

Misja STS-99

11 lutego 2000 roku,
przylądek Canaveral
na Florydzie,
Centrum Kosmiczne
im. Kennedy'ego
3:49 – rozpoczęcie
napełniania zbiornika
zewnątrznego
8:02 – śniadanie załogi
9:15 – załoga opuszcza
budynek Centrum
Kontroli Lotów i udaje się
na wyrzutnię 39A
9:30 – wejście
na pokład statku
10:57 – zamknięcie włazu
12:00 – zatrzymanie
odliczania (na 9 minut
przed startem)
dla rozwiązania drobnych
problemów technicznych
12:36 – wznowienie
odliczania
12:41 – odłączenie
ostatnich przewodów
12:43 – start



Tak wyglądały, w wielkim skrócie, ostatnie godziny przed startem promu kosmicznego Endeavour. Była to już 97. misja promu kosmicznego, a 14. – Endeavoura. W locie wzięło udział 6 astronautów, a dowódcą był Kevin R. Kregel. Głównym zadaniem 11-dniowego lotu była radarowa misja topograficzna (*Shuttle Radar Topography Mission – SRTM*), w ramach której wykonano pomiary dla uzyskania radarowej mapy topograficznej o wysokiej rozdzielczości. W czasie trwających 9 dni pomiarów zebrano dane umożliwiające wykonanie trójwymiarowej mapy powierzchni Ziemi o rozdzielczości obrazu wynoszącej 30 metrów.

Radar w kosmosie

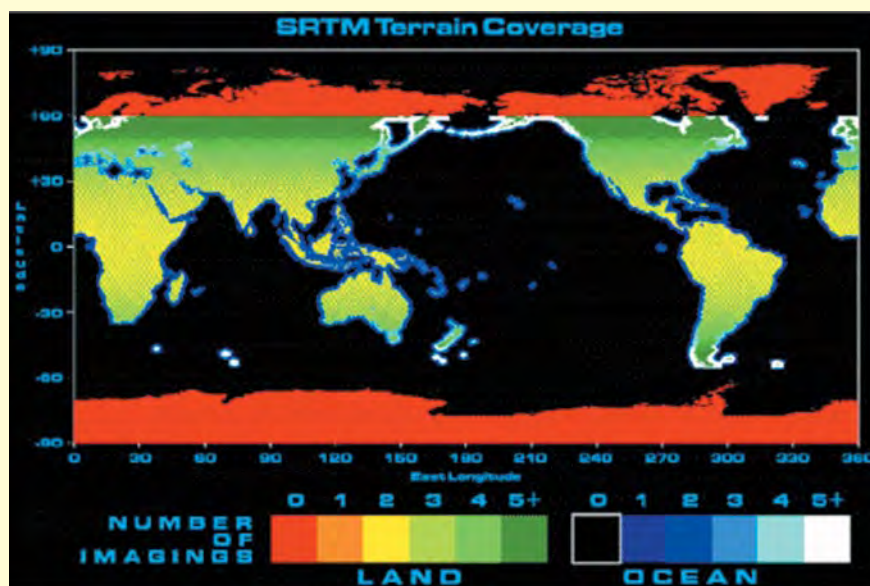
Historia satelitarnych pomiarów radarowych NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) i JPL (*Jet Propulsion Laboratory*) sięga 1978 roku i jednocześnie radaru mikrofalowego Seasat

operującego na falach długości 24 cm (wpaśmie L) o pojedynczej polaryzacji i stałym kącie wysyłanej wiązki. O tym, jak ważna była ta nowa technika, świadczy fakt, że już w drugiej misji promu kosmicznego w 1981 roku zastosowano na orbicie pierwsze takie urządzenie (SIR-A). W 1984 r. na promach wprowadzono unowocześnioną wersję radaru (SIR-B), a w 1994 r. model SIR-C/X-SAR działający w trzech zakresach mikrofal: L, C (6 cm) i X (3 cm) i zmiennym kącie wiązki (20-65°). W wyniku skanowania otrzymywano obrazy powierzchni Ziemi o wymiarach 50 x 100 kilometrów i rozdzielczości 10-25 metrów.

