

TELEDETEKCJA



Jan Piekarczyk

Zakład Kartografii i Geomatyki

Instytut Geografii Fizycznej i Kształtowania Środowiska Przyrodniczego

Uniwersytet im. Adama Mickiewicza

TELEDETEKCJA wstęp

Podręczniki:

- Z. Kurczyński: ***Lotnicze i satelitarne obrazowanie Ziemi. cz. 1 i 2.*** wyd. 2. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej 2013.
- J. Sanecki (red.): ***Teledetekcja - pozyskiwanie danych.*** Wydawnictwo Naukowo-Techniczne. 2006.
- J. Adamczyk, K. Będkowski: ***Metody cyfrowe w teledetekcji.*** Wydawnictwo SGGW, Warszawa 2005.
- A. Ciołkosz, J. Miszański i J. Olędzki: ***Interpretacja zdjęć lotniczych.*** PWN, 1978.
- A. Ciołkosz i A. Kęsik: ***Teledetekcja satelitarna.*** PWN, 1989.

Przydatne linki:

tomnod.com – wolontariat, przeszukiwanie zdjęć (spalone domy, zaginione samoloty, powodzie, zniszczone drogi itp..)

space.skyrocket.de – ewidencja satelitów.

mggpaero.com – zdjęcia lotnicze Polski.

TELEDETEKCJA wstęp

Literatura zalecana:

- Lillesand T.M. and Kiefer R.W., 2000. **Remote sensing and image interpretation.** John Wiley & Sons.
- Aronoff S., 2005. **Remote sensing for GIS managers;** ESRI Press, Redlands, California.
- Barrett E.C. and Curtis L.F., 1992. **Introduction to environmental remote sensing.** Chapman & Hall.
- Jensen J.R., 2000. **Remote sensing of the environment. An earth resource perspective.** Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.

TELEDETEKCJA wstęp

Program wykładu

- Wstęp do teledetekcji.
- Podstawy fizyczne
- Historia teledetekcji
- Czujniki wielospektralne
- Właściwości spektralne roślinności.
- Właściwości spektralne gleby.
- Właściwości spektralne wody.
- Zastosowania teledetekcji.

TELEDETEKCJA wstęp

Teledetekcja – Remote sensing

Definicje:

Bardziej ogólnie: polega na rejestrowaniu danych i informacji dotyczących świata fizycznego poprzez wykrywanie i pomiar sygnałów tworzonych przez promieniowanie, cząsteczki i pola emitowane przez obiekty znajdujące się poza bezpośrednim sąsiedztwem czujnika.

Bardziej ściśle: Teledetekcja jest technologią wykorzystywaną do rejestracji promieniowania elektromagnetycznego w celu uzyskania i interpretacji nieciągłych danych geoprzestrzennych na podstawie których można uzyskać informacje o cechach obiektów naziemnych i klasach pokrycia powierzchni Ziemi.

"Remote" and "Proximal" Sensing

TELEDETEKCJA wstęp

- Maksymalnie szeroka definicja: „*Teledetekcja to uzyskiwanie danych o obiekcie bez kontaktu z nim*” (Colwel, 1984).
- „*Teledetekcja jest bezkontaktową rejestracją informacji o obiekcie za pomocą fal elektromagnetycznych w zakresie ultrafioletu, widma widzialnego, podczerwieni i mikrofal, przy wykorzystaniu kamer, skanerów, laserów liniowych i powierzchniowych, umieszczonych na pokładach samolotów lub satelitów, a także analiza uzyskanych informacji poprzez interpretację wizualną lub obróbkę cyfrową*” (Fussell i in., 1986).

TELEDETEKCJA wstęp

Teledetekcja:

Zachodzi współzależność 3 elementów:

- badanego obiektu,
- detektora z urządzeniem rejestrującym i
- nośnika energii między obiektami a detektorem

Czujniki teledetekcyjne rejestrują odbite lub emitowane od obiektów promieniowanie niosące informacje o nich.

[Aronoff 2005]



TELEDETEKCJA wstęp

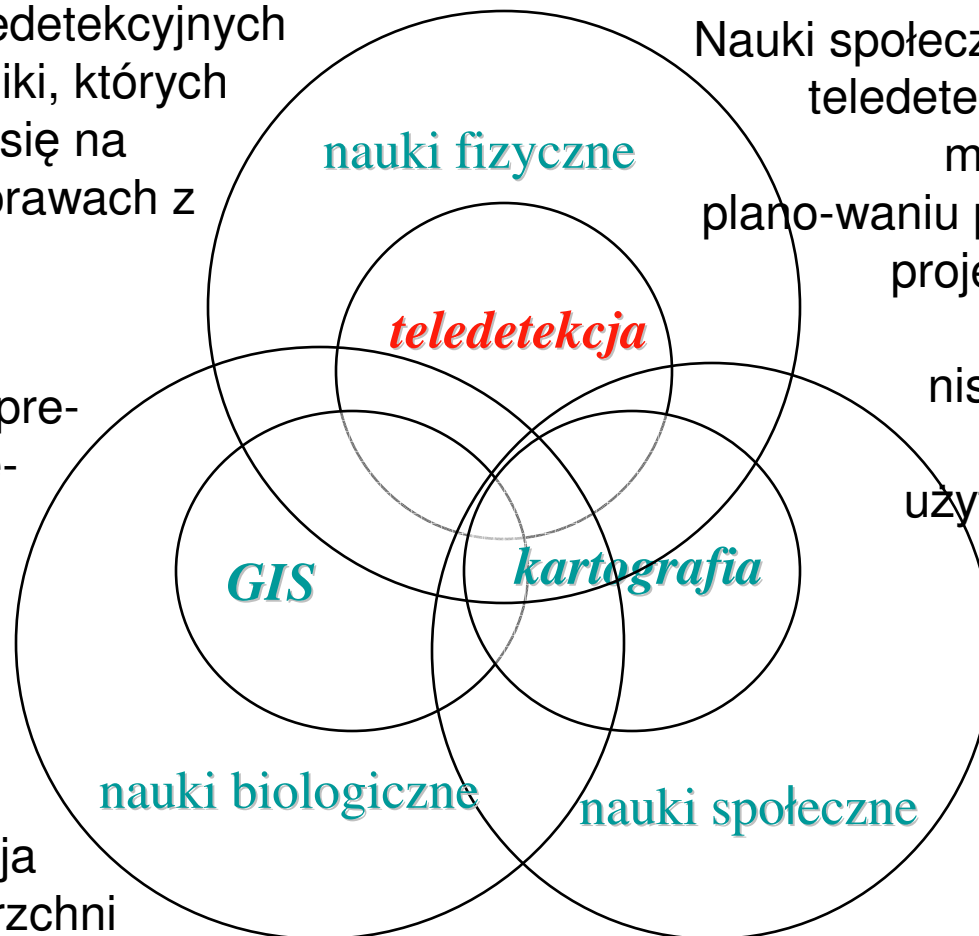
Współzależności pomiędzy teledetekcją, kartografią i systemami informacji geograficznej na tle nauk fizycznych, biologicznych i społecznych

W metodach teledetekcyjnych stosuje się czujniki, których działanie opiera się na podstawowych prawach z zakresu optyki.

