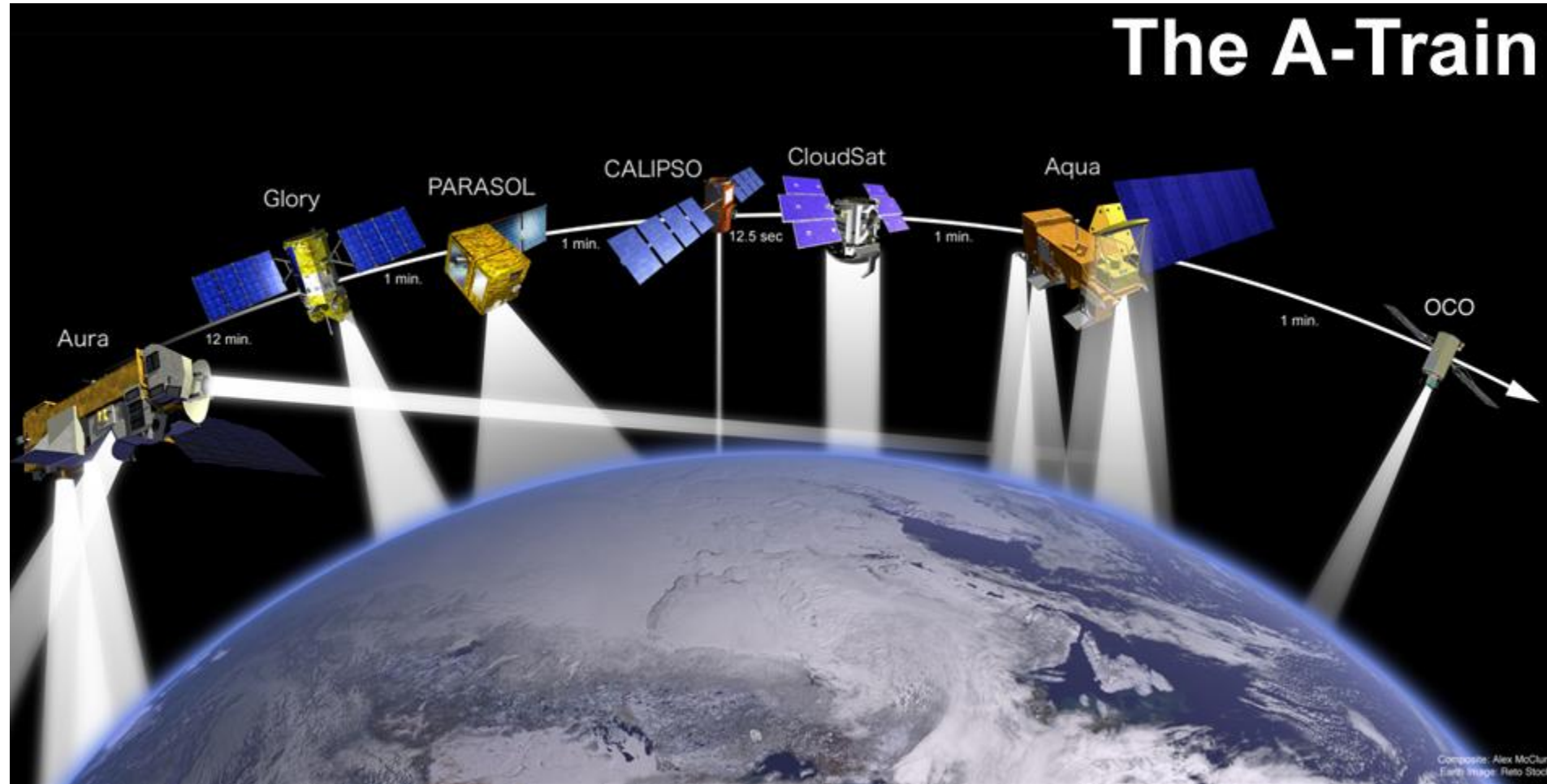
CloudSat

Cloud radar (ACE)



NASA Mission to planet Earth

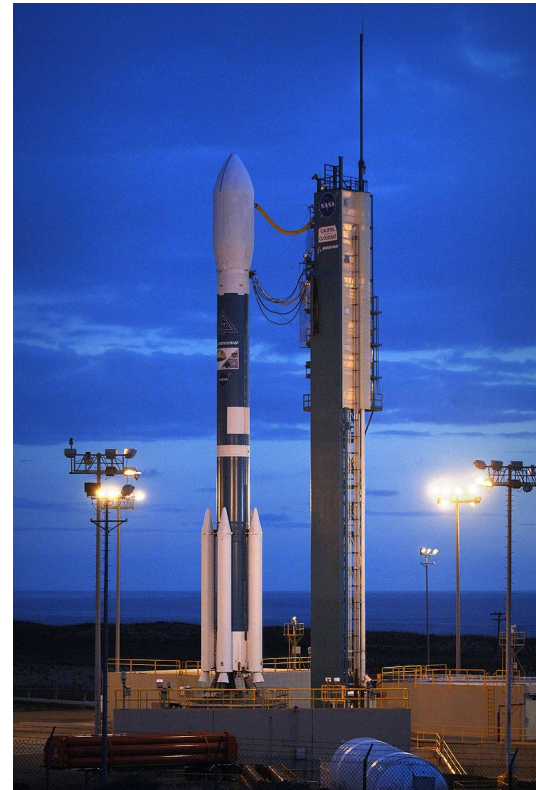
The A-Train





Zamawiający: NASA
Wykonawca: Ball Aerospace
Start: 28.04.2006 (Delta II)
Awaria baterii: 2011

Aktualnie pracuje tylko za dnia.



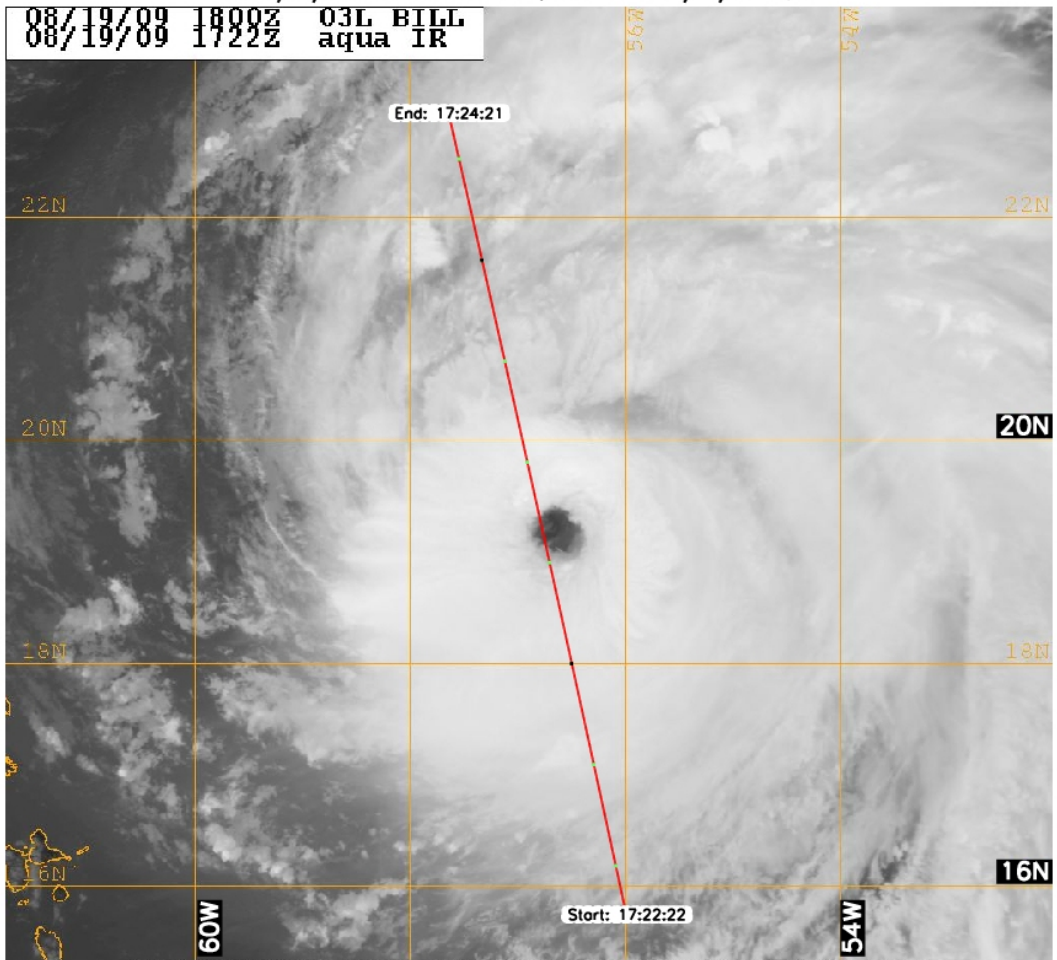
Parametry radaru

Nominal Frequency	94 GHz
Pulse Width	3.3 μ sec
PRF	4300 Hz
Minimum Detectable Z*	< -29 dBZ
Data Window	0-25 km
Antenna Size	1.85 m
Dynamic Range	70 dB
Integration Time	0.16 sec
Nadir Angle (since 15 Aug 2006***)	0.16°
Vertical Resolution	500 m
Cross-track Resolution	1.4 km
Along-track Resolution**	1.7 km
Data Rate	20 kbps

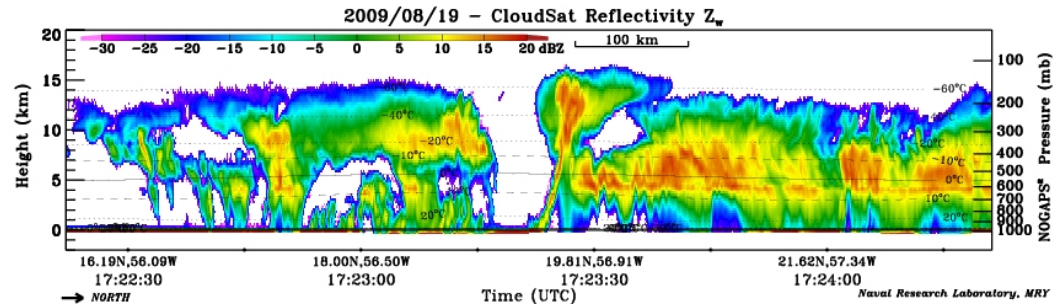
*Equivalent radar reflectivity that gives a mean power equal to the standard deviation after integration and noise subtraction. Atmospheric attenuation is not included.

**The along-track resolution is based on averaging the instantaneous footprint over the integration time. Based on purely geometric arguments, the along-track resolution would be approximately 2.5 km. However, a more rigorous convolution calculation gives an along-track resolution of 1.7 km, as shown in the table.

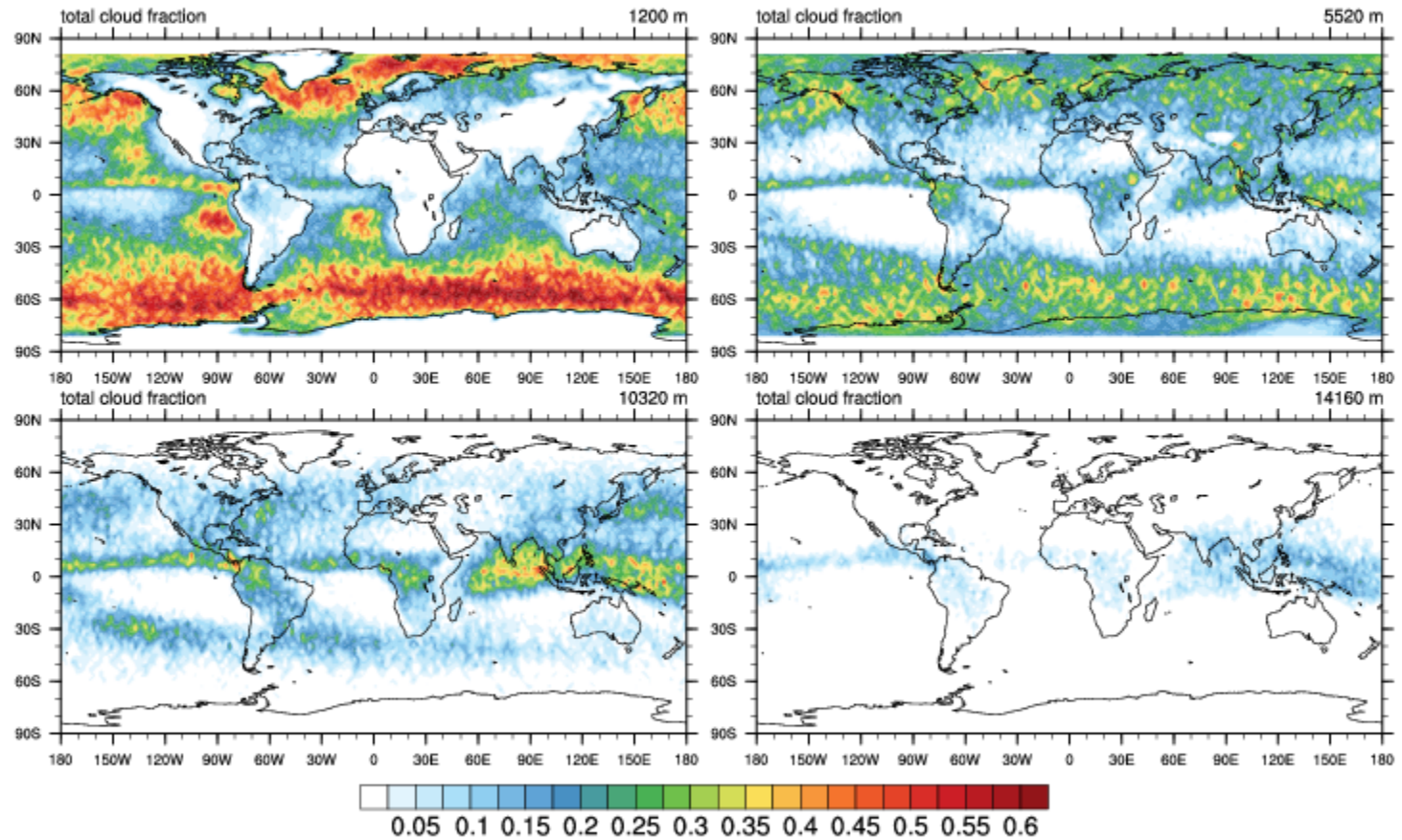
***Nadir angles were changed from approx. 1.71° to 0.0° on 7 July 2006 and from 0.0° to 0.16° on 15 August 2006



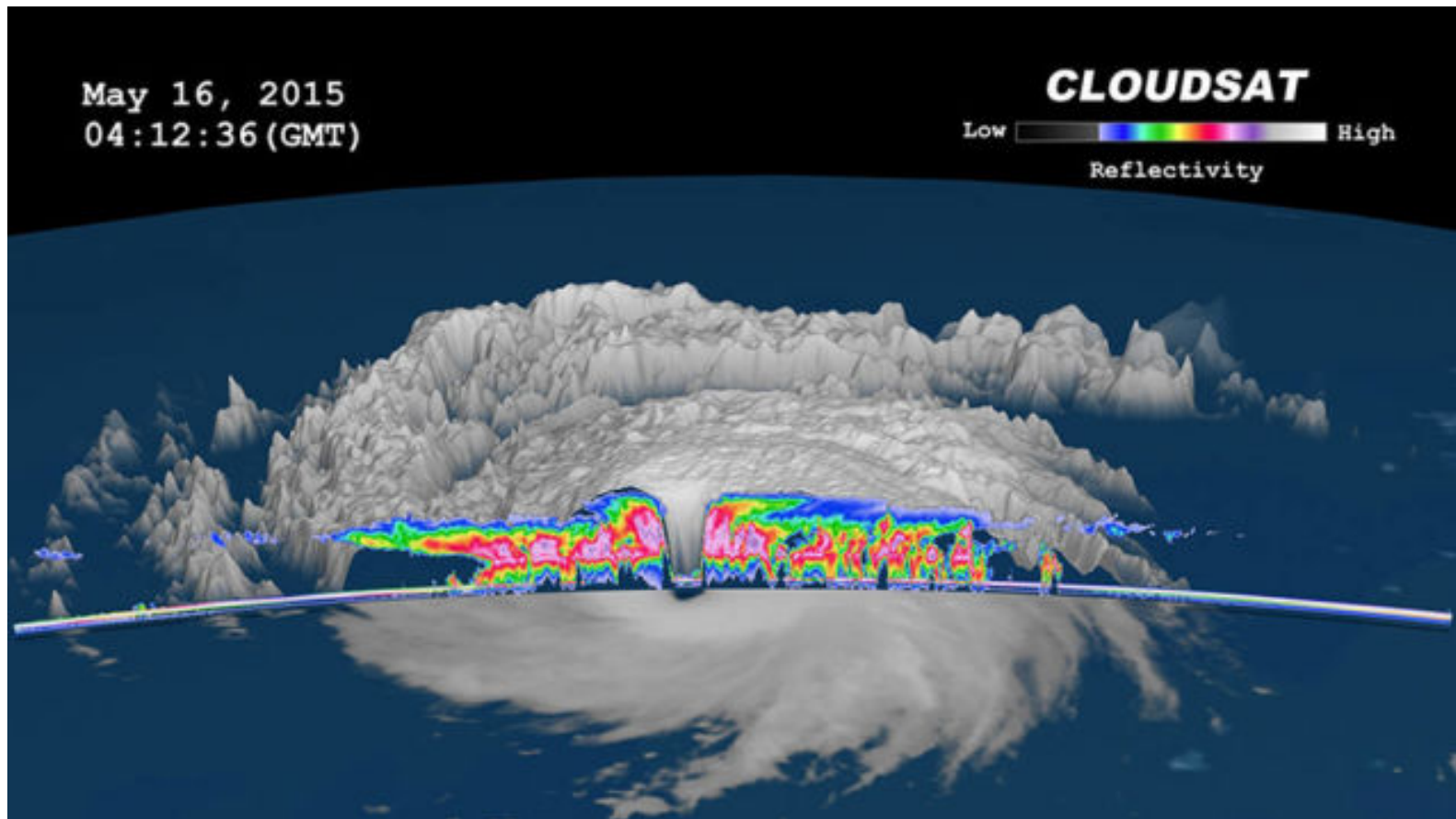
Naval Research Laboratory http://www.nrlmry.navy.mil/sat_products.html
 <-- Infrared -->