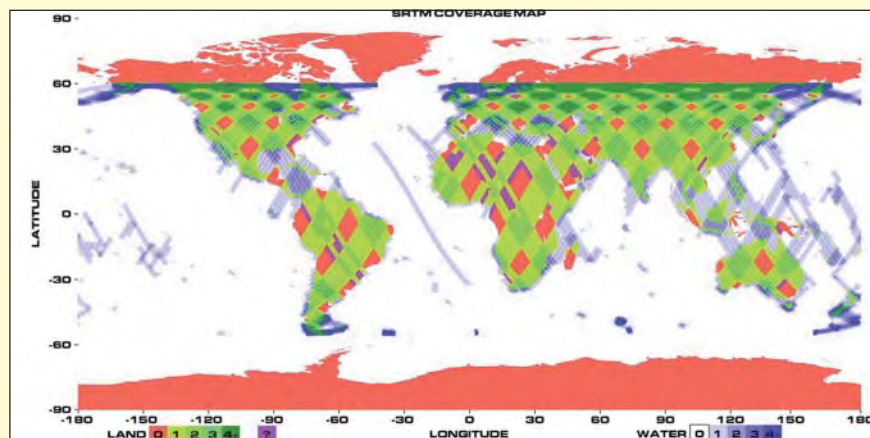
W Europie nad wykorzystaniem radarów do pomiarów powierzchni Ziemi w ramach Europejskiej Agencji Kosmicznej pracują m.in. Niemcy, Belgowie, Holendrzy, Szwedzi i Włosi. Wiodącą rolę odgrywają firmy Dornier Satellitensysteme GmbH z Niemiec i belgijska Eurosense. Obok NASA i National Imaginery and Mapping Agency



Prom kosmiczny z wysięgnikiem i dwoma zestawami anten radarowych



Planowane pokrycie powierzchni Ziemi pomiarami radarowymi. Kolorami oznaczono liczbę pomiarów na danym obszarze



Stan pokrycia powierzchni Ziemi pomiarami radarowymi SRTM. Czas od początku misji: 6 dni 1 godzina 34 minuty 40 sekund. Kolorami oznaczono liczbę pomiarów na danym obszarze. Obszary zaznaczone na czerwono nie były mierzone.

w misji Endeavoura czynny udział w pracach Centrum Kontroli Lotów w Houston (Teksas) biorą naukowcy z agencji kosmicznych Włoch i Niemiec (ci ostatni dostarczyli m.in. superszybki algorytm do obróbki danych radarowych).

Interferometria a obraz trójwymiarowy

Jeśli wrzucimy do wody kamyk, to na jej powierzchni pokażą się rozchodzące się koncentryczne fale. Porządek tych fal zostanie zaburzony, gdy spotkają się one z falami wytworzonymi przez drugi kamyk jednocześnie wrzucony do wody (zjawisko interferencji). Takie właśnie miejsca zaburzenia fal (prążki interferencyjne) mierzone są przez interferometr.

Dwie anteny oddległe od siebie o długość wysięgnika wysyłają z promu w kierunku Ziemi wiązki fal elektromagnetycznych o centymetrowej długości i zbierają odbite od jej powierzchni sygnały. Pierwszym produktem, jaki uzyskujemy z połączenia danych z dwóch radarów, jest tzw. interferogram wyglądający jak pofalowana powierzchnia wody lub plama benzyny rozlana na jej powierzchni. Znając wzajemną odległość i orientację w przestrzeni radarów, różnice w wielkości sygnału oraz czas przebiegu wiązki „tam i z powrotem” można sporządzić trójwymiarową mapę. Produkcją „wizualnego” obrazu zajmuje się już specjalistyczne oprogramowanie.