Gromadzenie i interpretacja danych teledetekcyjnych wymaga stosowania metod z zakresu kartografii i GIS.

Poprawna interpretacja teledetekcyjna powierzchni roślinnych wymaga wiedzy o właściwościach roślin i ich procesach fizjologicznych.

Nauki społeczne korzystają z teledetekcji w analizach migracji ludności, planowaniu przestrzennym i projektowaniu urbanistycznym, użytkowaniu Ziemi, itd..



Jensen 2000

TELEDETEKCJA wstęp

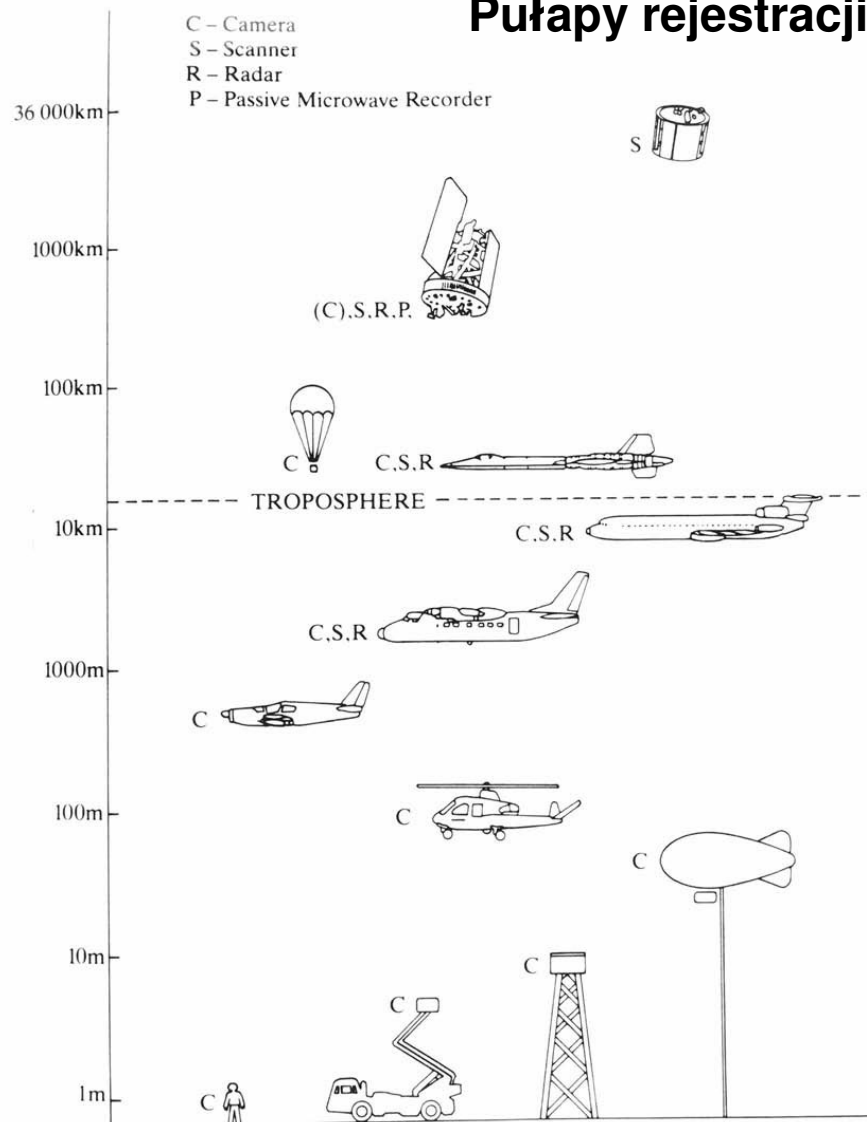
Interpretacja danych teledetekcyjnych

Teledetekcja to sztuka

- Umiejętność wizualnej fotointerpretacji lub interpretacji obrazów uzyskiwanych technikami niefotograficznymi wpływa nie tylko z wiedzy naukowej, ale także z doświadczenia czerpanego w trakcie dotychczasowego życia.
- Pewne osoby są lepszymi interpretatorami od innych, bo:
 - lepiej rozumieją pewne zjawiska pod względem naukowym (matematycznym, fizycznym, chemicznym, biologicznym),
 - więcej podróżowali i np. bezpośrednio mieli okazję widzieć wiele różnych elementów tworzących krajobraz,
 - lepiej syntetyzują wiedzę naukową z realnie otaczającym ich światem, logiczniej rozumują i poprawnie wnioskują.

TELEDETEKCJA wstęp

Pułapy rejestracji danych teledetekcyjnych



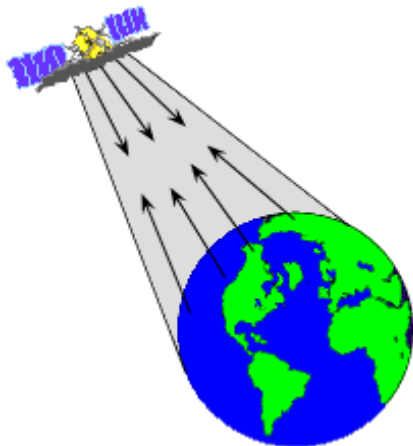
Pomiary (obserwacje) teledetekcyjne są wykonywane z przestrzeni kosmicznej (pułap satelitarny), z samolotów (pułap lotniczy), lub z powierzchni Ziemi (pułap naziemny).

TELEDETEKCJA wstęp

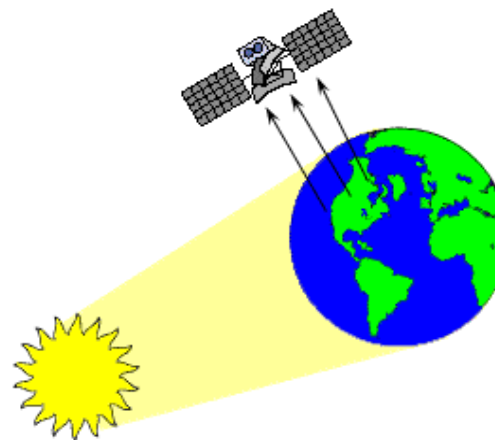
Metody teledetekcyjne: **aktywne i pasywne**.