Time mean: 200606-200612: CloudSat Radar Reflectivity



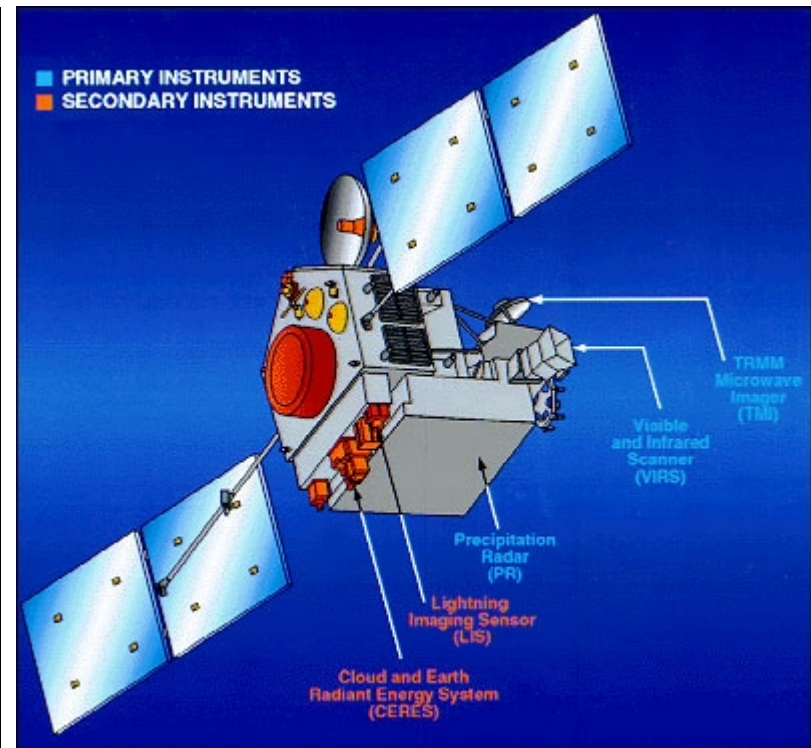
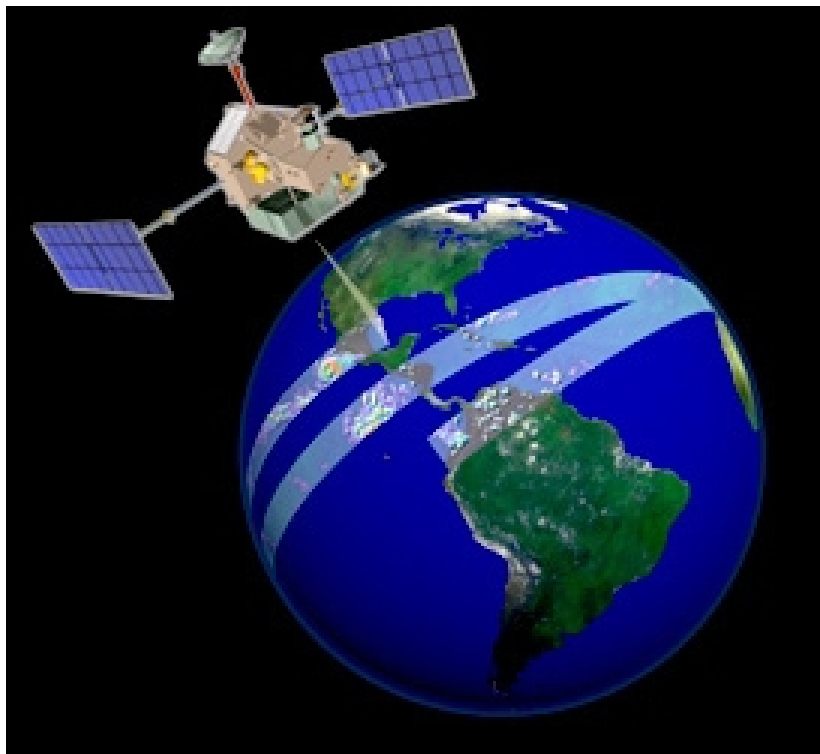
Średnie zachmurzenie na różnych wysokościach



Model 3D wierzchołka chmur wraz z przekrojem z satelity CloudSat

Instrumenty badające chmury i opady atmosferyczne

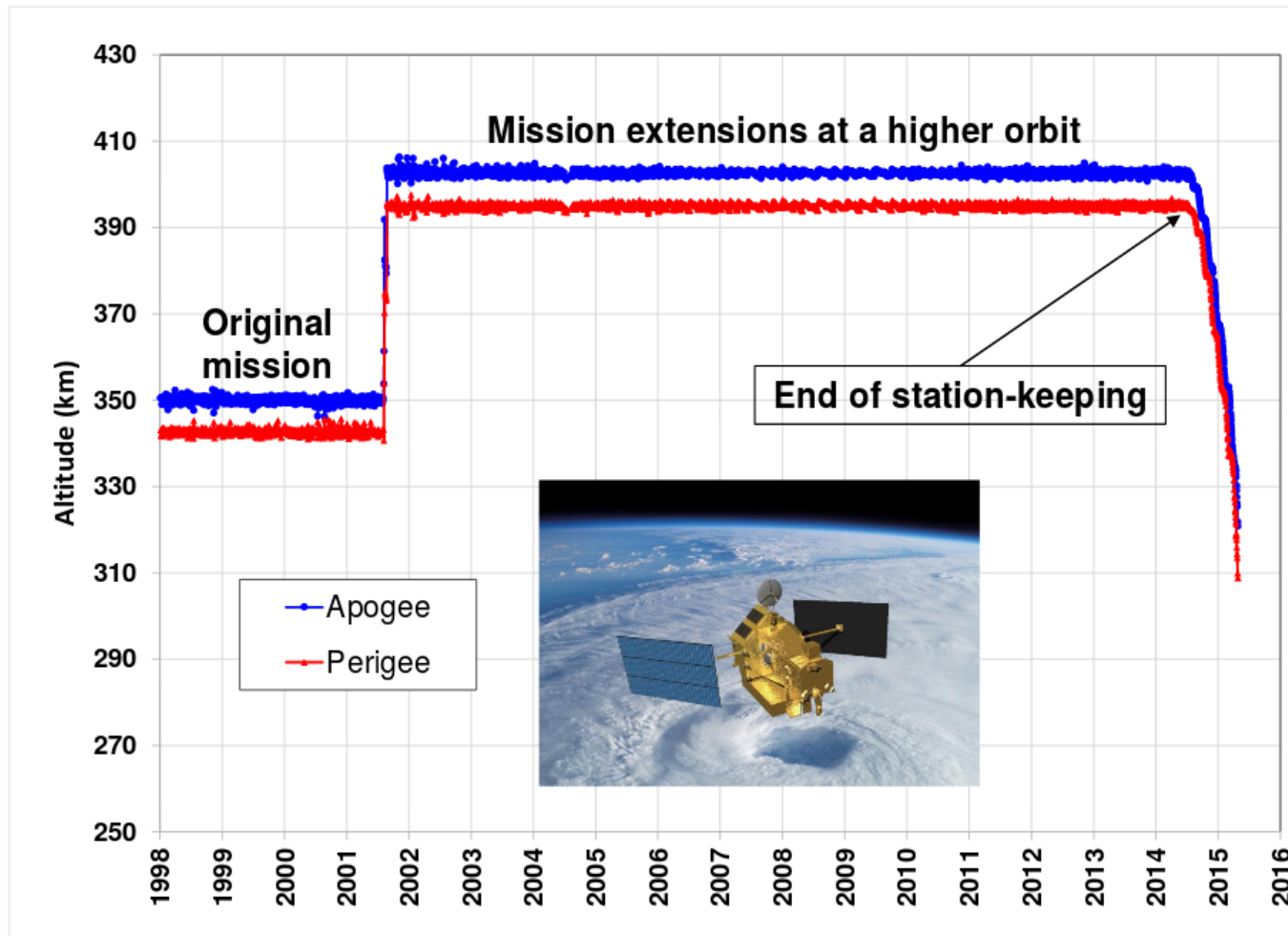
Tropical Rainfall Measuring Mission



Zamawiający: NASA i JAXA

Start: 1997

Stop: 2015



Instrumenty badające chmury i opady atmosferyczne

Precipitation Radar

Wysyła wiązki fal na częstotliwości: 13,796 i 13,802 GHz

Rozdzielczość pionowa to 4 km

a szerokość ścieżki obserwacyjnej 220 km.

Zakres pomiaru od powierzchni do 20 km w pionie.

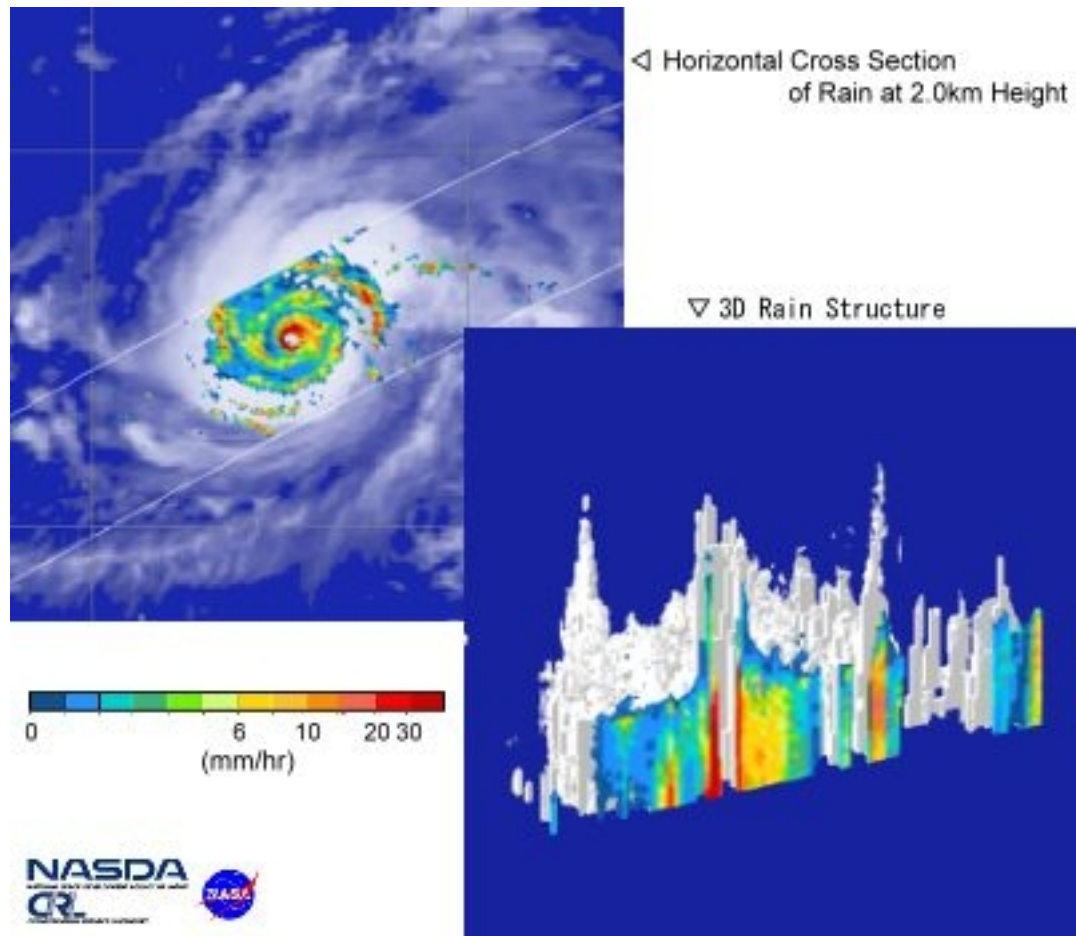
Zdolność detekcji deszczu na poziomie 0,7 mm / godzinę.

Możliwość uzyskania przekrojów 3D.

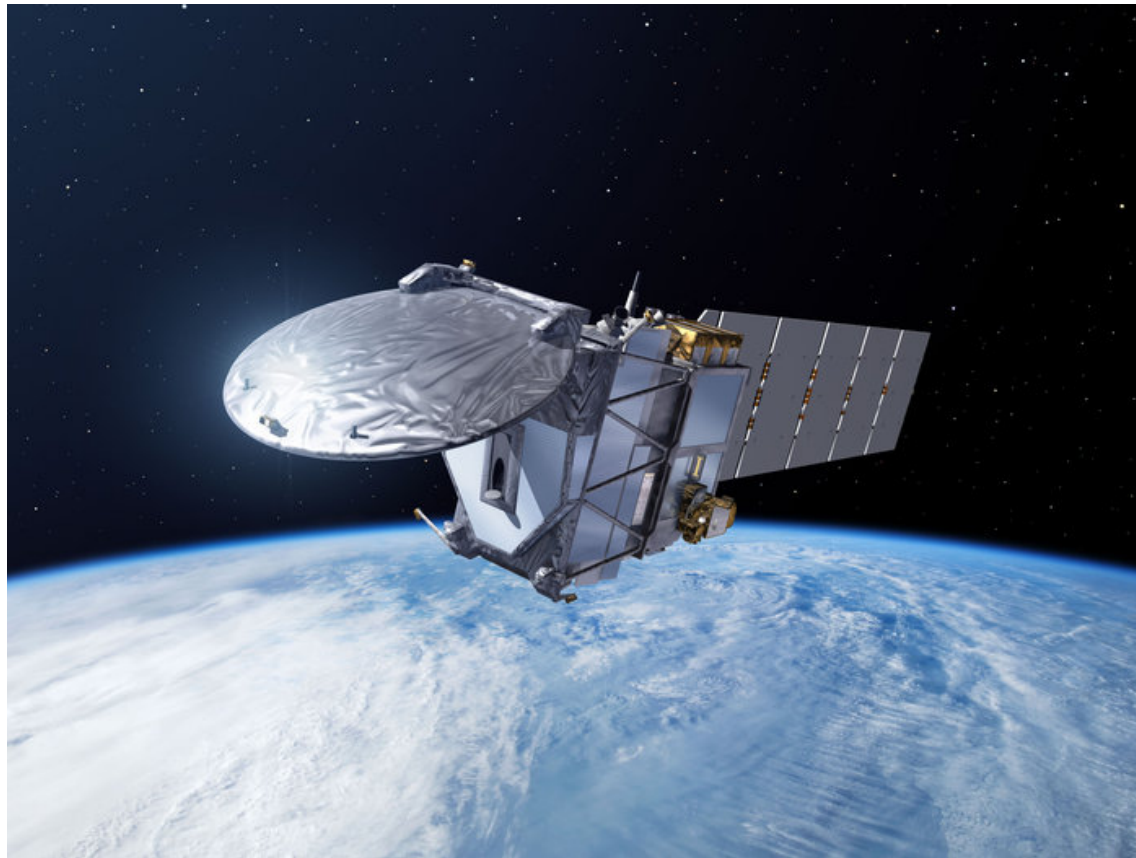
Wykorzystanie zależności siła sygnału od wielkości kropli r^2

Instrumenty badające chmury i opady atmosferyczne

Precipitation Radar



ESA / JAXA
EarthCARE - Earth Cloud Aerosol and Radiation Explorer



Backscatter Lidar (ATLID) - ESA - 354.8 nm, high-spectral resolution and depolarisation

Cloud Profiling Radar (CPR) - JAXA/NICT - 36 dBZ sensitivity, 500 m vertical resolution, Doppler

Multi-Spectral Imager (MSI) - ESA 7 channels, 150 km swath, 500 m pixel

Broadband Radiometer (BBR) - ESA 2 channels, 3 views (nadir, fore and aft). A broadband [Radiometer](#).