Skanywanie Ziemi

Prom Endeavour wyniósł na orbitę ważące ponad 13 ton urządzenie składające się z dwóch anten radarowych (nadawczej i odbiorczej) zamontowanych w łuku bagażowym wahadłowca i dwóch umieszczonych na 60-metrowym wysięgniku. Dodatkowe anteny (na wysięgniku) umożliwiły uzyskanie stereoskopowego obrazu terenu i trójwymiarowego modelu za jednym przelotem promu.

Częstotliwość wysyłanych impulsów wynosiła 1500 Hz, a każdy z nich trwał 10-50 milisekund. Wysyłane w kierunku Ziemi impulsy elektromagnetyczne są po odbiciu od jej powierzchni rozpraszane we wszystkich kierunkach. Do anteny odbiorczej dociera tylko niewielka ich część, którą nazywamy echem. Poruszający się po orbicie obiekt „skanuje” wiązką promieni pas Ziemi o szerokości od kilkudziesięciu do kilkuset kilometrów wzdłuż trasy swojego lotu. Moc odbitego sygnału impulsu radarowego (powracającego do anteny odbiorczej) zależy nie tylko od długości pasma wysyłanej wiązki elektromagnetycznej, energii im-

pulsu, polaryzacji czy kąta skanowania, ale również od wielkości, rodzaju powierzchni czy też wilgotności obiektu, na jaki impuls natrafia. Te niewidzialne sygnały przetworzone na dane cyfrowe i po odpowiedniej obróbce komputerowej pozwalają uzyskać widzialny obrazu terenu.

Na koniec to, co być może jest najistotniejsze w technice radarowej: promieni nie zatrzymują chmury, mgła czy unoszący się w powietrzu pył. Nie ma także znaczenia pora obserwacji. Taki sam obraz otrzymamy w nocy, jak i w dzień.

Od pomiaru do mapy

W 1,5 godziny po starcie otwarto drzwi luku bagażowego, 4 godziny później rozpoczęto rozwijanie 60-metrowego wysięgnika, na końcach którego znajdowała się ważąca 360 kilogramów druga para anten. Główna antena (nadawczo-odbiorcza) znajdowała się w otwartym przedziale ładunkowym i działała w paśmie C (długość fali 5,6 cm). Na końcu wysięgnika zamontowano anteny dla pasma X (długość fali 3 cm). Dla uzyskania wysokorozdzielczej mapy niezbędne było dokładne określenie odległości promu od Ziemi oraz superprecyzyjne ustawienie znajdującej się poza promem anteny. Pierwsze (z dokładnością 1 m) zapewniły odbiorniki GPS zainstalowane na pokładzie. Z kolei dla dokładnego ustawienia anteny