W **aktywnej** teledetekcji sygnał jest wysyłany z instrumentu a następnie, po odbiciu od badanej powierzchni rejestrowany przez odbiornik tego instrumentu. Przykładami aktywnej teledetekcji są: **radar** - gdzie wysyłane są **mikrofale**, **lidar** – w tym przypadku wysyłane jest **światło**, **sodar** – gdy wysyłane są **fale akustyczne**.

Pasywnymi metodami teledetekcji są metody oparte na analizie sygnału, którego źródłem najczęściej jest Słońce) odbitego od obserwowanego obiektu. Zdjęcie **fotograficzne** jest przykładem teledetekcji **pasywnej**.



Czujniki aktywne

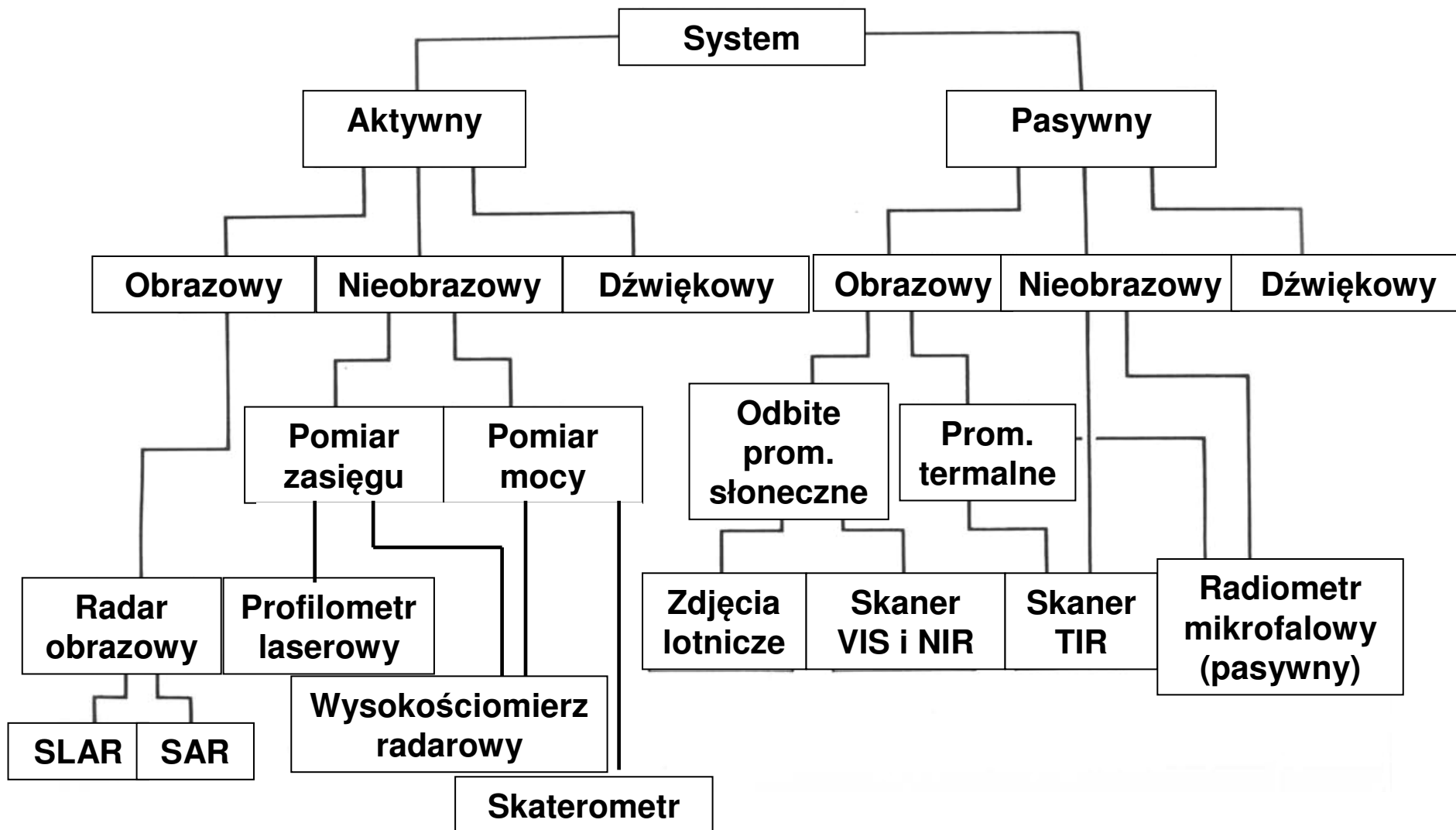


Czujniki pasywne

TELEDETEKCJA wstęp

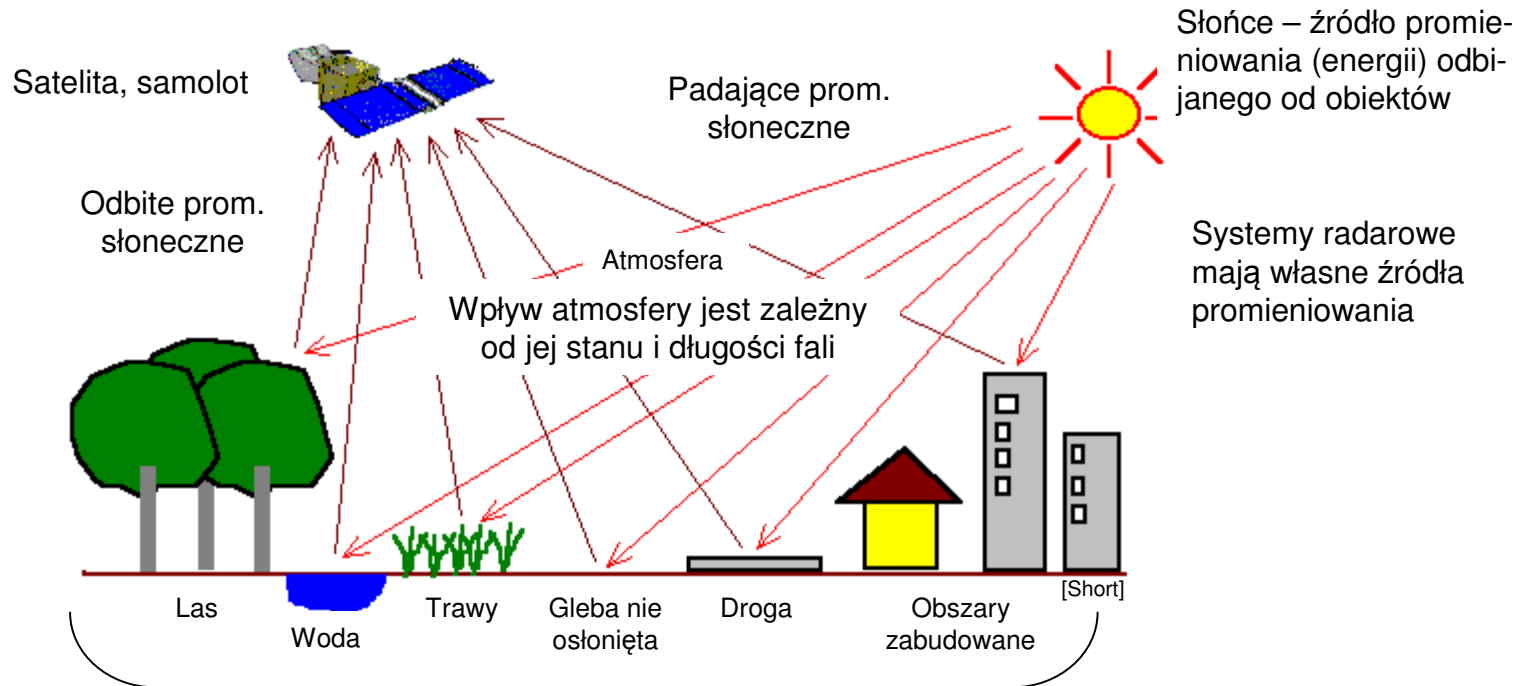
Dane pozyskiwane za pomocą metod teledetekcyjnych mogą mieć charakter **punktowy** lub **przestrzenny**. Dane przestrzenne mają postać obrazu cyfrowego i jest to teledetekcja obrazowa.