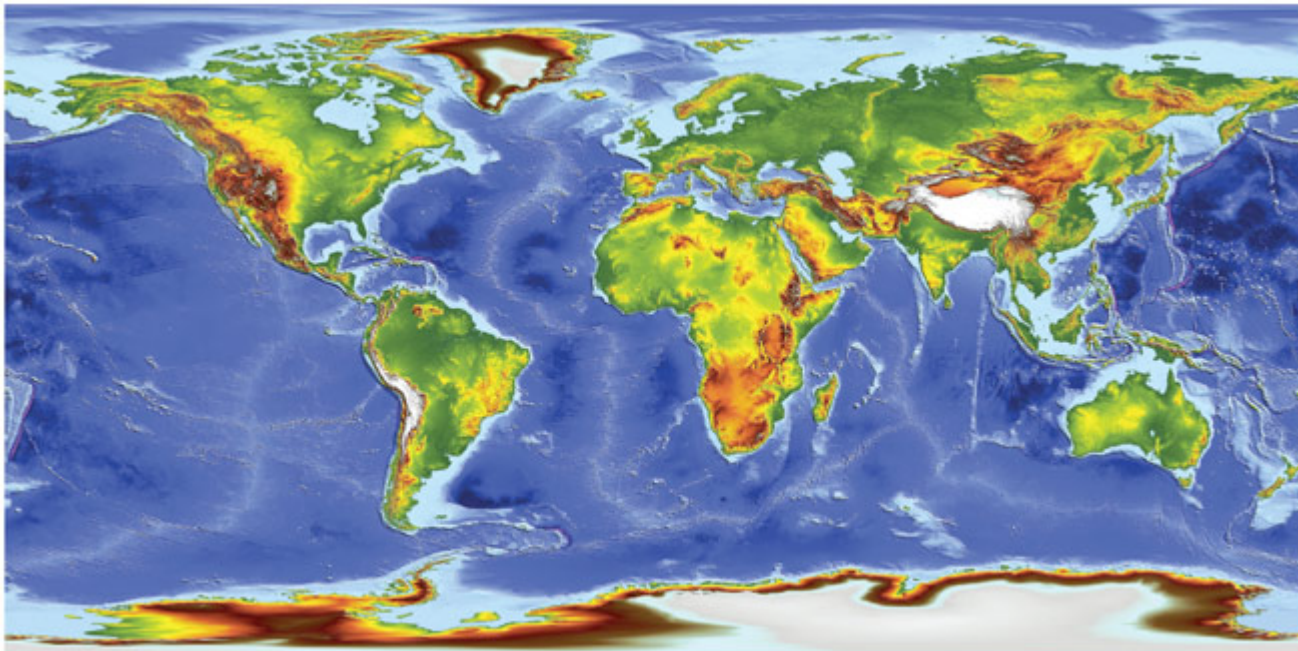
Wysokościomierz (altimetr) radarowy

Wysokościomierze radarowe

Instrumenty działają na zasadzie pomiaru odległości wykorzystując czas między wysłaniem krótkiego impulsu elektromagnetycznego a odbiorem sygnału odbitego od powierzchni Ziemi.

Pomiaru dokonuje się wzdłuż toru lotu satelity.

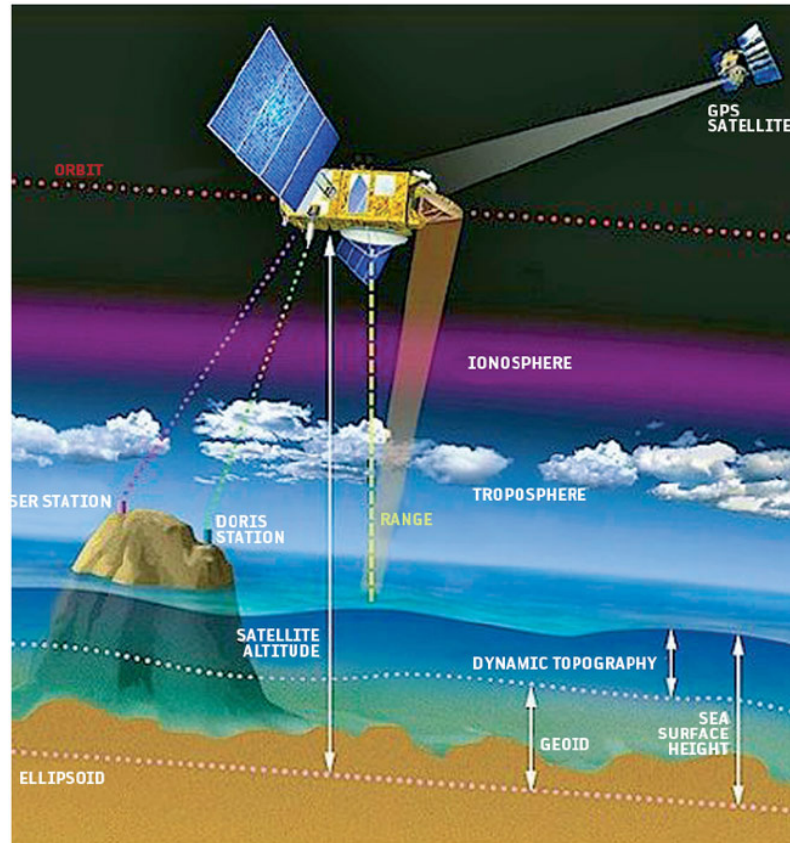
Wysokościomierze mają największą dokładność przy niskich orbitach satelitów oraz stosunkowo gładkich powierzchniach.



The world as seen by radar altimeters.

Wysokościomierze radarowe

Wysokościomierze radarowe wykorzystuje się do badań topografii powierzchni oceanów (OSTM / Ocean Surface Topography Mission). Seria satelitów „Jason” będzie zbierać dane w sposób ciągły przez kilka dziesięcioleci z dokładnością do kilku centymetrów co 10 dni.



Wysokościomierze radarowe

Prawidłowe wyznaczenie wysokości zależy od dokładnego określenia orbity satelity.

Układ pomiarowy składa się :

- Z wysokościomierza radarowego wysokiej precyzji (od 2 do 4 cm),
- Z mikrofalowej sondy atmosferycznej lub radiometru (do pomiaru ilości pary wodnej na drodze sygnału radarowego),
- Odbiorników GPS, odbłyśników laserowych lub DORIS (do określenia precyzyjnej orbity instrumentu).

Wysokościomierze radarowe

Pomiary wysokości wykorzystuje się do :

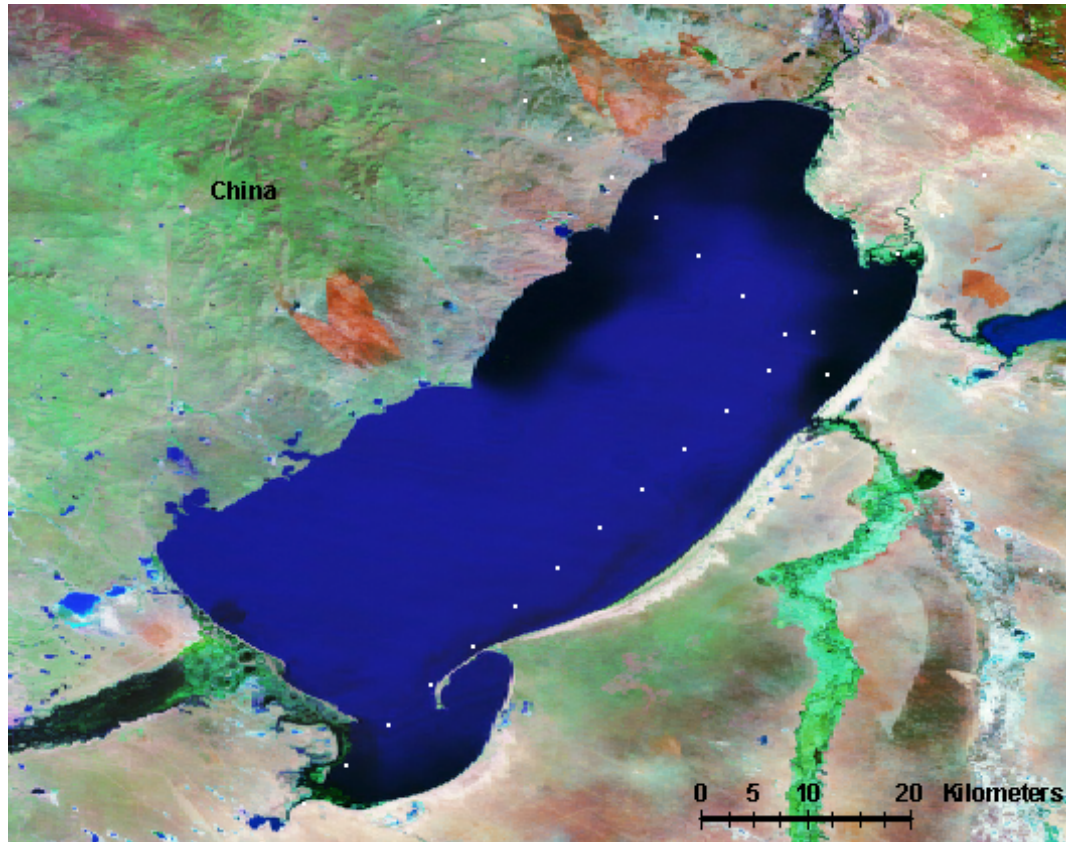
- Monitorowaniu wysokości powierzchni oceanów,
- Informacje na temat lodu morskiego, gór lodowych
- Topografii terenu i pokrywy lodowej.

Badanie struktury podstawy Arktyki ujawniło nowe złoża materiałów mineralnych oraz określiło granice basenu oceanicznego powstałego 100 milionów lat temu.

Wysokościomierze radarowe

Pomiary pokrywy lodowej Antarktyki i Grenlandii pomogły oszacować wpływ topnienia lodu na poziom wody w oceanach.

Nowe wysokościomierze radarowe wykorzystuje się do monitorowania poziomu wód śródlądowych (rzeki i jeziora).



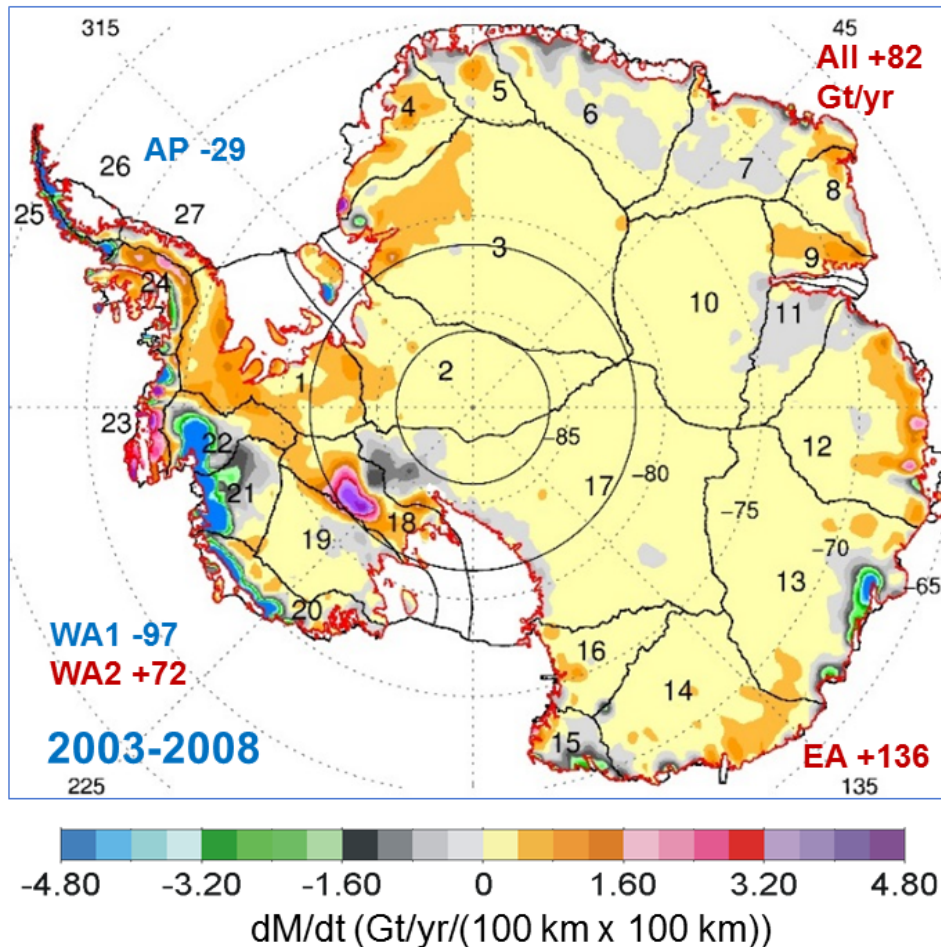
Przyrost lodu na Antarktydzie

Od ok. 10 000 lat przybywa ok 1.5 cm rocznie.

W latach 2003-2008 przybyło w sumie 82 mld ton rocznie.

Jest to więcej niż ubywa każdego roku ze wszystkich lodowców świata, oraz 0.23mm rocznie wody z mórz i oceanów (NASA, ICESat 2015).

A mimo to poziom wód i oceanów rośnie o ok. 0.27mm (zgodnie z raportem IPCC).



Wysokościomierze radarowe

Innym zastosowaniem wysokościomierzy radarowych to niezależne pomiary geoidy ziemskiej. Pomiary te są niezależne od pomiarów pola grawitacyjnego dokonywanego przez inne instrumenty.

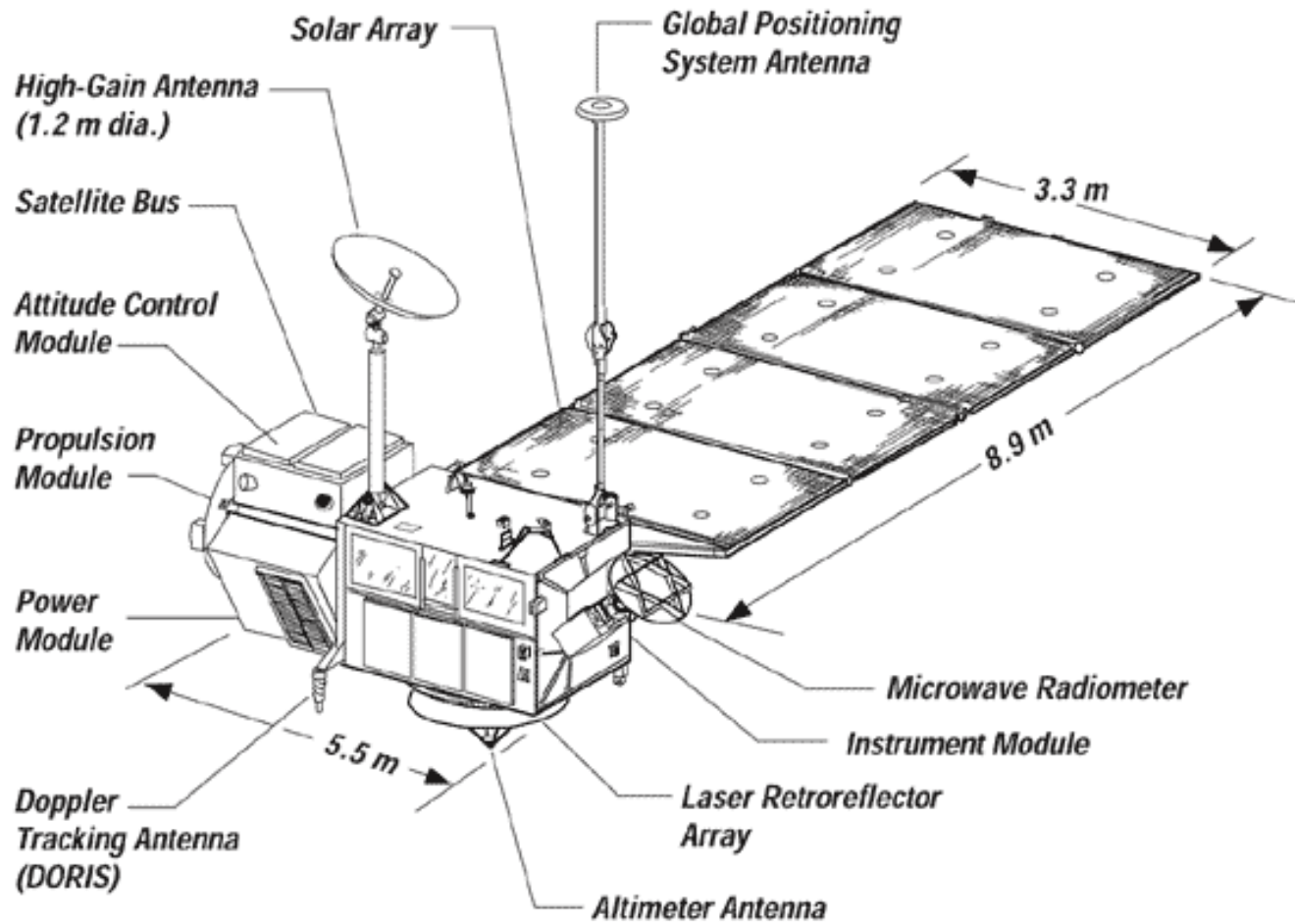
Dodatkowo wysokościomierze radarowe (wykorzystując efekt Dopplera) są wykorzystywane do wyznaczenia prędkości wiatru i wyznaczenia fal na morzu

Current and planned Instruments	
ALT	RA
AltiKa	RA-2
Altimeter (OCEANSAT-3)	Radar Altimeter
FJP	SIRAL
POSEIDON-2 (SSALT-2)	SRAL
POSEIDON-3	