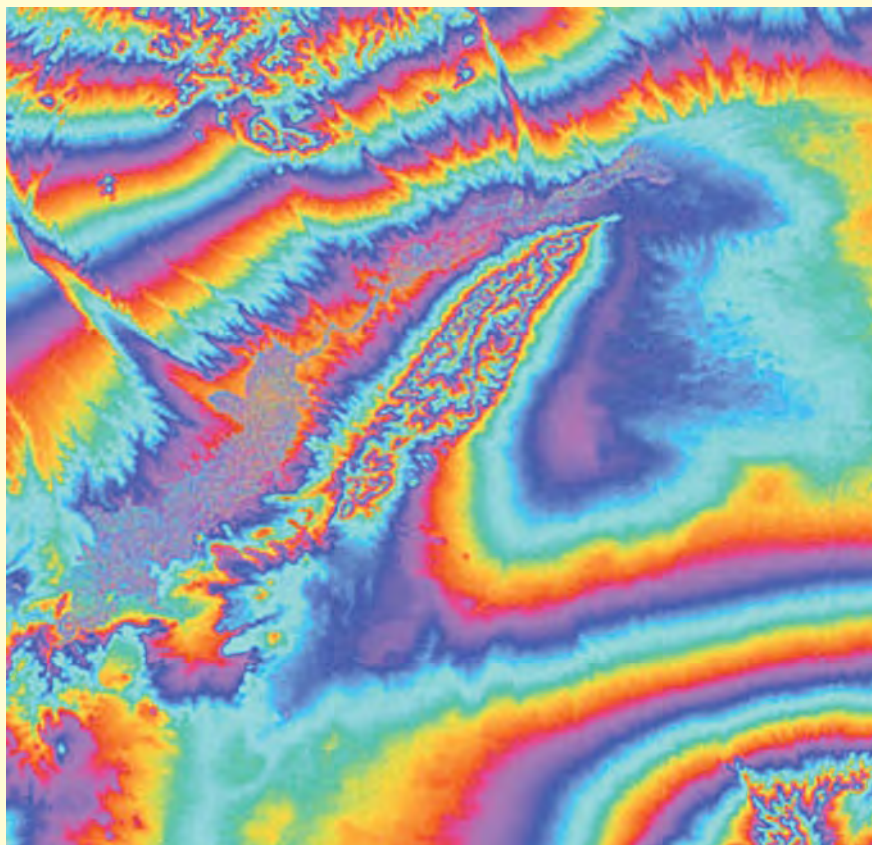
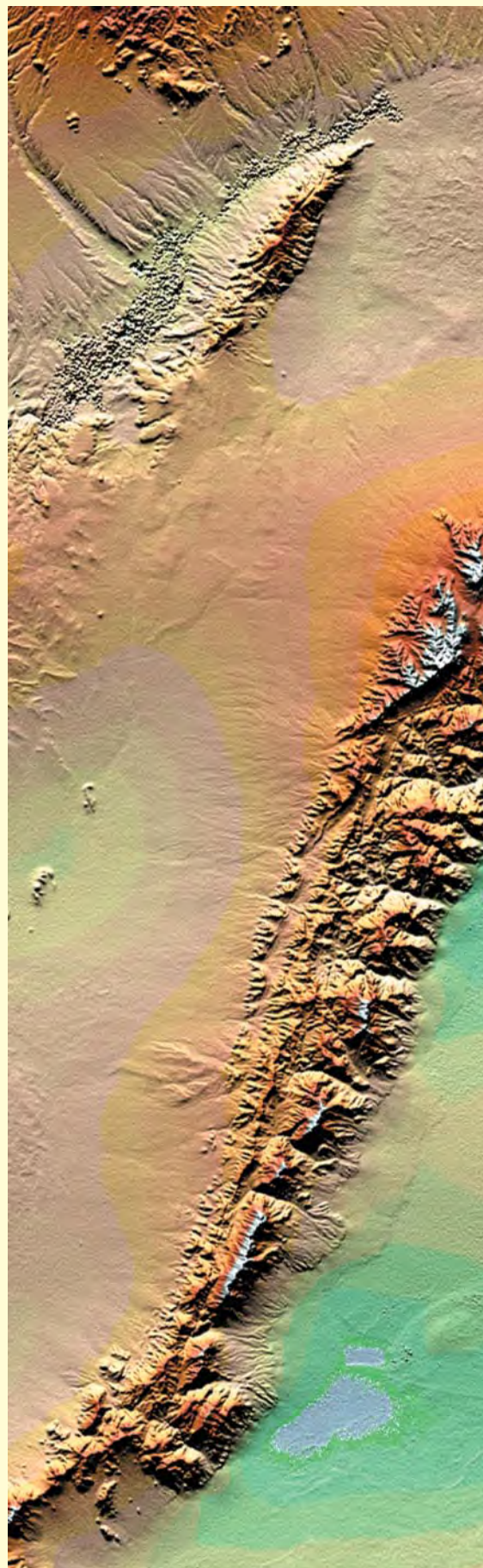
zewnętrznej zastosowano dalmierz elektroniczny pozwalający kontrolować odległość anteny w stosunku do promu z dokładnością 0,1 mm oraz jej orientację w przestrzeni (zmiana położenia końca wysięgnika o 2 cm w stosunku do promu nieuwzględniona w obliczeniach spowodowałaby błędy pomiaru wysokości na Ziemi rzędu 120 m).