TELEDETEKCJA wstęp



TELEDETEKCJA wstęp

System teledetekcyjny



**Padające promieniowanie może być:
odbijane, przepuszczane, pochłaniane**

Dane wyjściowe:

- Zdjęcia (obrazy)
- Mapy
- Wykresy
- Liczby (digital numbers)

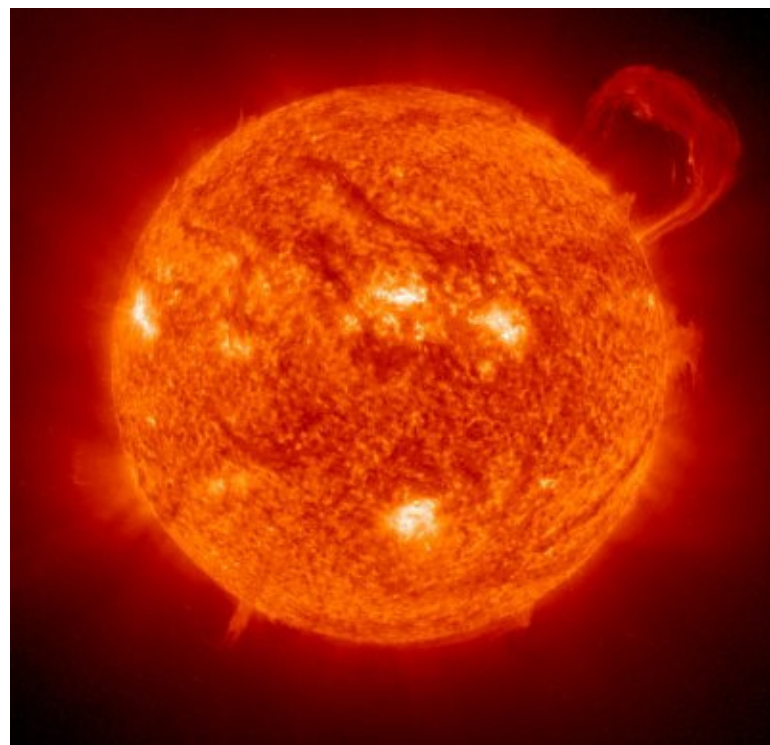
TELEDETEKCJA wstęp

Energia i promieniowanie słoneczne

Energia – wielkość fizyczna charakteryzująca stan układu fizycznego (materii) jako jego zdolność do wykonania pracy.

Energia słoneczna - powstaje w procesie termosyntezy – w której, w wyniku połączenia się czterech protonów w jądro helu – następuje zamiana masy na energię.

Energia może być przemieszczana przez przewodzenie, konwekcję lub promieniowanie



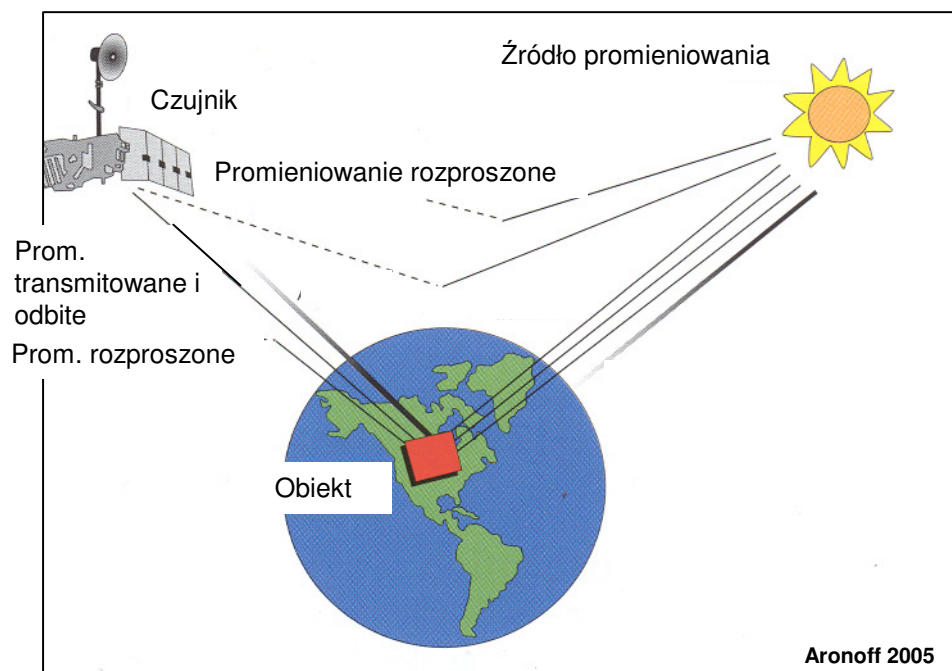
Promieniowanie – strumień cząstek (promieniowanie korpuskularne) lub fal wysyłanych przez ciało. Przepływ energii, który nie wymaga fizycznego kontaktu między ciałem wysyłającym i absorbującym energię.