TOPEX/Poseidon



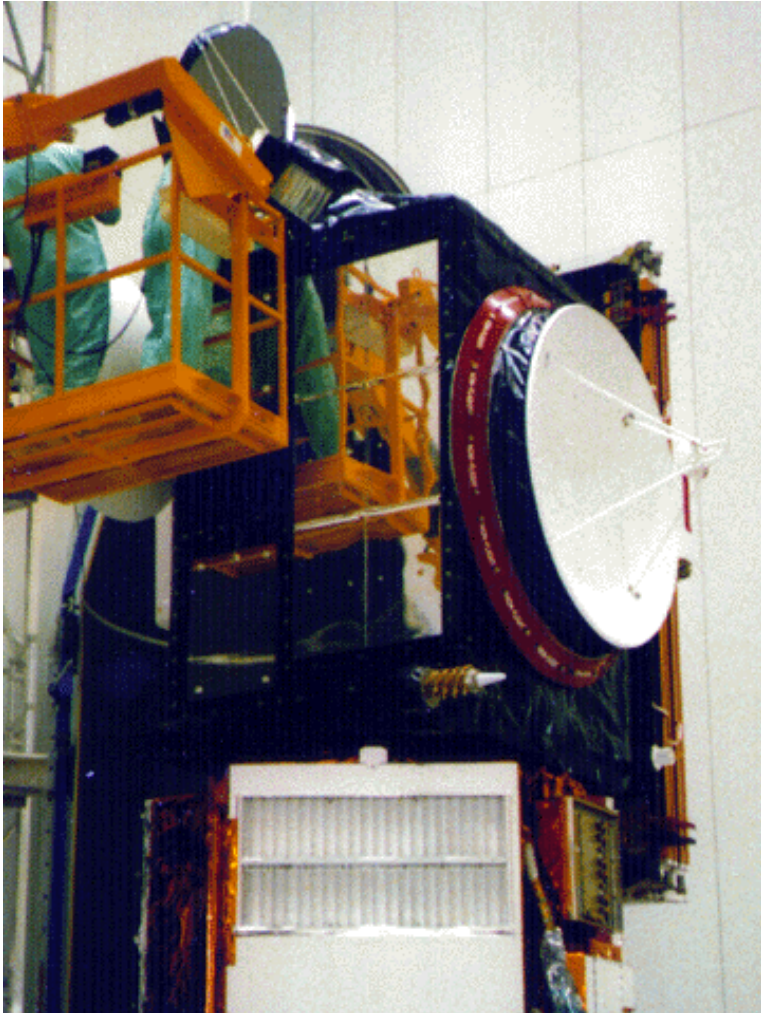
TOPEX/Poseidon



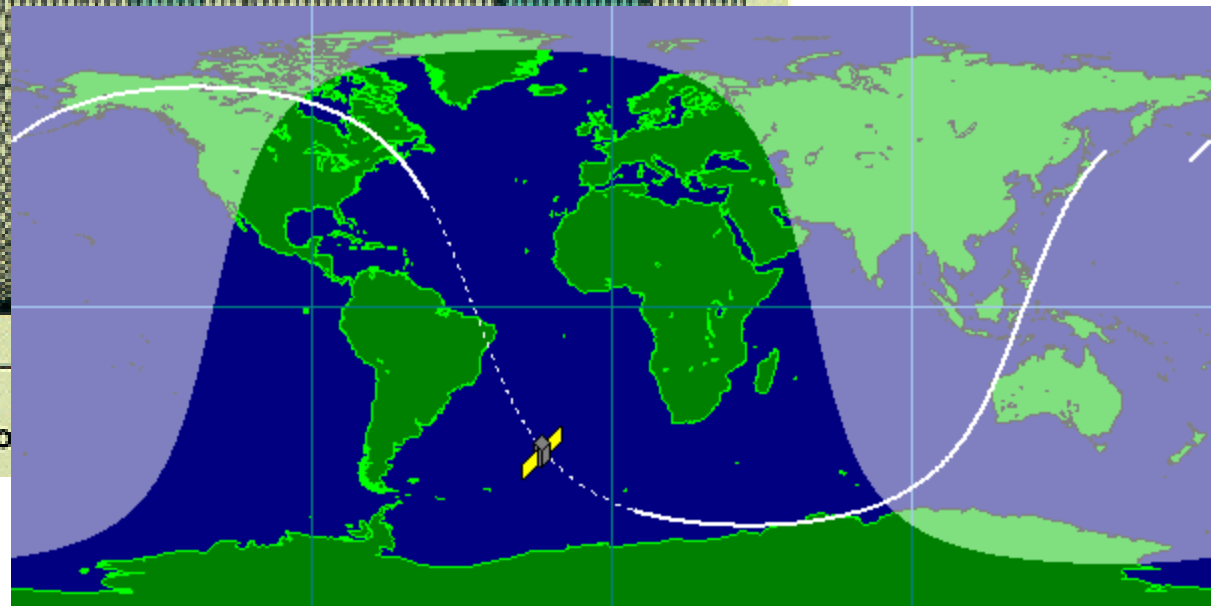
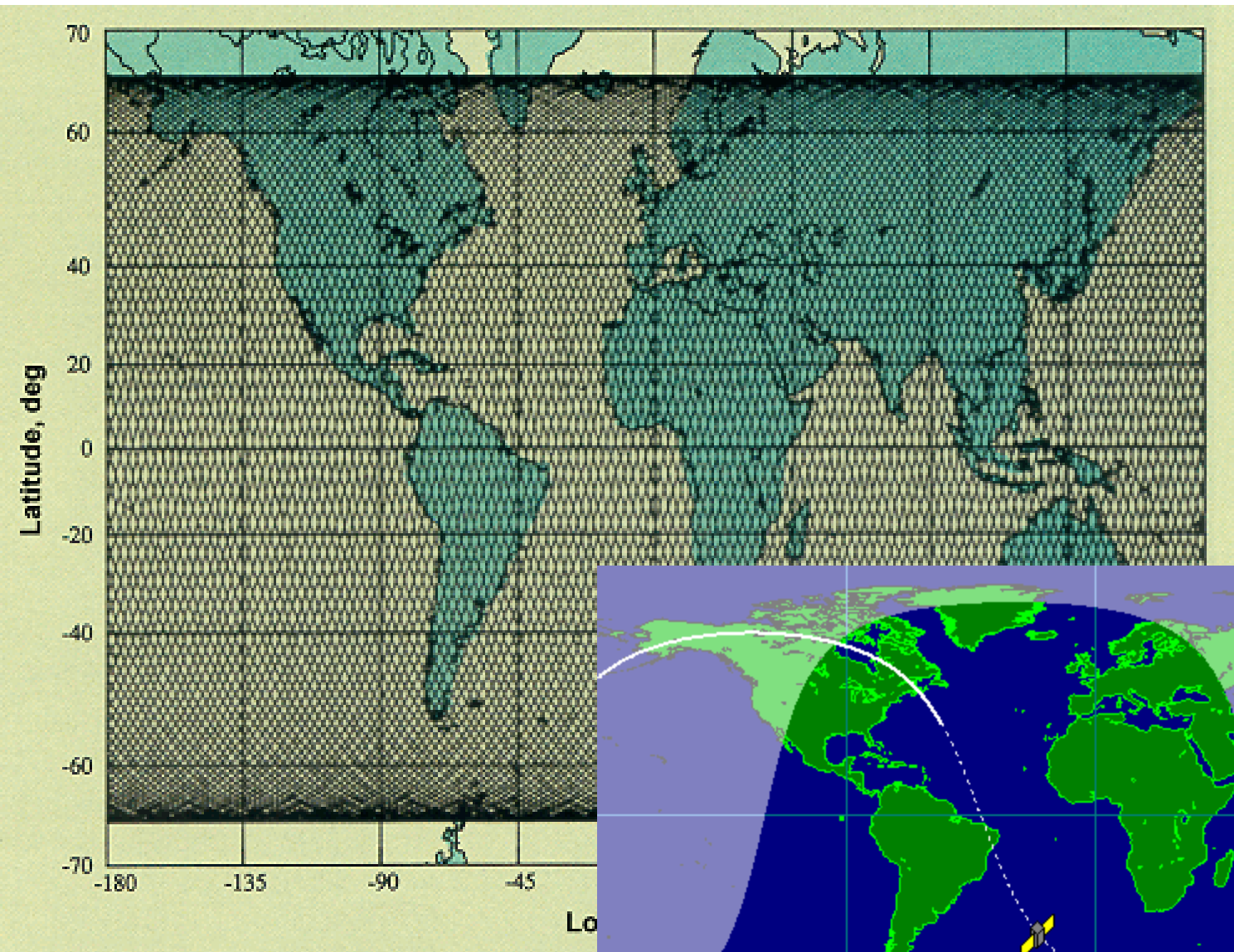
Wet mass: 2370 kg

Dry mass: 2160 kg

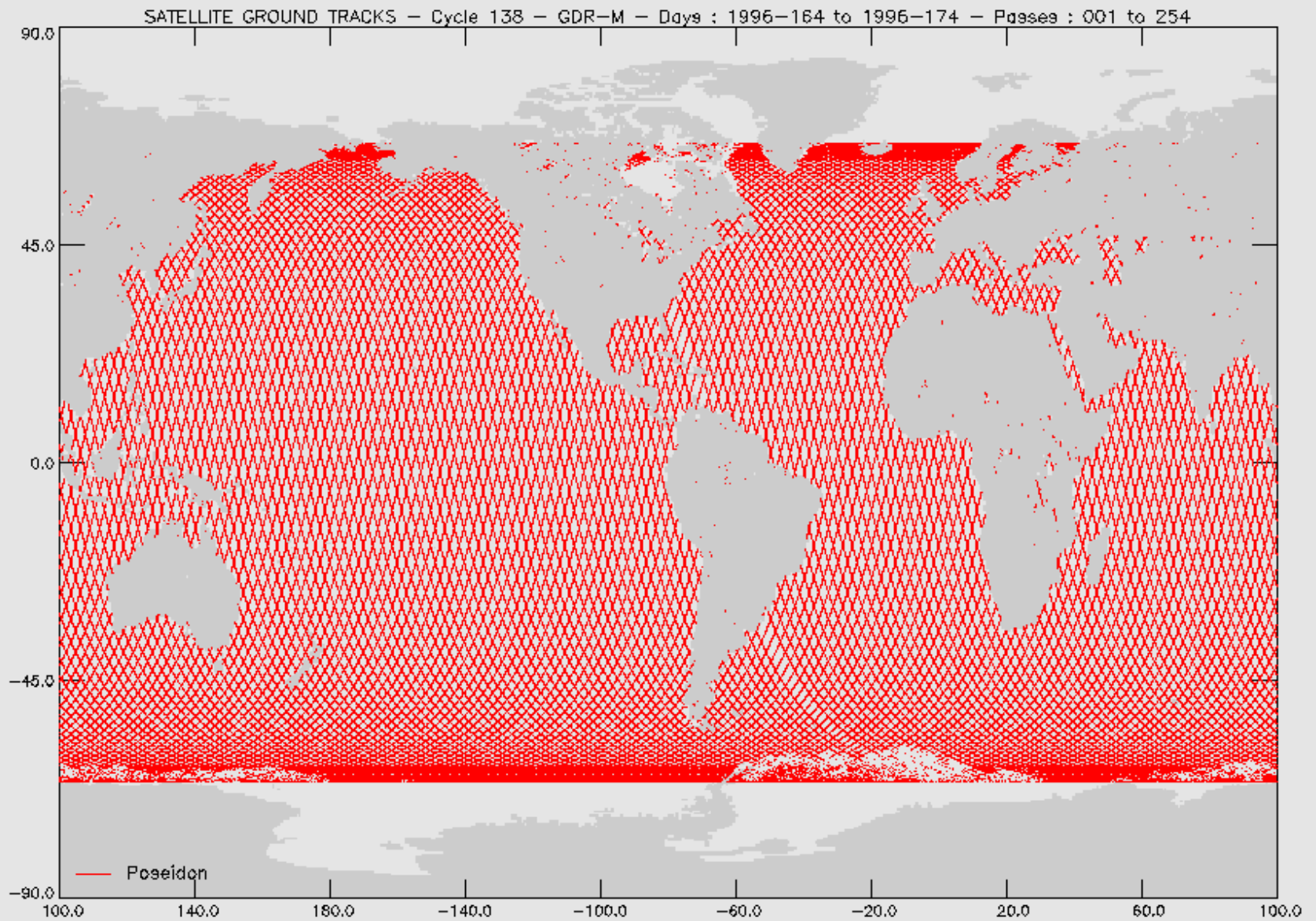
TOPEX/Poseidon



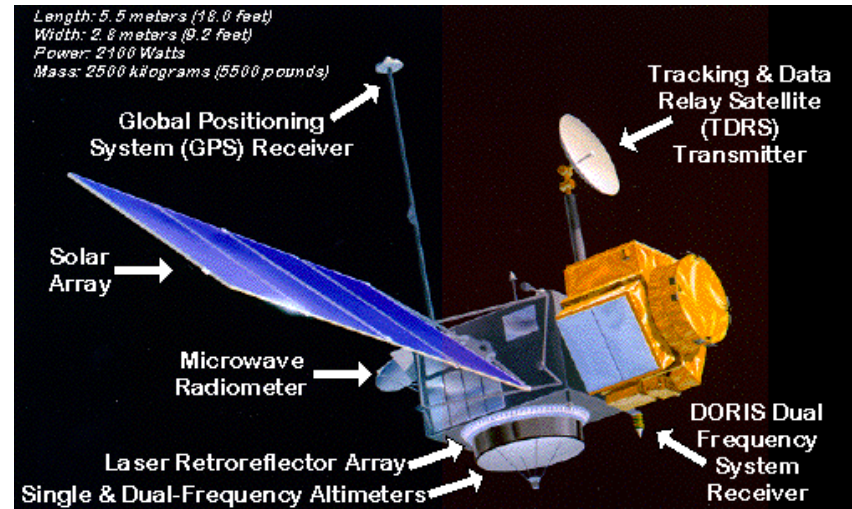
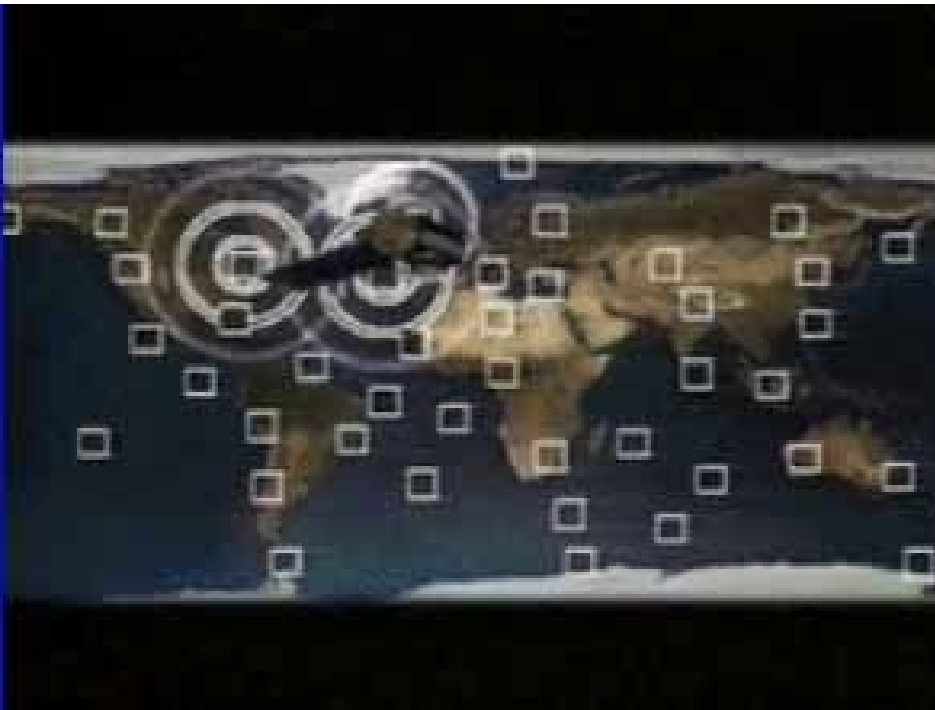
TOPEX/Poseidon