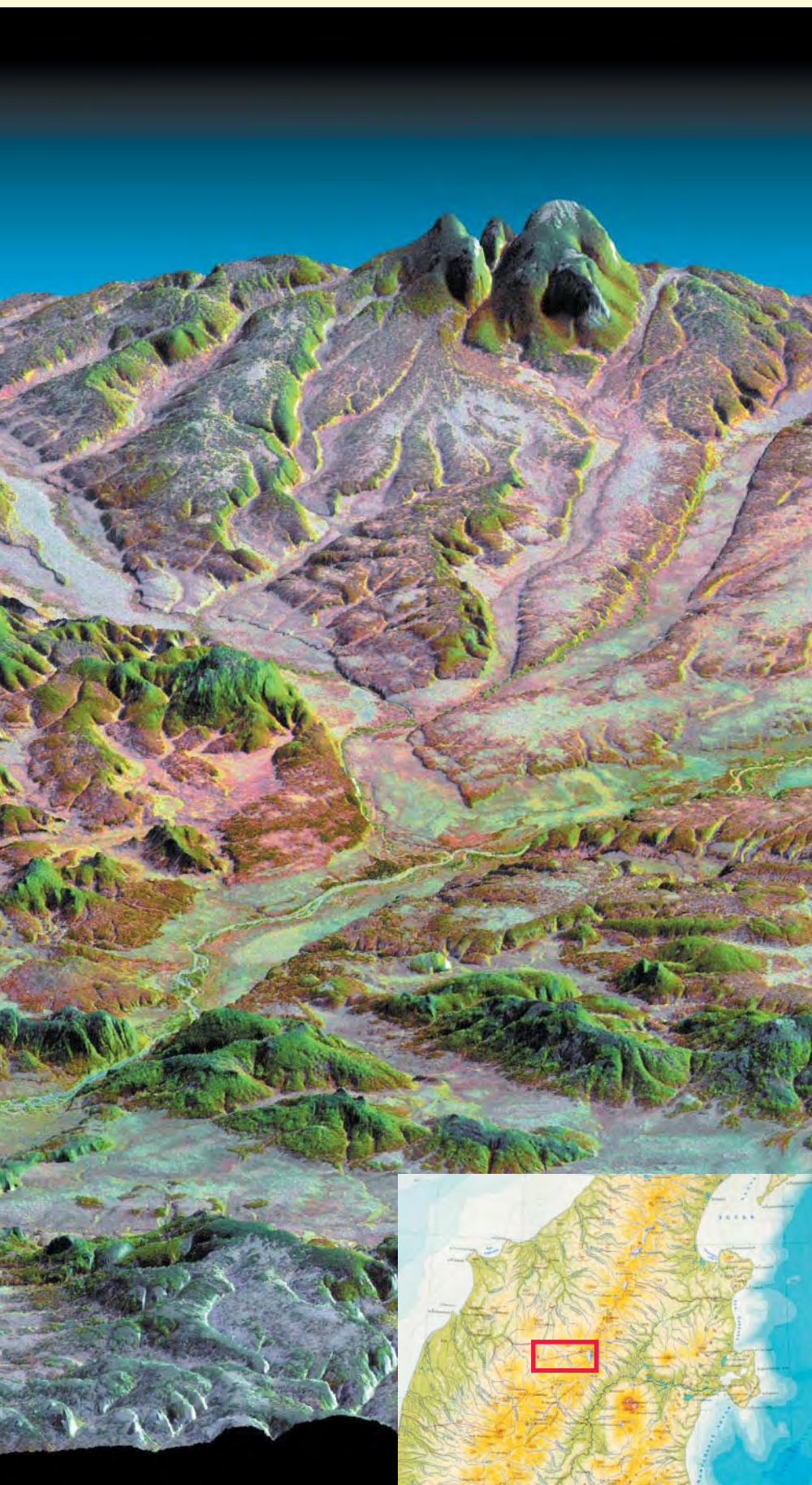
Pierwsze dane otrzymano w 11 godzinie lotu. Trzy godziny później gotowe były pierwsze obrazy topograficznej mapy. Pomiary prowadzono na pokładzie promu na dwie zmiany, a ilość zgromadzonych danych jest tak wielka, że do jej zapisu potrzeba byłoby 15 000 płyt CD (faktycznie dane zostały nagrane na 300 taśmach o dużej gęstości zapisu).