TELEDETEKCJA wstęp

Promieniowanie słoneczne - Około 30% promieniowania słonecznego dochodzącego do naszej planety jest odbijane przez atmosferę, 20% jest przez nią pochłaniane, a tylko 50% energii dociera do powierzchni Ziemi

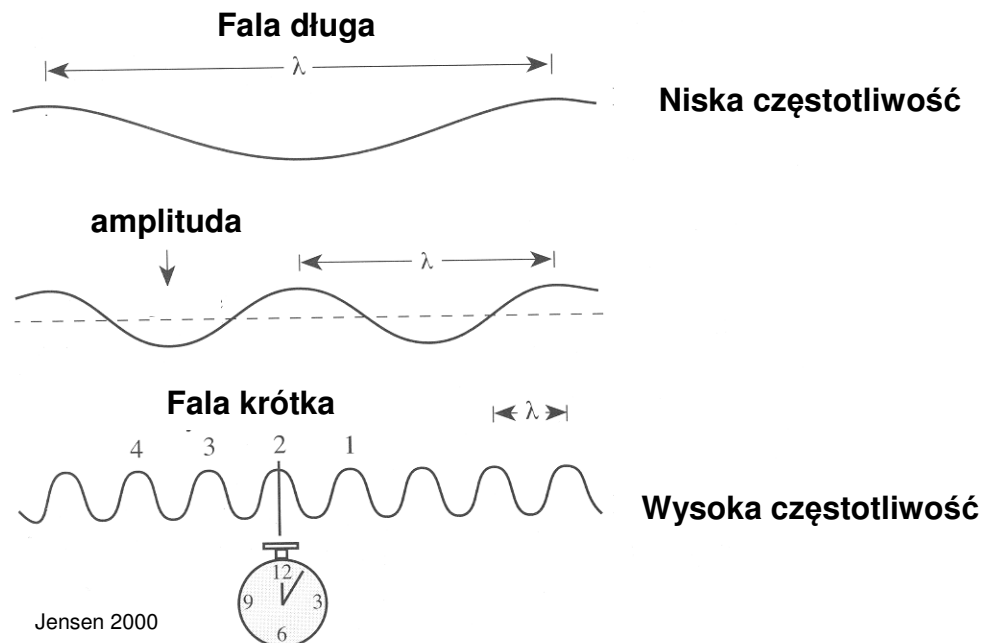
Promieniowanie:

- całkowite
- bezpośrednie
- rozproszone (promieniowanie nieba; ang. *Diffuse solar radiation*) – promieniowanie słoneczne dochodzące do powierzchni Ziemi z hemisfery nieba, z wyłączeniem promieniowania bezpośredniego.



TELEDETEKCJA wstęp

Model falowy – James C. Maxwell



Długość fali - najmniejsza odległość pomiędzy dwoma powtarzającymi się fragmentami fali np. wierzchołkami [μm lub nm].

Częstotliwość - liczba wierzchołków fali przechodzących przez dany punkt w czasie [Hz].

Promieniowanie elektromagnetyczne o większej długości fali (λ) to promieniowanie o niższej częstotliwości (ν)

obserwator rejestruje liczbę wierzchołków fali przechodzących przez określone miejsce w jednostce czasu

$$c = \lambda \nu$$

$$\nu = c/\lambda$$

$$\lambda = c/\nu$$

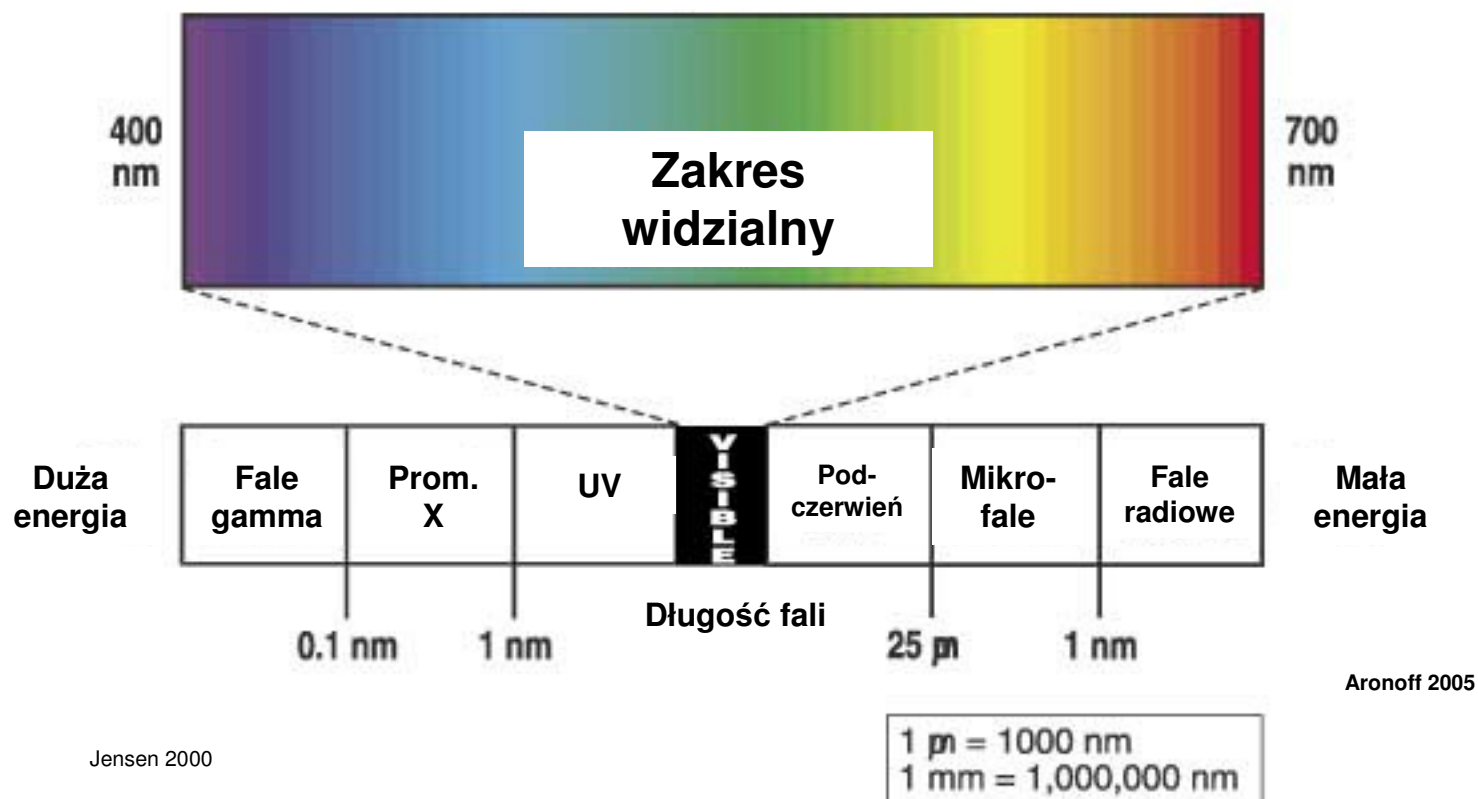
c – prędkość światła,

λ – długość fali,

ν – częstotliwość.