TOPEX/Poseidon

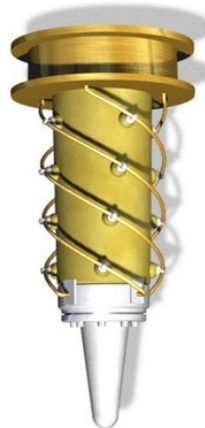


TOPEX/Poseidon

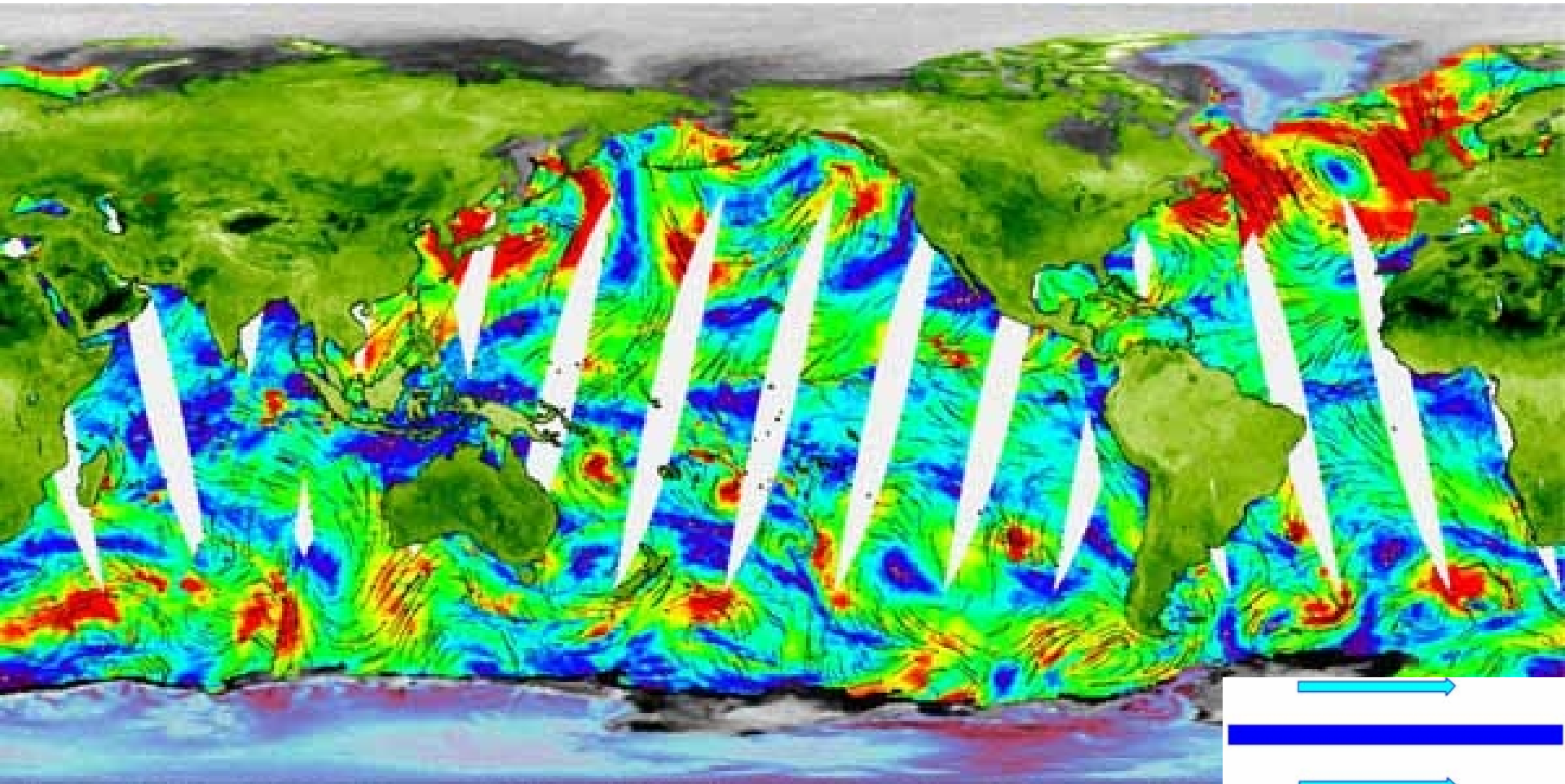


SLR (Satellite Laser Ranging)

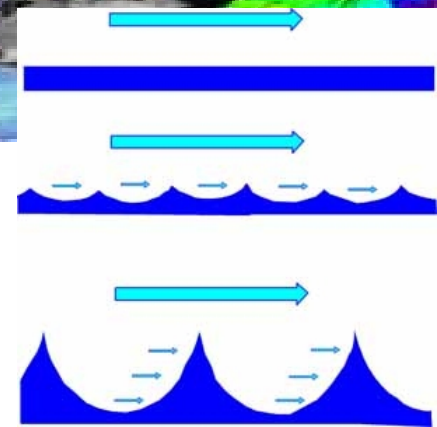
DORIS
(Doppler Orbitography
and Radiopositioning
Integrated by Satellite)



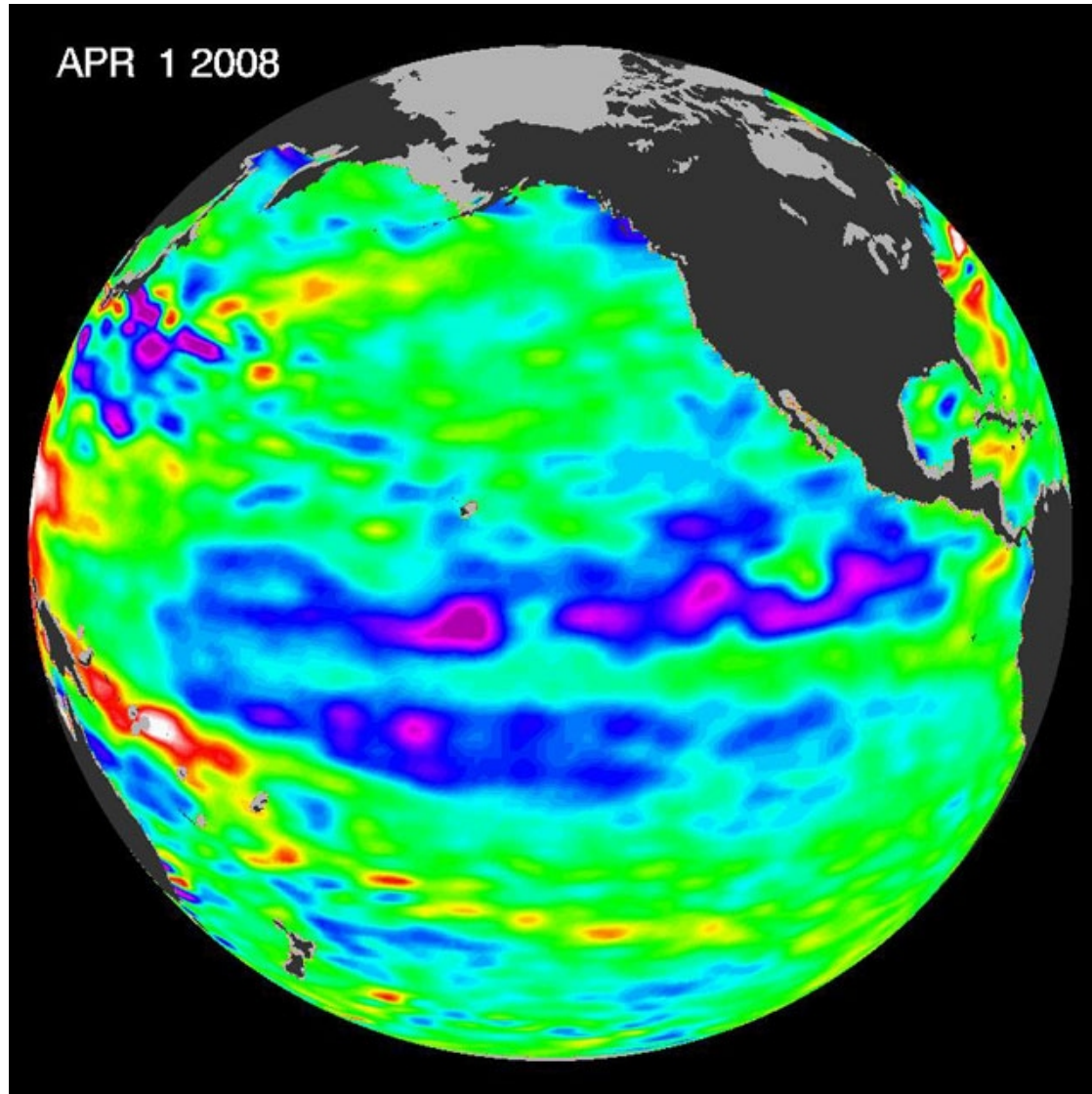
TOPEX/Poseidon



Wysokość fal i kierunek wiatru.

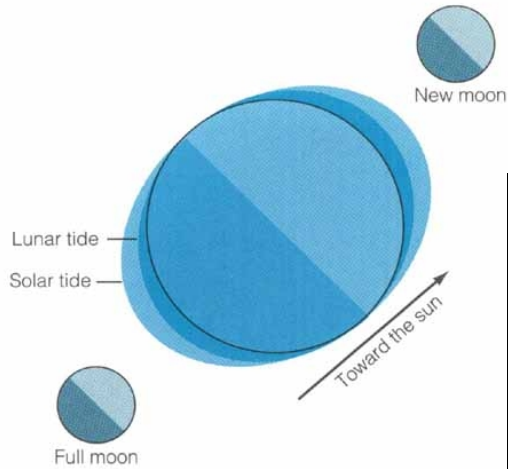


TOPEX/Poseidon

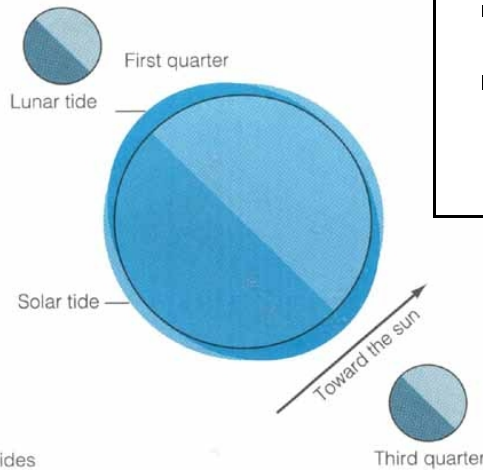


Średnia wysokość powierzchni morza (kolory oznaczają wahania rzędu +/- 30cm).

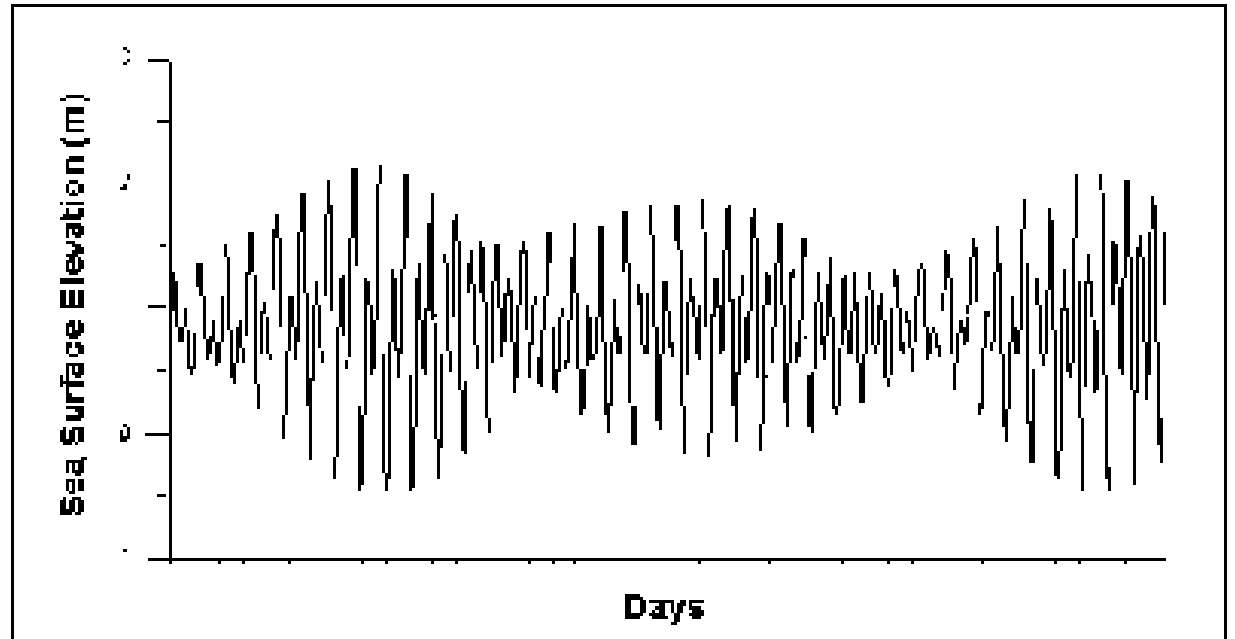
TOPEX/Poseidon



a Spring tides



b Neap tides



TOPEX/Poseidon (system wspomagający ARGO)

System ARGO

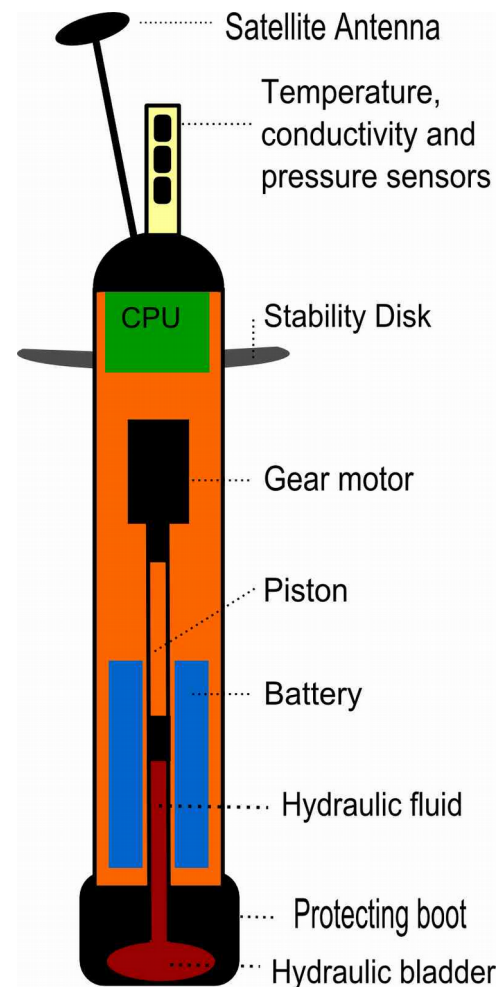
Zaproponowany w 1999r.

Prowadzi pomiary temperatury, zasolenia, ciśnienia, prędkości i kierunku prądów morskich.

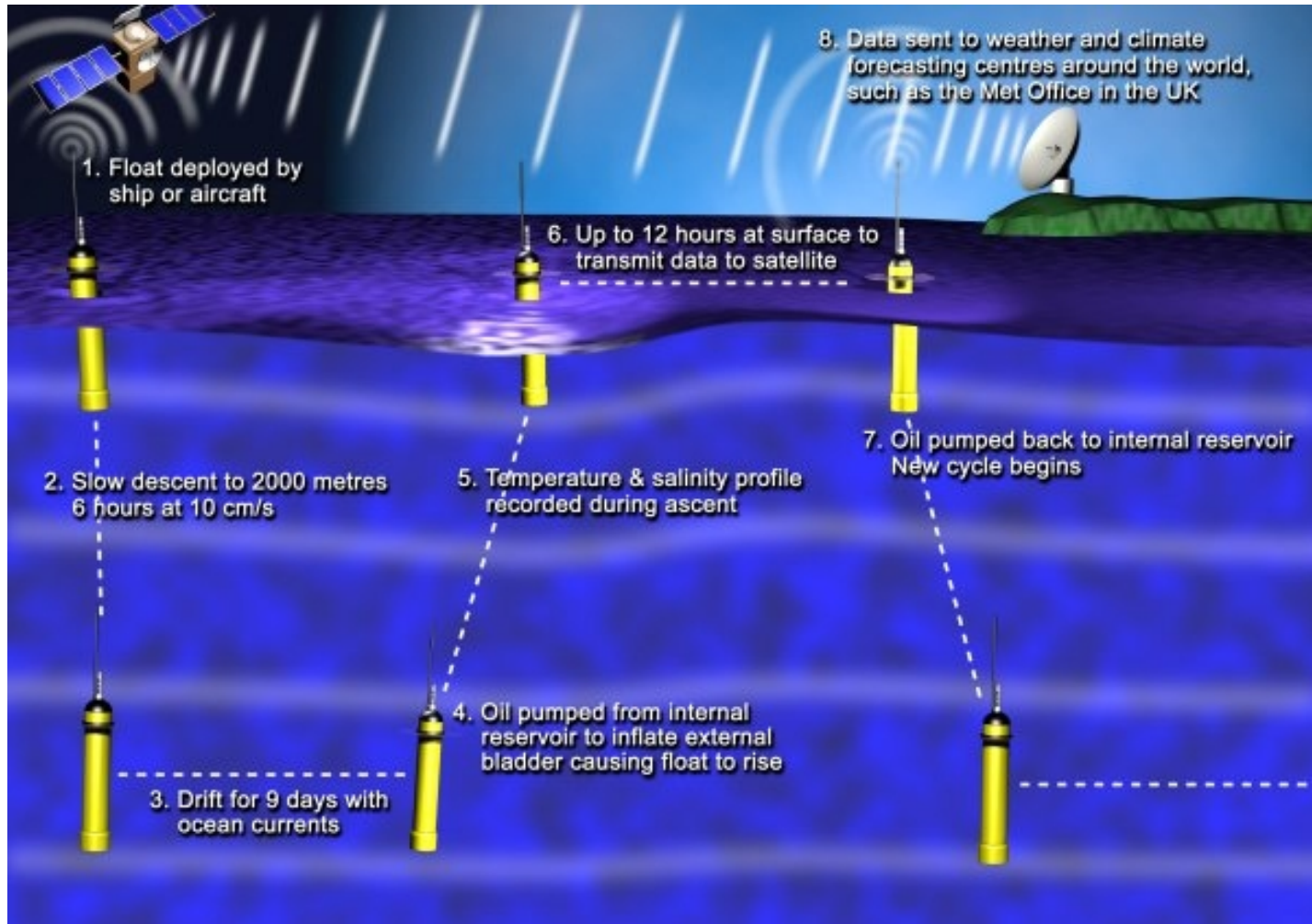
W 2007r wypuszczono 3000 pływaków.