W trakcie misji skanowaniem objęto powierzchnię Ziemi pomiędzy 60° szerokości geograficznej północnej a 56° szerokości południowej, czyli obszar zamieszkały przez 95% populacji. Prom poruszał się po orbicie znajdującej się 233 km nad powierzchnią Ziemi. Promień radaru „czesał” powierzchnię globu prostopadle do kierunku lotu promu w pasie o szerokości 225 kilometrów.

White Sands w stanie Nowy Meksyk, USA. Pierwszy cyfrowy model wysokości uzyskany kilkanaście godzin po starcie promu. Powierzchnia opracowania ok. 50 km x 150 km. ▶

▼ Interferogram okolic White Sands





Opracowanie zebranych informacji zajmie około roku. Dla celów cywilnych przeznaczone będą mapy o rozdzielczości 90 m. Te precyzyjne (30 m) zarezerwowali dla siebie wojskowi.

Korzyści dla ludzkości...

Technika radarowa pozwala na uzyskanie obrazów z rejonów Ziemi, które do tej pory pozbawione były jakichkolwiek materiałów topograficznych lub miały tylko opracowania w małej skali. Mapy te będą nieocenioną pomocą w wielu dziedzinach, np. geomorfologii (badanie form powierzchni Ziemi i procesów je kształtujących), geologii, archeologii, ekologii (studia nad zmianami klimatycznymi czy ochroną zagrożonych terenów), wulknologii, sejsmologii czy hydrologii.

Największe korzyści odniosą prawdopodobnie wojskowi. O zastosowaniach dla nich mówi się niewiele. Można się tylko domyślać, że jeszcze dokładniej będą zaprogramowane trasy lotu pocisków samosterujących.

...i dla młodzieży

Wśród wielu zadań misji promu Endeavour była jeszcze jedna ciekawostka. W programie EarthKAM sponsorowanym przez NASA umożliwiono uczniom wybranych 80 szkół, głównie z USA, ale również Japonii, Niemiec i Francji, odbiór za pomocą Internetu obrazów Ziemi z zamontowanej na pokładzie promu cyfrowej kamery. Kamery tej nie obsługiwała załoga promu, lecz sterowali nią uczniowie, wysyłając Internetem „zamówienie” na konkretne obrazy. Po wykonaniu zadania obraz przekazywany był na Ziemię do szkoły. Otrzymane zdjęcia będą służyć uczniom do poszerzenia wiedzy o Ziemi, interpretacji i analizy obrazów satelitarnych, a także do poznania możliwości komunikacji poprzez Internet.

Opracowanie redakcji na podstawie materiałów NASA publikowanych w Internecie na bieżąco w czasie trwania misji Endeavoura

◀ Opracowanie radarowe fragmentu Kamczatki (57° N, 159° E), rzeka Tigil. Widok w kierunku wschodnim, pokazany obszar ma wymiary 71 x 20 km. Kolorem zielonym przedstawiono roślinność (bujniejszą po nasłonecznionej południowej stronie). Zdjęcie powstało w wyniku kompilacji danych zarejestrowanych przez misję Endeavoura (11 lutego 2000) i satelitę Landsat7 (31 stycznia 2000). Rozdzielczość 30 m. Skala wysokości jest 6-krotnie przewiększona w stosunku do skali poziomej.