TELEDETEKCJA podstawy fizyczne

Widmo elektromagnetyczne



Teledetekcja optyczna: zakres widzialny + bliska podczerwień

Podczerwień - bliska (780-1300 nm) + środkowa (1300 – 2500 nm)

TELEDETEKCJA podstawy fizyczne

Zakres spektralny	Długość fali
Promieniowanie gamma	$< 0,03 \text{ nm}$
Promienie X	$0,03 - 240 \text{ nm}$
Ultrafiolet	$240 - 380 \text{ nm}$
Fale widzialne	$380 - 700 \text{ nm}$
Podczerwień	$700 \text{ nm} - 1 \text{ mm}$
Bliska	$700 - 1300 \text{ nm}$
Środkowa	$1300 - 3000 \text{ nm}$
Długofalowa	$3000 - 8000 \text{ nm}$
Termalna	$8000 - 14000 \text{ nm}$
Daleka	$14000 - 1 \text{ mm}$
Mikrofale	$1 \text{ mm} - 100 \text{ cm}$
Fale radiowe	$> 100 \text{ cm}$

Widmo widzialne

Długość fal poszczególnych barw [nm]:

- Fioletowa $360 - 420$
- Błękitna $420 - 460$
- niebieska $460 - 490$
- Zielona $490 - 530$
- Żółta $530 - 590$
- Pomarańczowa $590 - 650$
- Czerwona $650 - 760$

Zakres spektralny	Energia[%]
Ultrafiolet	7,29
Fale widzialne	43,5
Bliska podczerwień	36,8
Środkowa podczerwień	12,0
Daleka podczerwień	0,41

Jednostki:

$1 \text{ mm} = 1\,000 \mu\text{m} = 1\,000\,000 \text{ nm}$

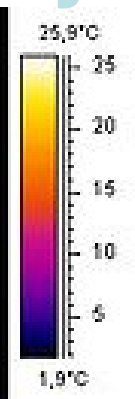
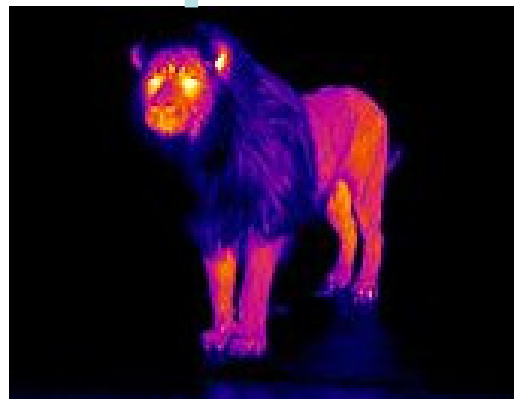
TELEDETEKCJA podstawy fizyczne



Zakres widzialny widma



Zakres bliskiej podczerwieni



Zakres termalny
(kolory umowne –
„falszywe”)

Obraz termalny Bazylei.
Temperatura wyrażana
poziomem szarości pikseli:
piksele jasne temp. wysoka.



Obraz radarowy

TELEDETEKCJA podstawy fizyczne

Jak widzi kwiaty:

człowiek



motyl



pszczoła

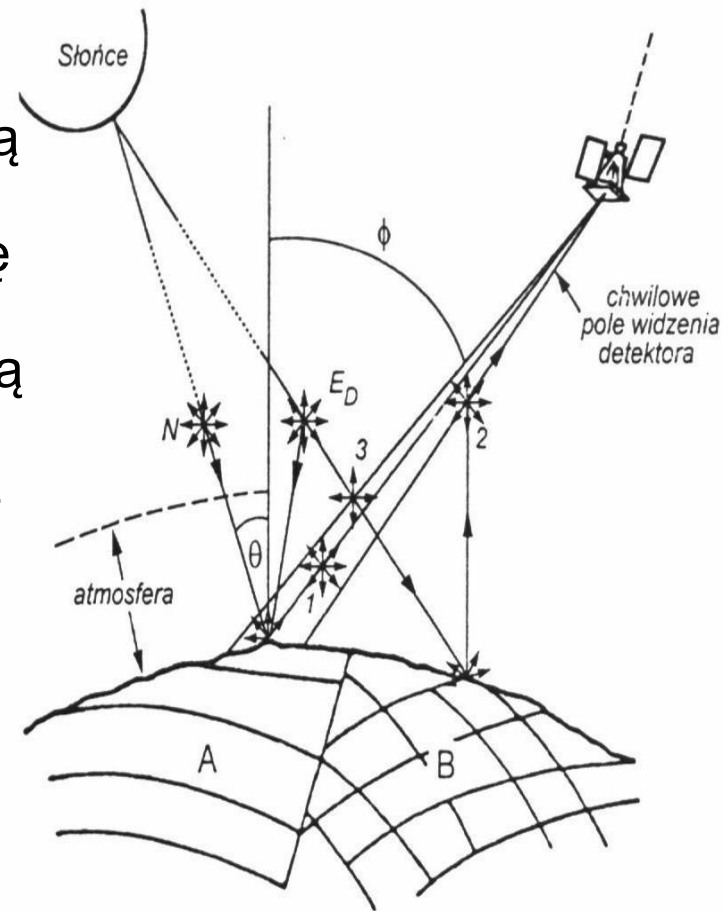


Niecierpek himalajski (*Impatiens glandulifera*)