Jeden pływak pracuje od 4 do 6 lat.

Zasilane bateriami.



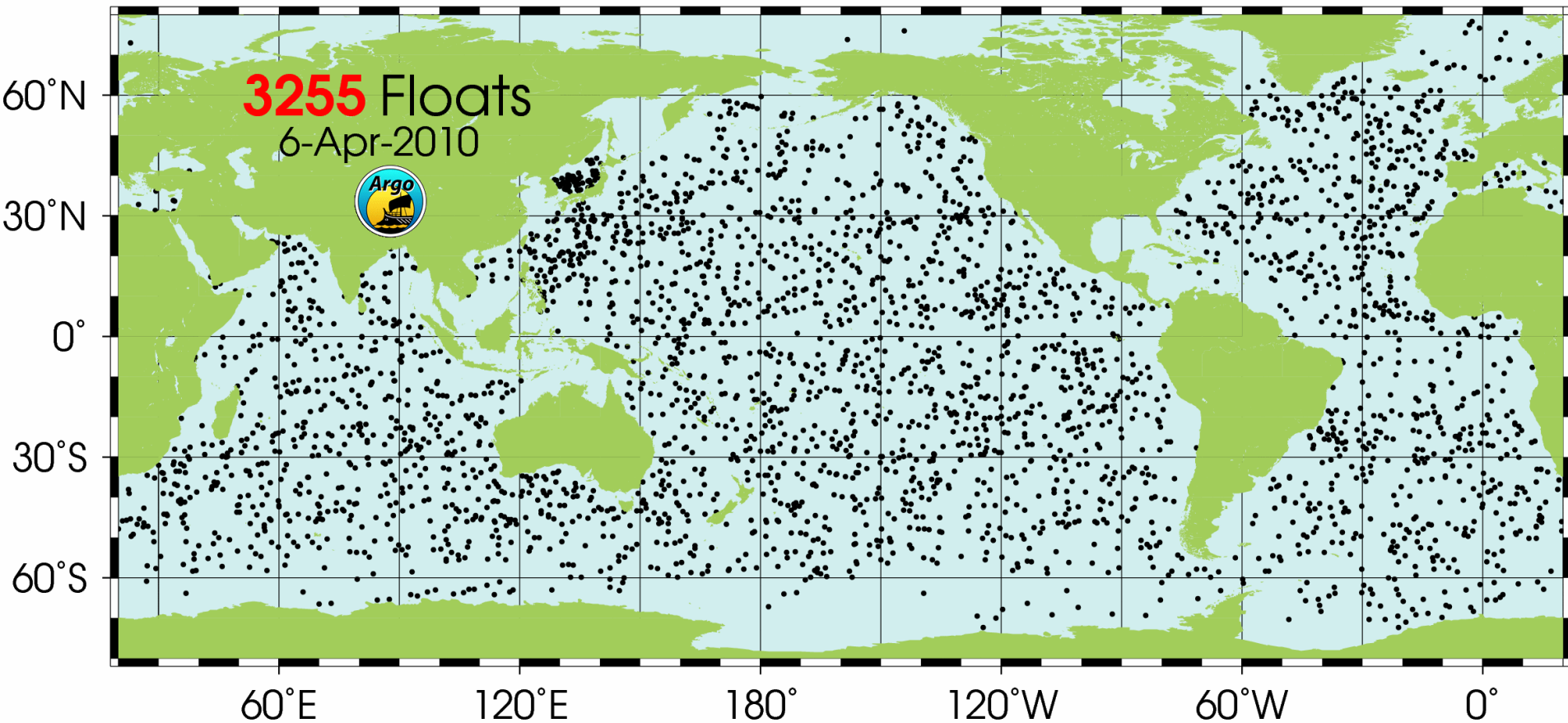
TOPEX/Poseidon (system wspomagający ARGO)



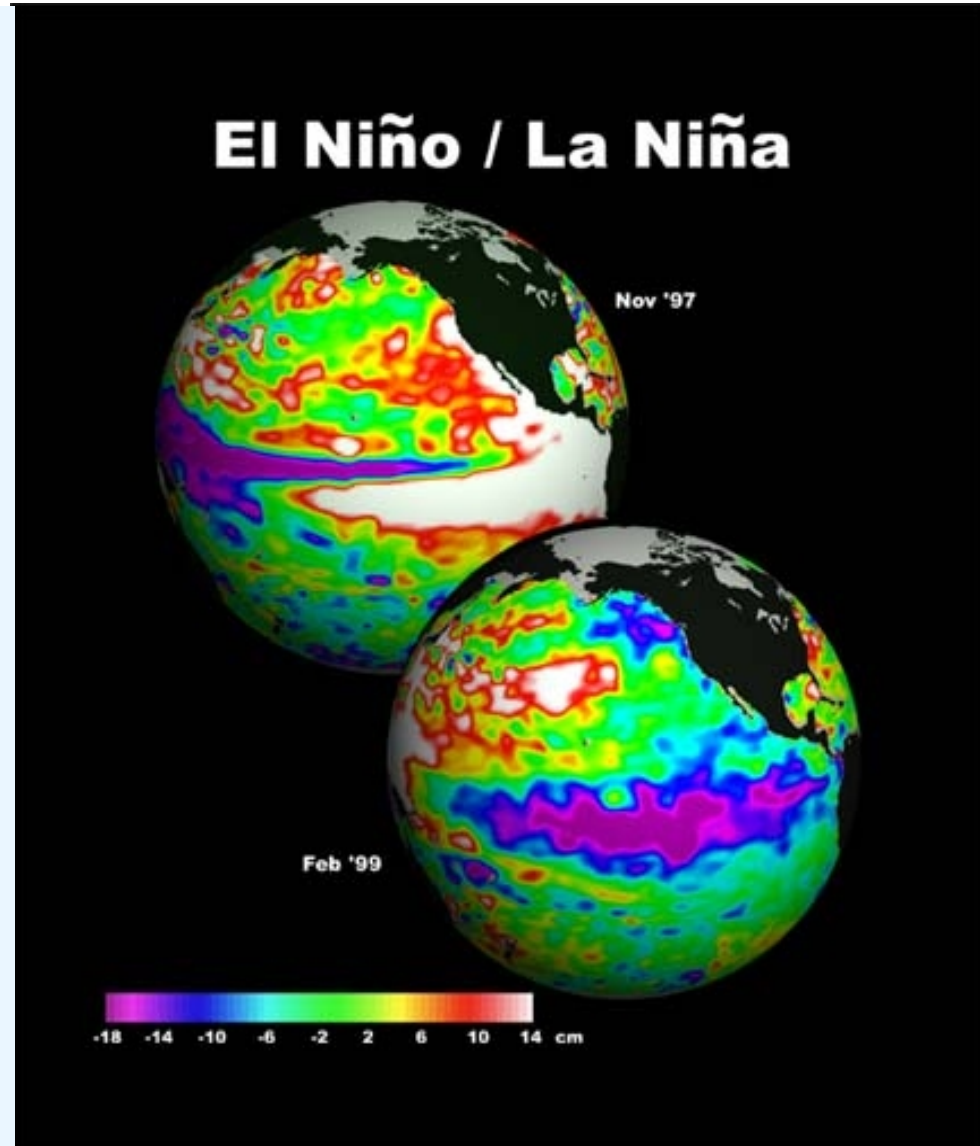
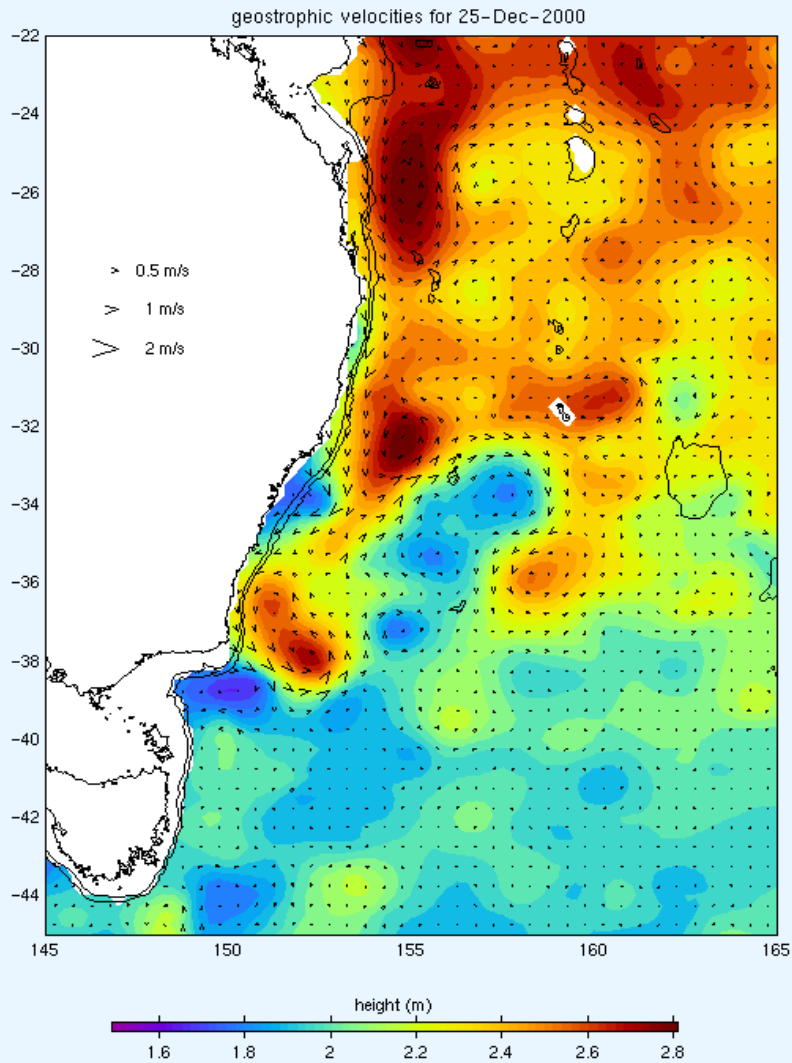
TOPEX/Poseidon (system wspomagający ARGO)



TOPEX/Poseidon (system wspomagający ARGO)

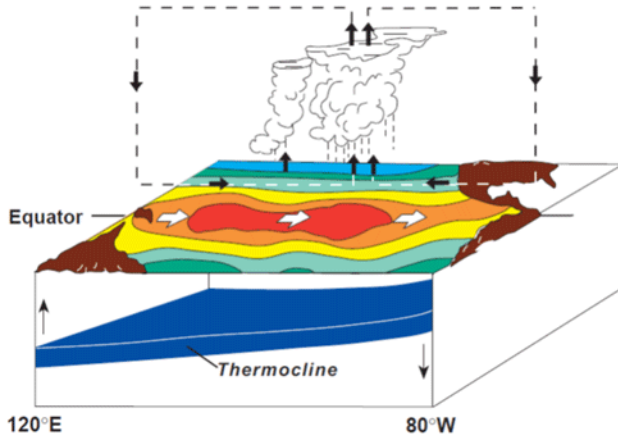


TOPEX/Poseidon

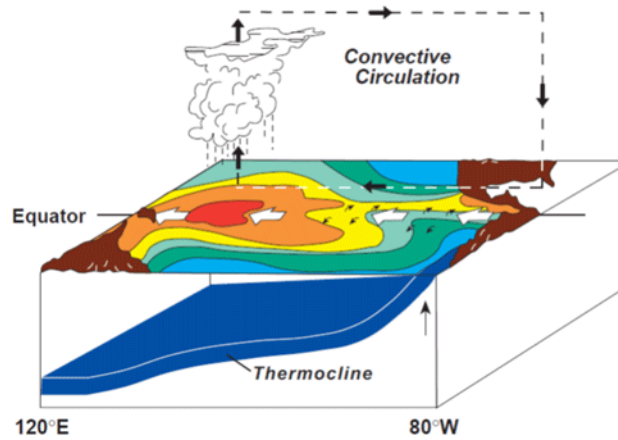


TOPEX/Poseidon

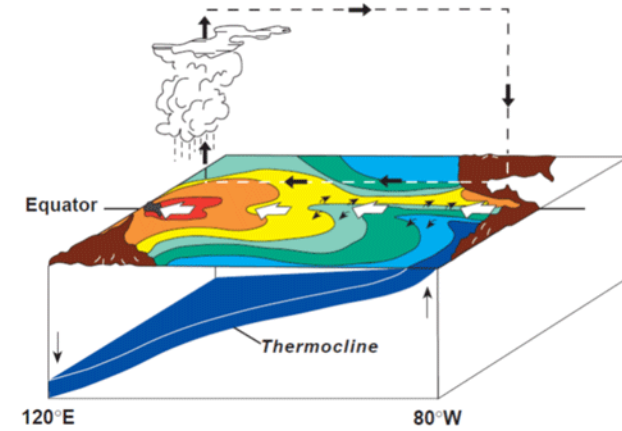
El Niño Conditions



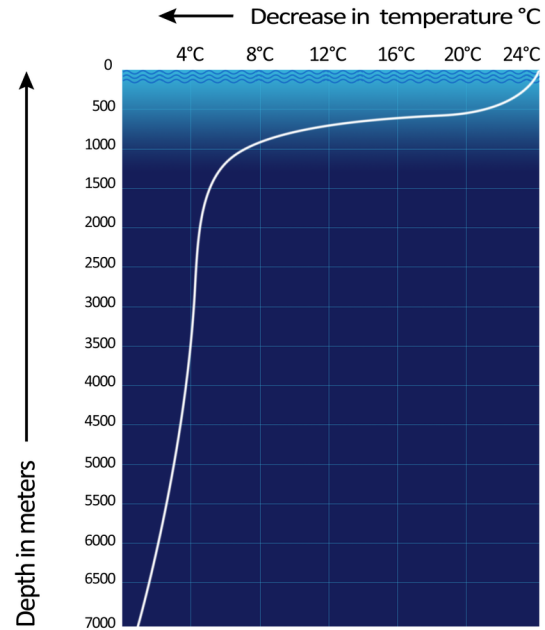
Normal Conditions



La Niña Conditions



THERMOCLINE



Synthetic Aperture Radar

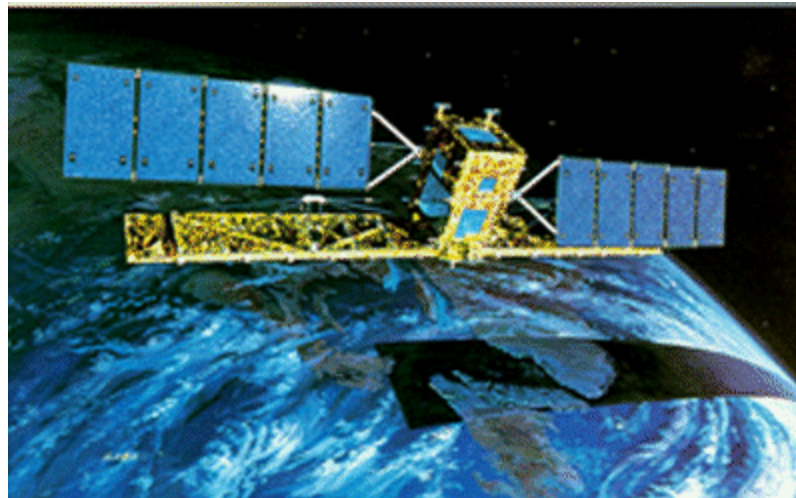
Obrazujące radary mikrofalowe

Urządzenia pracują aktywnie w zakresie mikrofal.

Zakres częstotliwości : 1- 10 Ghz.

Rozdzielczość obrazowania: od 10 do 100m.

Szerokość pasma obserwacji : 100 – 500 km.



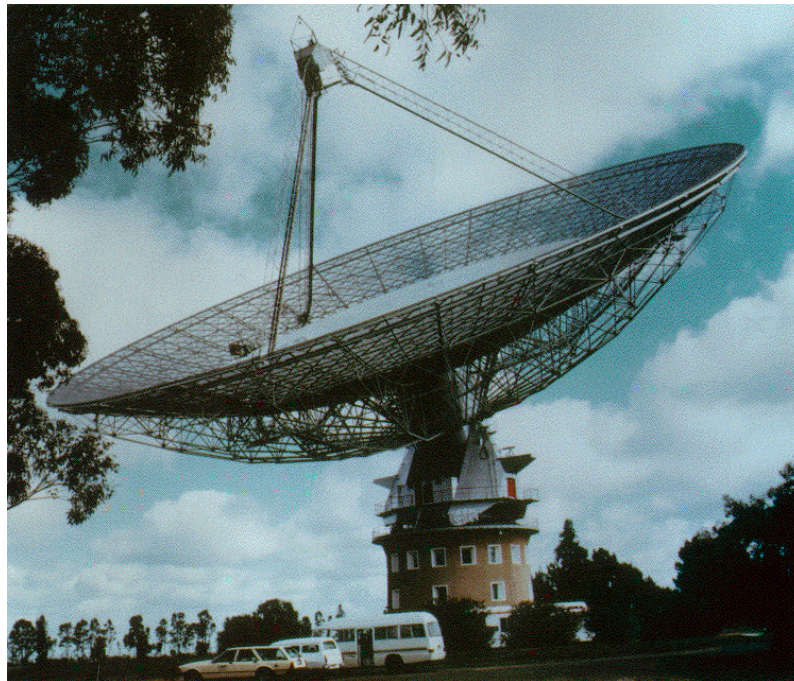
Obrazujące radary mikrofalowe

Instrumenty radarowe pracują z rozdzielczością podobną do instrumentów optycznych ale nie mają ograniczeń związanych z warunkami atmosferycznymi.



Obrazujące radary mikrofalowe

W klasycznym radarze w celu zwiększenia rozróżnialności (zawężenia wiązki) zwiększa się wielkość anteny. Prowadzi to do budowy radarów o dużych antenach, których wymiary potrafią osiągnąć kilkadziesiąt metrów. Wielkość anteny jest ograniczona możliwościami konstrukcyjnymi, szczególnie gdy radar ma być umieszczony na satelicie.



Obrazujące radary mikrofalowe

Technika radaru z syntetyczną aperturą (SAR) polega na zwiększenie „wirtualnego” rozmiaru anteny poprzez nadawanie i odbiór sygnałów sondujących za pomocą anteny umieszczonej na **rucho**mej platformie. Zarejestrowane sygnały są następnie składane w taki sposób, jak gdyby pochodziły od elementów składowych jednej dużej anteny, często o wymiarze kilkuset metrów a nawet kilku kilometrów.

Obrazujące radary mikrofalowe

W efekcie można uzyskać obrazy radarowe o bardzo wysokiej rozdzielczości.

Teoretyczna rozdzielczość radaru SAR w kierunku ruchu platformy (samolotu lub satelity) jest równa połowie długości anteny (w kierunku ruchu). Tak więc zmniejszając wymiar anteny można zwiększyć rozdzielczość radaru SAR. Rozdzielczość w zakresie odległości określona jest przez szerokość impulsu sondującego lub jego pasmo (przy zastosowaniu sygnału złożonego).

Obrazujące radary mikrofalowe

Obecnie w kosmicznej technice SAR uzyskuje się rozdzielczości metrowe, w technice samolotowej – rozdzielczości decymetrowe. W celu uzyskania wysokiej jakości obrazów SAR konieczna jest bardzo dokładna znajomość trajektorii ruchu platformy (z dokładnością większą niż 0,1 długości fali). Ponieważ zwykle trajektoria ruchu nie jest tak dokładnie znana, konieczne jest stosowanie technik automatycznego ogniskowania.

Obrazujące radary mikrofalowe

W początkowym okresie rozwoju technik SAR do tworzenia obrazów wykorzystywane były analogowe komputery optyczne, wykorzystujące światło laserowe i techniki holograficzne. W chwili obecnej obrazy SAR są uzyskiwane za pomocą technik cyfrowych – za pomocą komputerów macierzowych (zwykle budowanych jako matryce procesorów sygnałowych). W wielu systemach surowe dane radarowe (próbki odebranego sygnału) są przekazywane do naziemnych centrów obliczeniowych, gdzie za pomocą superkomputerów tworzone są obrazy SAR.

Obrazujące radary mikrofalowe

Obraz SAR jest obrazem monochromatycznym, który zawiera informacje jedynie o współczynniku odbicia obserwowanego obszaru. Obraz ten można wzbogacić stosując bardziej złożone metody przetwarzania, techniki polaryzacyjne (stosując anteny o zmiennej polaryzacji) oraz techniki interferometryczne (stosując kilka oddalonych od siebie anten).

Obrazujące radary mikrofalowe

Polarymetria

Fale nadawane przez radar są spolaryzowane. Stosować można polaryzację pionową, poziomą, kołową lewo- i prawoskrętną, eliptyczną. Niektóre powierzchnie odbijają promieniowanie różnie w zależności od jego polaryzacji, mogą również zmieniać polaryzację fali odbitej. Pewne struktury odbijające (w szczególności cienkie warstwy, w których występują odbicia wielokrotne) mogą silniej odbijać fale o określonej polaryzacji. W celu uzyskania informacji polarymetrycznej radary SAR wysyłają kolejno sygnały o polaryzacji pionowej (V) i poziomej (H) i odbierają obydwie składowe polaryzacyjne.

Obrazujące radary mikrofalowe

Polarymetria

W ten sposób tworzy się cztery obrazy o polaryzacjach VV, HH, VH i HV. Ponieważ zwykle obrazy VH i HV są prawie identyczne, można trzem obrazom (HH, VV i HV) przydzielić trzy podstawowe kolory i w ten sposób utworzyć „kolorowy” obraz SAR. Do interpretacji obrazów interferometrycznych konieczna jest znajomość własności polarymetrycznych materiałów.

Jeżeli stworzone zostaną obrazy polarymetryczne w różnych okresach, to na podstawie ich różnic można wykrywać zmiany spowodowane działalnością człowieka. Można np. wykryć przejazd pojazdu po podłożu trawiastym.

Obrazujące radary mikrofalowe

Interferometria

W wyniku tworzenia obrazu SAR generowany jest obraz zespolony. W klasycznym podejściu informacja o obserwowanym obszarze uzyskiwana jest z amplitudy utworzonego obrazu SAR. Informacja zawarta w fazie jest bezpowrotnie gubiona. Informacja fazowa nie może być wykorzystana w przypadku pojedynczego obrazu SAR. Jednak, jeżeli wygenerowane zostaną dwa obrazy SAR za pomocą anten umieszczonych na różnych wysokościach, to różnica faz dwóch obrazów niesie informacje o wysokości obserwowanych punktów. W ten sposób można utworzyć trójwymiarowe obrazy obserwowanego obszaru

Obrazujące radary mikrofalowe

Interferometria

Technikę tę można zastosować stosując interferometrię jednoprzebiegową (stosując co najmniej dwie anteny odbiorcze) lub interferometrię dwuprzebiegową, przelatując dwukrotnie nad obrazowanym obszarem na różnych wysokościach. Obrazy lotnicze o rozdzielczości 5 m (również w wysokości) uzyskiwane są przez Canada Centre for Remote Sensing. Metoda jednoprzebiegowa została zastosowana w misji SRTM w roku 2000 w której uzyskano obrazy wysokiej rozdzielczości powierzchni Ziemi z pokładu promu kosmicznego.

Obrazujące radary mikrofalowe

Interferometria

Jeżeli anteny rozsunięte są w kierunku ruchu, to z różnicy faz można wyznaczyć prędkość obiektów poruszających się po powierzchni ziemi. W ten sposób można wykrywać obiekty ruchome, można również określać prędkość przemieszczania się lodowców lub prądów oceanicznych. Jeżeli zastosuje się technikę wieloprzebiegową, to różnica faz obrazów może wynikać z wysokości obserwowanych punktów bądź z ich przemieszczenia. Jeżeli trajektorie ruchu radaru SAR pokrywają się w obydwu przebiegach, to nie występuje różnica faz wynikająca z wysokości obserwowanych punktów, a efekt interferometryczny jest wywołany jedynie przemieszczaniem się punktów.

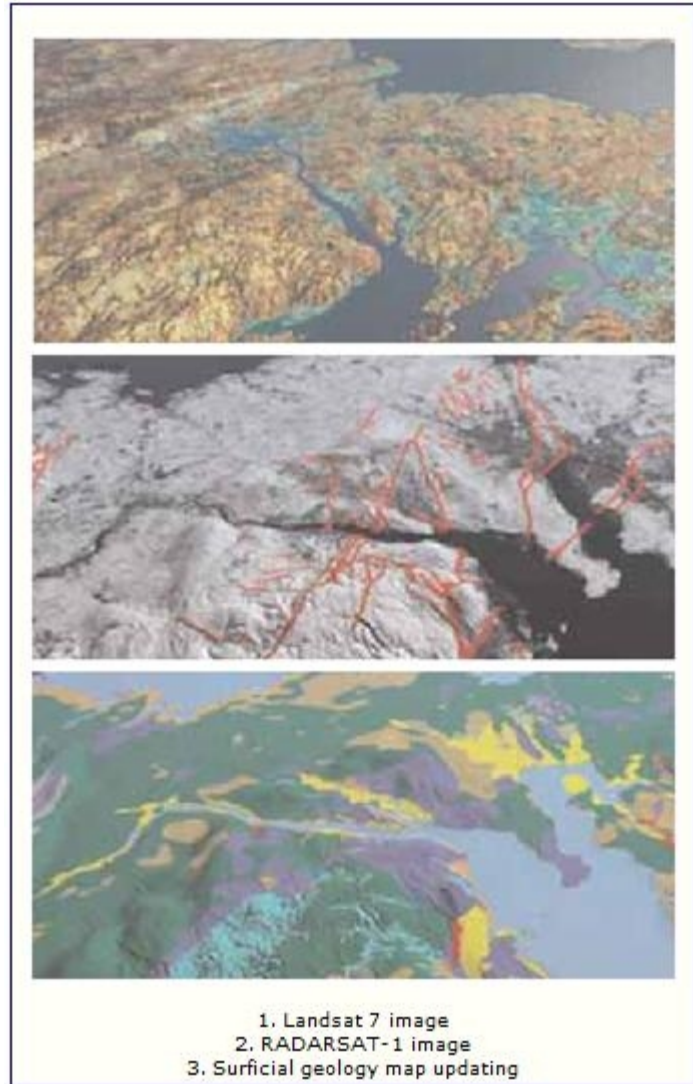
Obrazujące radary mikrofalowe

Interferometria

Rozdzielczość metody jest na poziomie setnych części długości fali, można więc wykrywać milimetrowe przemieszczenia np. wywołane ruchami górotworu, wstrząsami tektonicznymi, erupcjami wulkanów, podziemną działalnością człowieka itp.

Obrazujące radary mikrofalowe

SAR mają również zdolność do wnikania w roślinność , określania chropowatości powierzchni i powierzchniowych właściwości dielektrycznych. Mogą one również zostać wykorzystane w celu uzyskania informacji na temat polaryzacji.



Obrazujące radary mikrofalowe

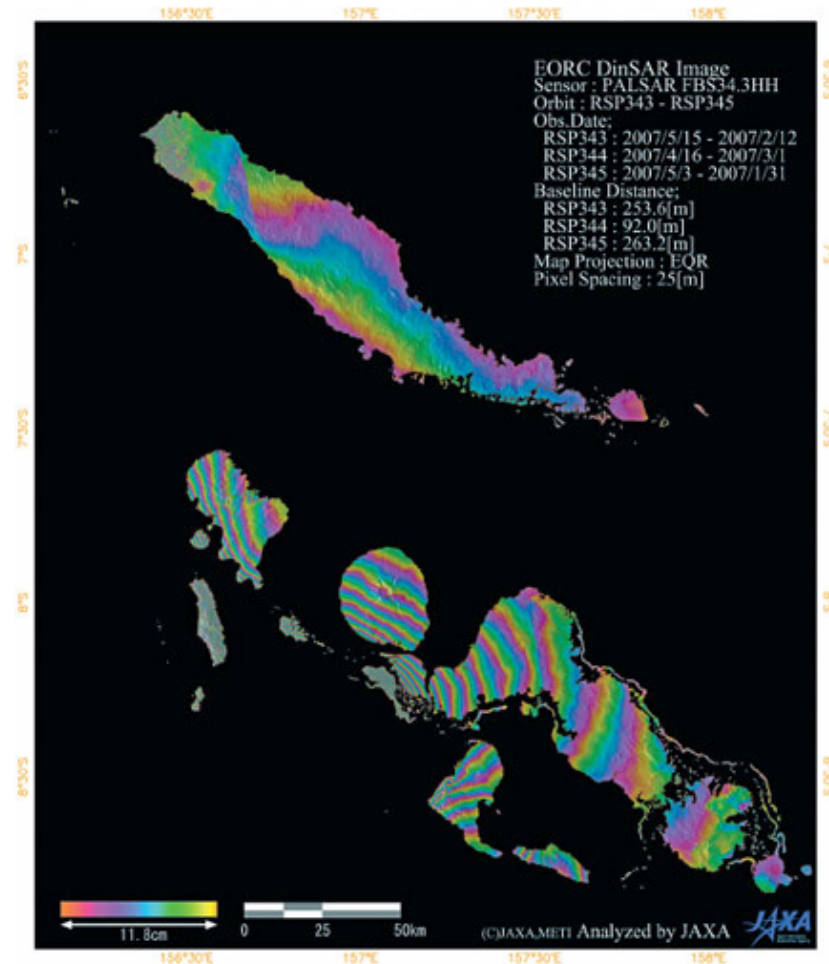
Wadą radarów SAR jest bardzo skomplikowana redukcja i interpretacja danych.

Obecnie z pomiarów SAR można wyciągnąć informacje na temat:

- » Fal powierzchniowych na oceanie;
- » Fronty, wiry wody;
- » Wędrówka lodów;
- » Wycieki ropy naftowej;
- » śledzenie okrętów;
- » Leśnictwo i rolnictwo;
- » Monitorowanie lasów tropikalnych;
- » Uzupełnianie obserwacji w paśmie widzialnym i podczerwonym;

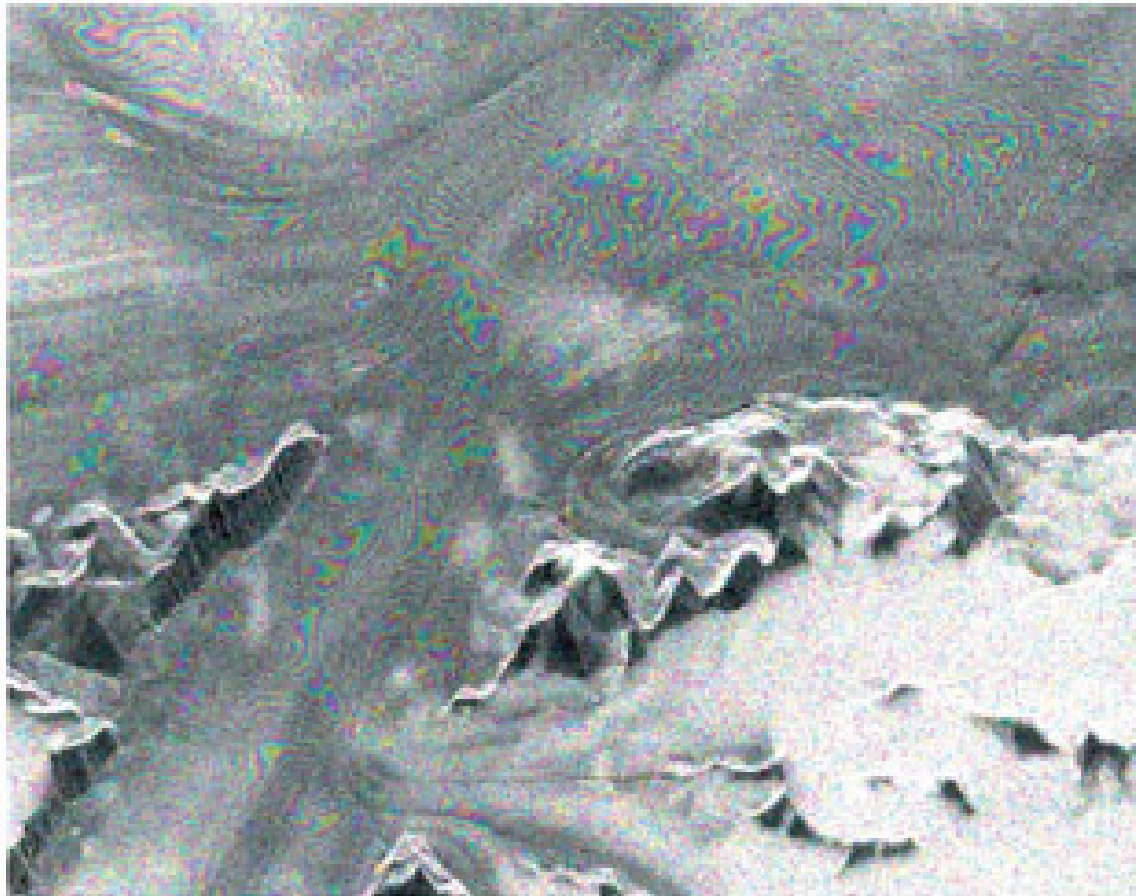
Obrazujące radary mikrofalowe

Deformacja terenu po trzęsieniu Ziemi w kwietniu 2008 roku
na wyspach Salomona



Obrazujące radary mikrofalowe

Wędrowka lodowca na Grenlandii (interferogram)
($> 1\text{m/h}$)



Element rozdzielczości radaru typu SAR

Pixel ↔ Voxel (volume pixel, volume element)

Voxel to element objętości w rekonstruowanym cyfrowo modelu terenu, od którego odebrano odbite sygnały radarowe.