TELEDETEKCJA wstęp

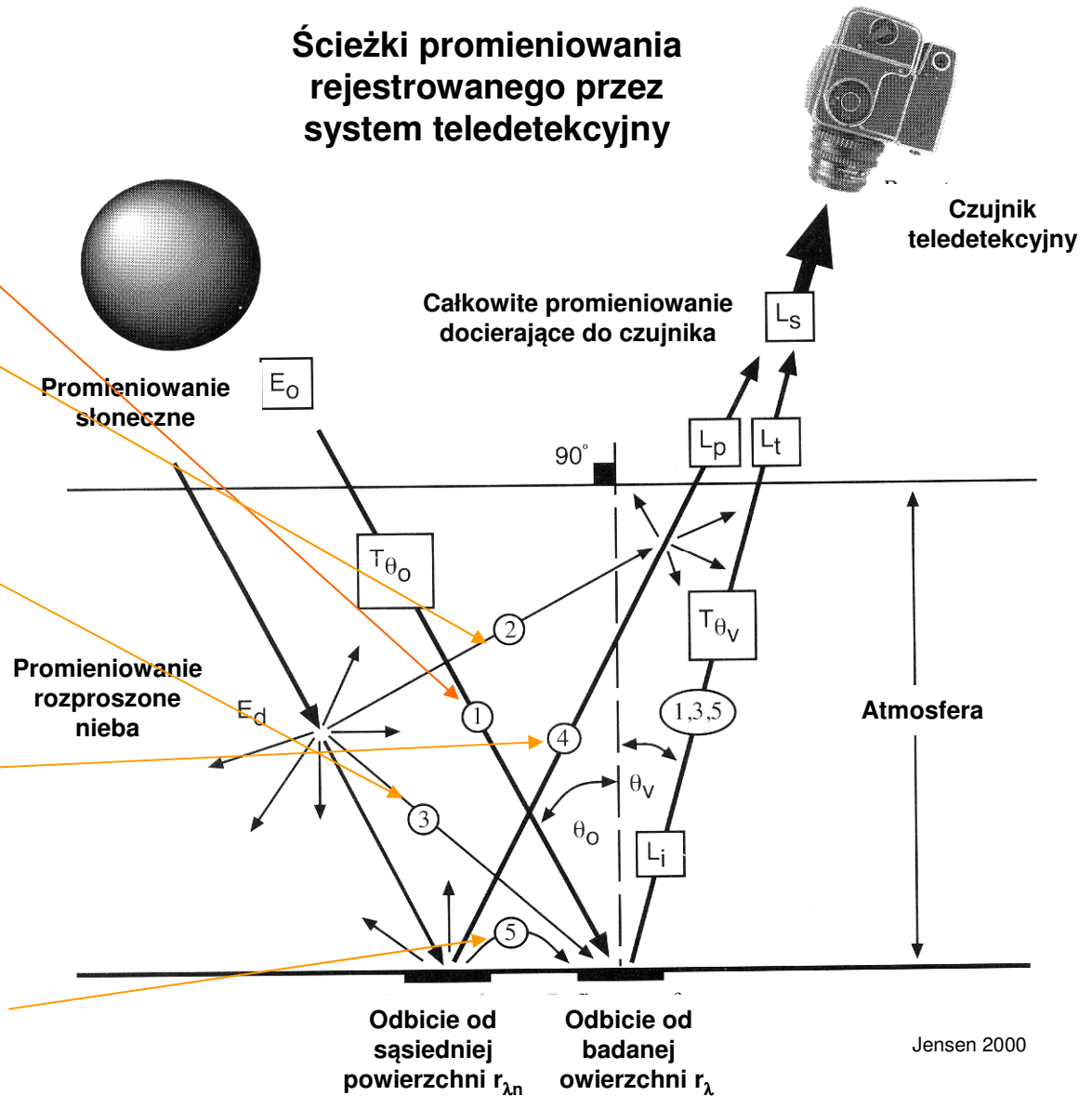
Energia rejestrowana przez systemy teledetekcyjne najczęściej:

- jest wypromieniowywana przez Słońce,
- przemieszcza się w próżni przestrzeni kosmicznej z prędkością światła 3×10^8 m/s,
- jest zniekształcana przez atmosferę ziemską,
- wchodzi w interakcje z powierzchnią Ziemi,
- jest ponownie zniekształcana przez atmosferę ziemską,
- ostatecznie dociera do sensora teledetekcyjnego, gdzie zniekształcana jest przez system optyczny, filtry i oddziałuje na emulsje fotograficzną, czy detektor.

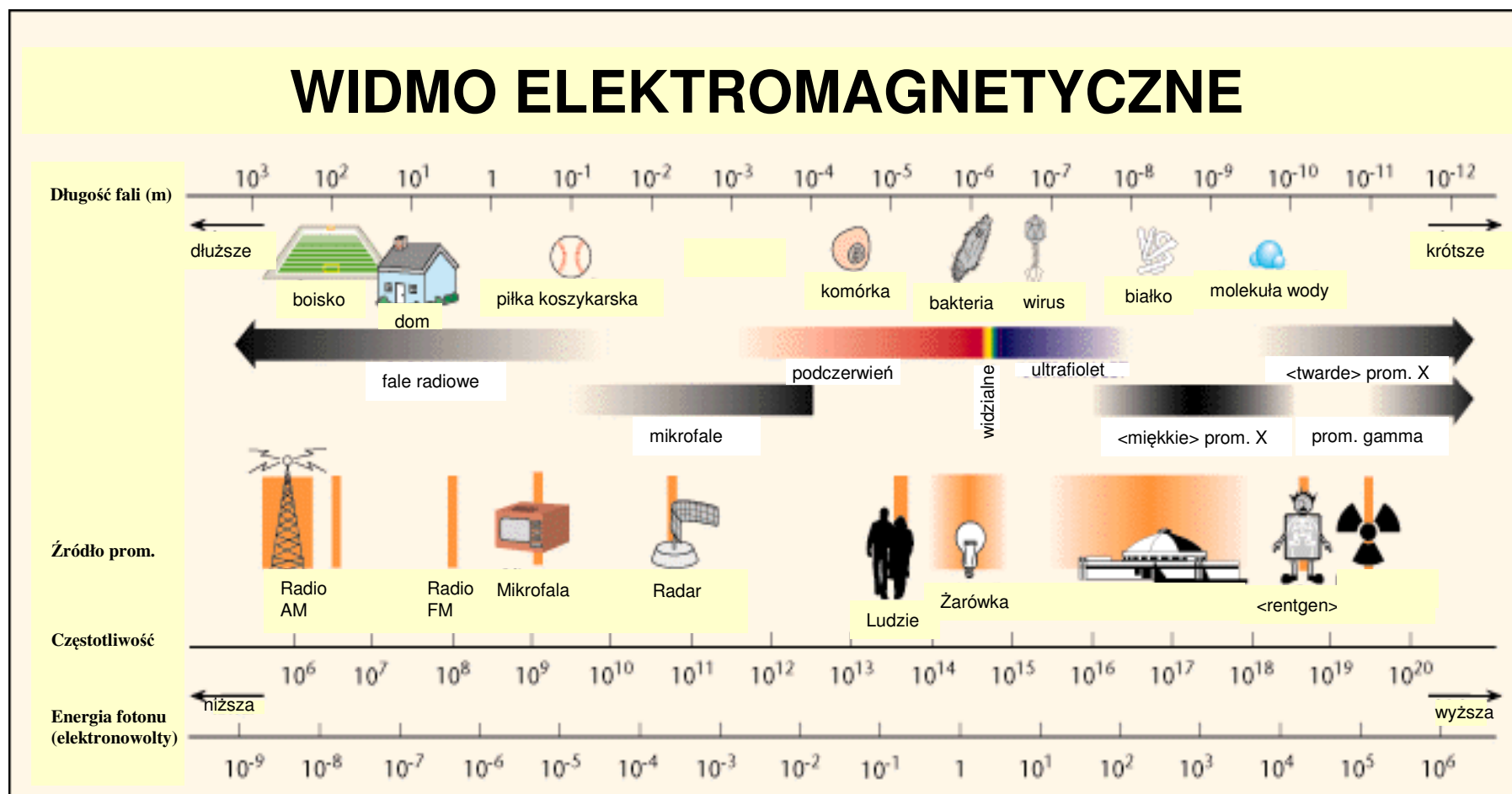


TELEDETEKCJA wstęp

- 1 – promieniowanie słoneczne (E_0) osłabione w niewielkim stopniu
- 2 – rozpraszanie do promieniowania nieba (E_d) nie docierające do obserwowanego fragmentu powierzchni Ziemi
- 3 – energia słonecza częściowo rozpraszana, absorbowana przez atmosferę
- 4 – promieniowanie odbijane lub rozpraszane od sąsiedniej powierzchni znajdującej się w polu widzenia czujnika
- 5 – promieniowanie, które również jest odbijane od sąsiedniej powierzchni do atmosfery a później ponownie docierające do obserwowanego fragmentu powierzchni Ziemi.