Używając liczb zespolonych na wyrażenie natężenia i fazy odbitego sygnału oraz pomijając zależność od odległości każdy voxel odbija następujący sygnał:

$$v(x, y, z) = \sum_a^{N_A} \sum_e^{N_E} \sum_r^{N_R} p_{a,e,r}(d_{a,e,r}) \exp\left(-i 4\pi \frac{\lambda}{d_{a,e,r}}\right)$$

gdzie $p(d)$ jest sygnałem nadawczym, który dotarł do punktu gdy nadajnik znajdował się w pozycji a, b, c i odległości d

a, e, r jest pozycją nadajnika (poprawioną na aberrację i czas lotu)

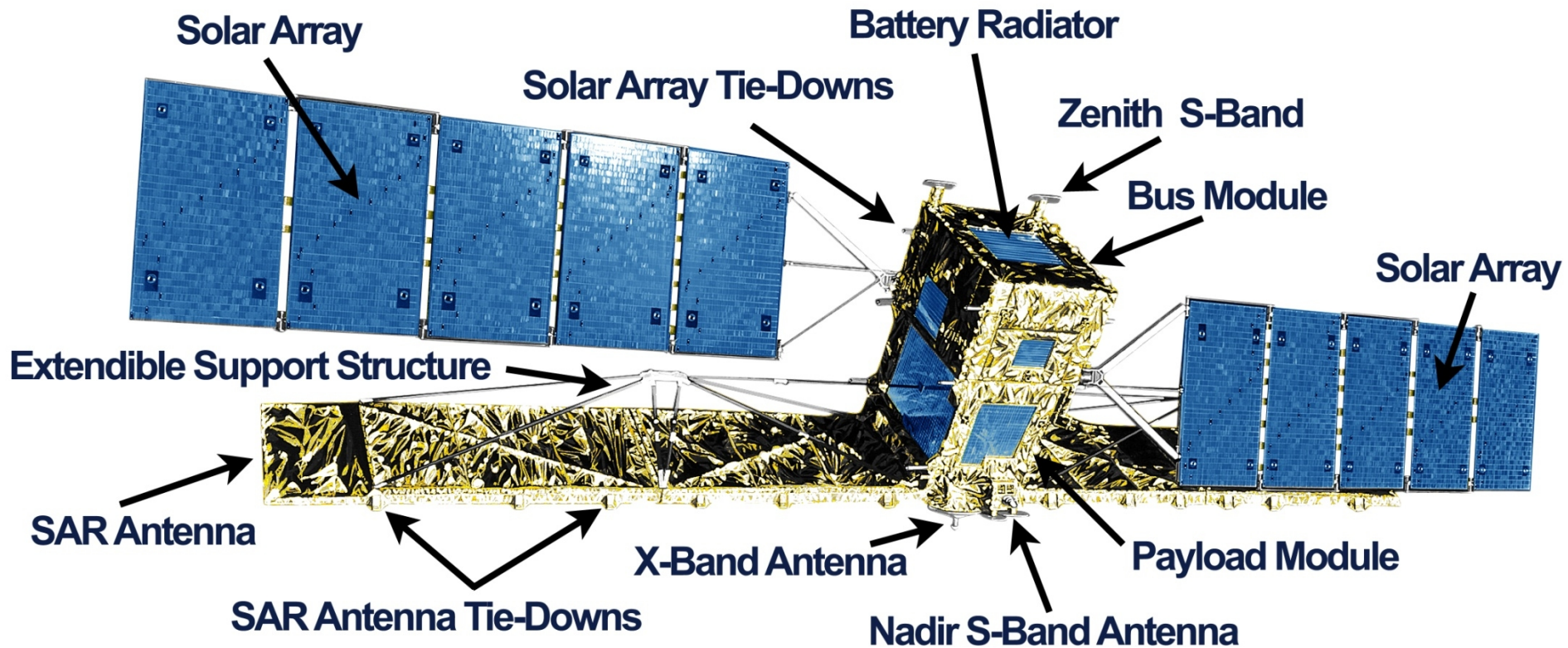
Obrazujące radary mikrofalowe

Instrumenty:

Current and planned Instruments	
AMI/SAR/Image	SAR (RADARSAT)
AMI/SAR/Wave	SAR (RADARSAT-2)
ASAR	SAR (RCM)
ASAR (image mode)	SAR (RISAT)
ASAR (wave mode)	SAR (Roshydromet)
BRLK	SAR (SABRINA)
C-band SAR	SAR 2000
COSI	SAR-L
CSG-SAR	SAR-X
Ku and X-band radars (SCLP)	S-Band SAR
PALSAR	Severjanin
Paz SAR-X	WSAR
SAR (MAPSAR)	X-band SAR

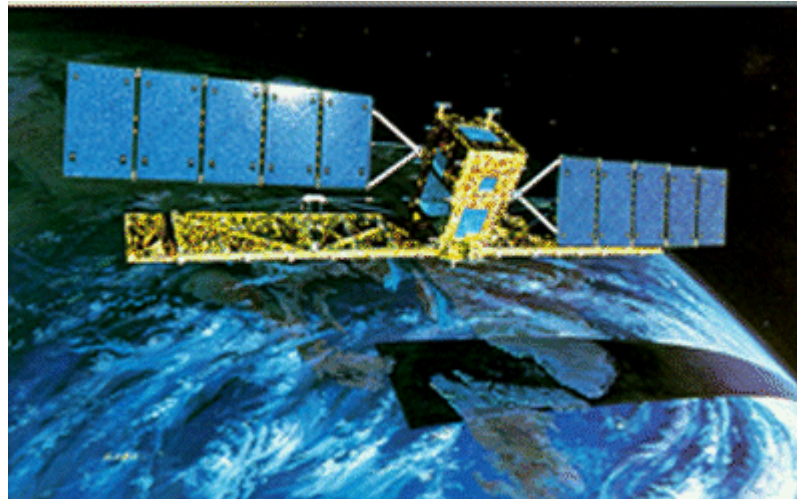
Obrazujące radary mikrofalowe

SAR (RADARSAT)



Obrazujące radary mikrofalowe

SAR (RADARSAT)



Spacecraft Characteristics	
Launch mass (total)	2,750 kg
Array power	2.5 kW
Batteries	3 x 48 Ah NiCd
Design lifetime	5 years

Obrazujące radary mikrofalowe

SAR (RADARSAT)

Synthetic Aperture Radar Characteristics	
Frequency/wavelength	5.3GHz/C-band 5.6 cm
Radio frequency bandwidth	11.6, 17.3 or 30.0 Mhz
Transmitter power (peak)	5 kW
Transmitter power (average)	300 W
Maximum data rate	85 Mb/s (recorded) - 105 Mb/s (R/T)
Antenna size	15m x 1.5m
Antenna polarization	HH

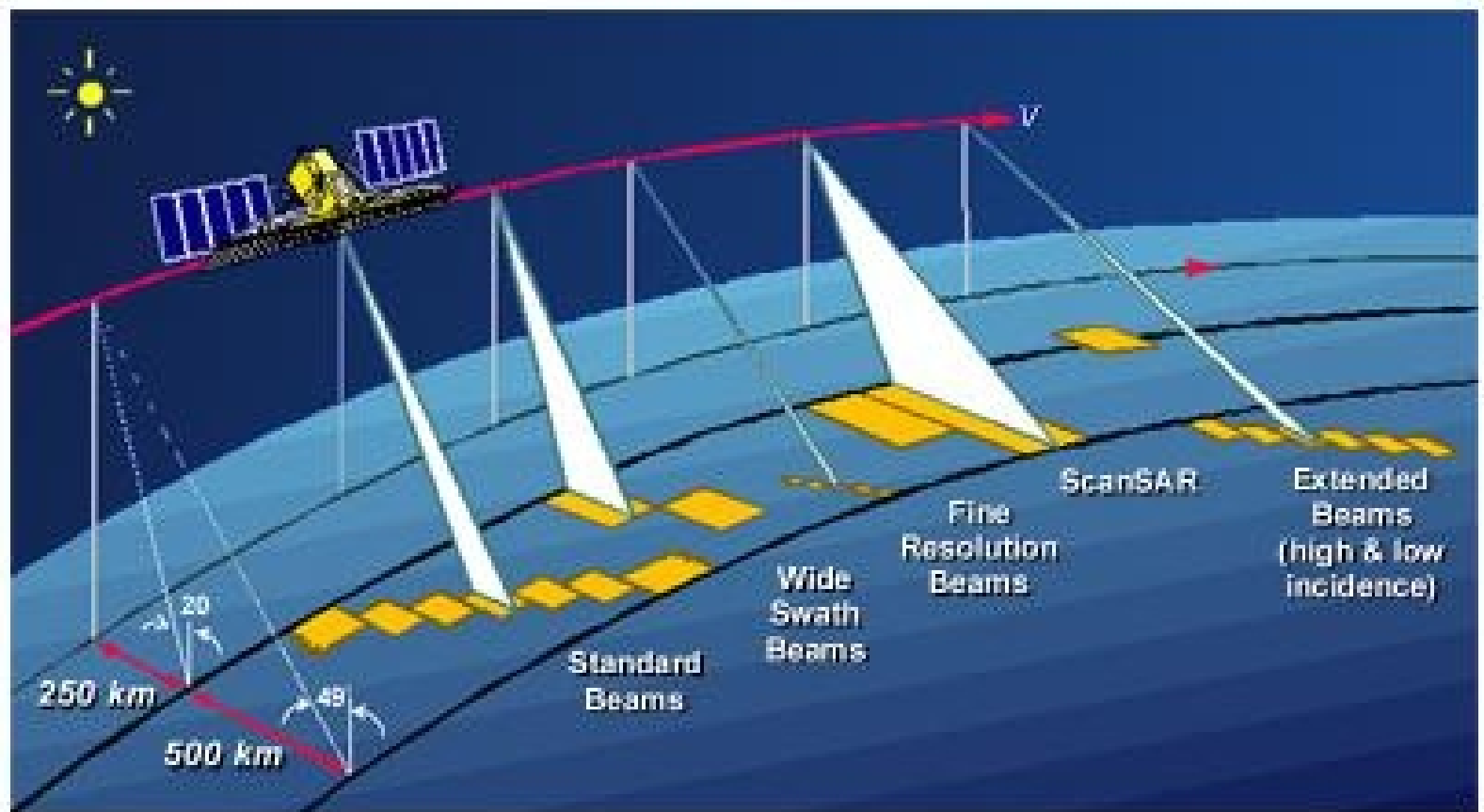
Obrazujące radary mikrofalowe

SAR (RADARSAT)

Imaging modes				
Mode	Nominal Resolution (m)	No. of Positions / Beams	Swath Width (km)	Incidence Angles (degrees)
Fine	8	15	45	37 - 47
Standard	30	7	100	20 - 49
Wide	30	3	150	20 - 45
ScanSAR narrow	50	2	300	20 - 49
ScanSAR wide	100	2	500	20 - 49
Extended high	18 - 27	3	75	52 - 58
Extended low	30	1	170	10 - 22

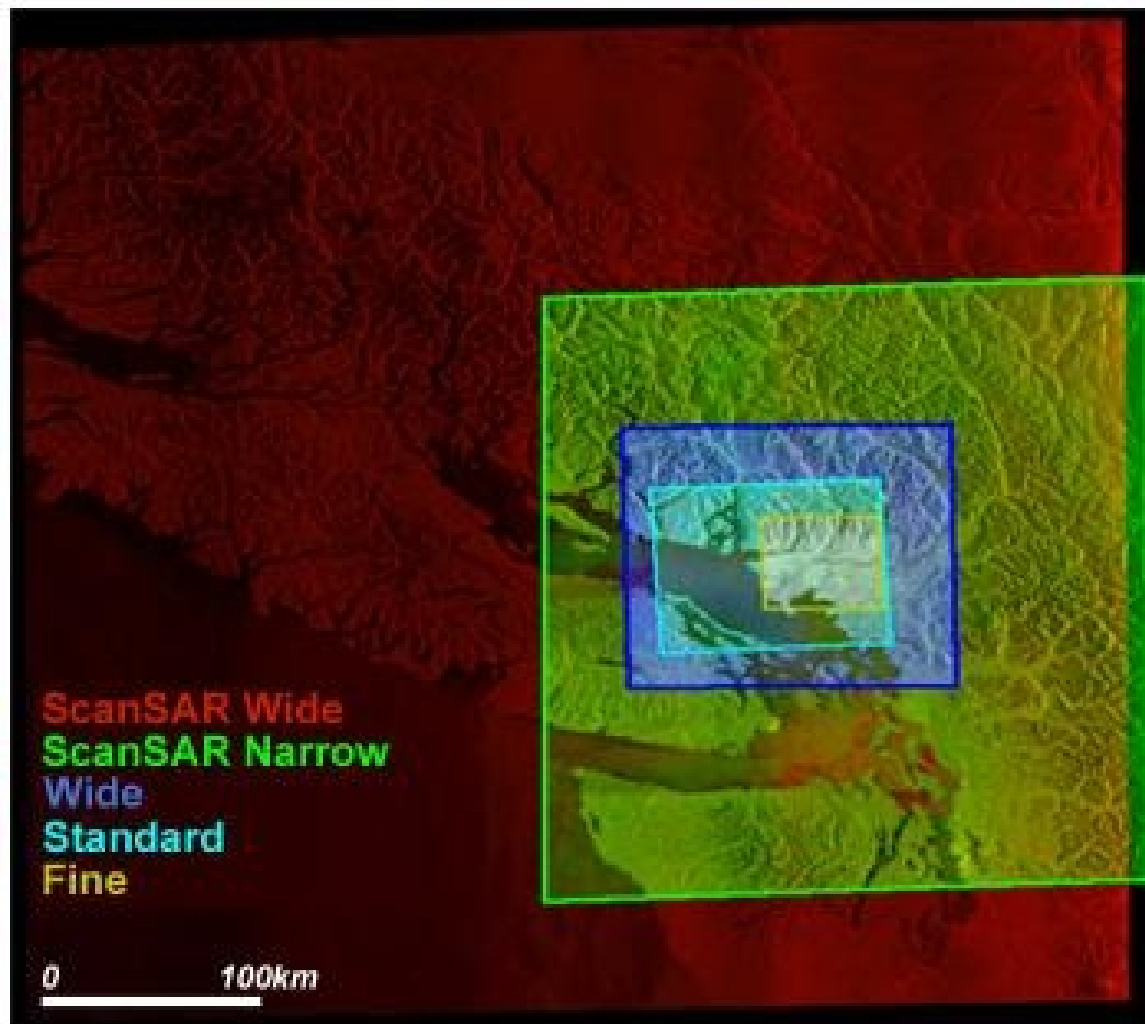
Obrazujące radary mikrofalowe

SAR (RADARSAT)



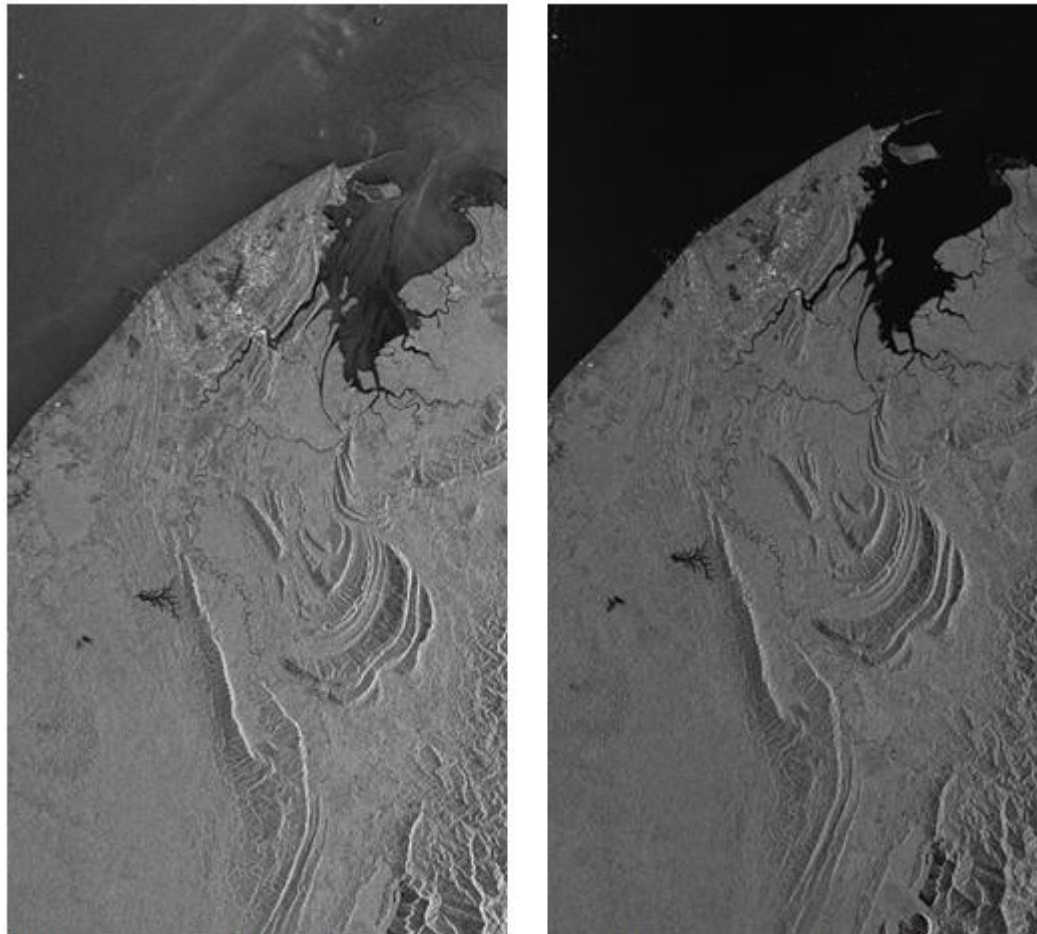
Obrazujące radary mikrofalowe

SAR (RADARSAT)



Obrazujące radary mikrofalowe

SAR (RADARSAT)



RADARSAT subscenes of Brunei: (left) S2 mode, acquired on 28 Feb 1998; (right) S6 mode acquired on 8 Jan 1998.