TELEDETEKCJA podstawy fizyczne



TELEDETEKCJA podstawy fizyczne

Rozpraszanie promieniowania słonecznego

Zdjęcie Księżyca



**Zdjęcie Ziemi wykonane z
powierzchni Księżyca**



TELEDETEKCJA podstawy fizyczne

Rozproszenie promieniowania przez atmosferę powodują:

- cząstki pyłów i dymów oraz
- duże molekuły gazów atmosferycznych np. para wodna.

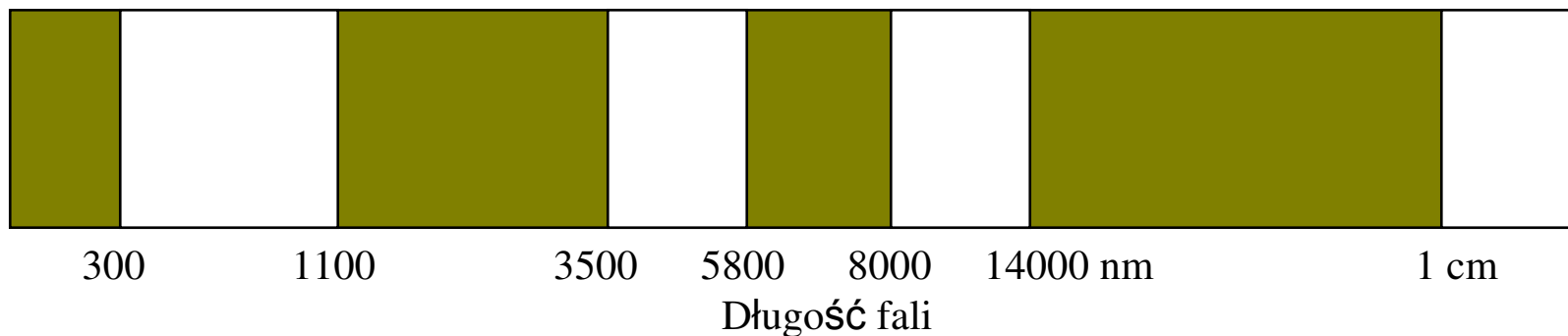
Rodzaj powierzchni	Liczba pyłków w 1 cm ³
Ocean	70 — 340
Góry wysokie	400 — 8000
Pola uprawne po deszczu	32 000
Pola uprawne w dni słoneczne	130 000
Miasta	170 000 — 470 000

Intensywność rozpraszania zależy od:

- wielkości cząstek w atmosferze,
- ich gęstości (koncentracji),
- długości fali promieniowania elektromagnetycznego,
- odległości jaką promieniowanie musi pokonać w atmosferze w drodze do czujnika.

TELEDETEKCJA podstawy fizyczne

Przenikalność atmosfery - pojęcie zastępujące często absorpcja i rozpraszanie w takich ośrodkach jak powietrze.



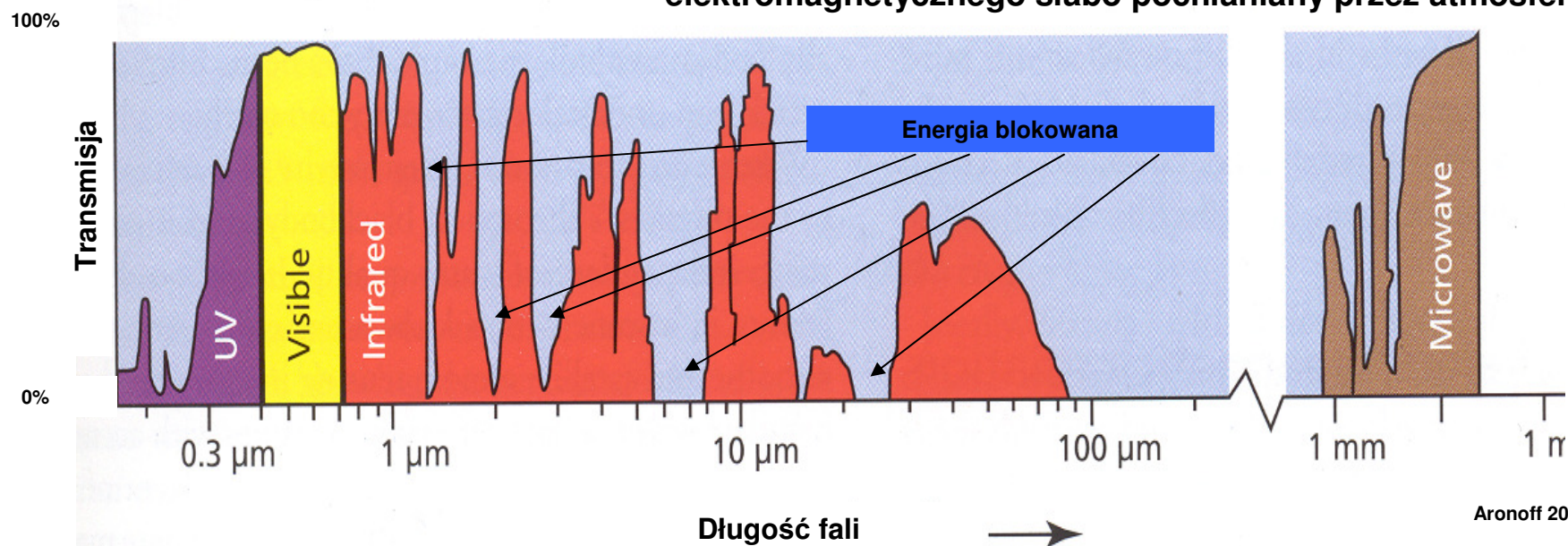
Fale krótsze od widzialnych i fale podczerwone są w atmosferze w większym stopniu absorbowane niż rozpraszane.

Kombinacja efektów absorpcji, rozpraszania i odbicia (od górnej powierzchni chmur) może istotnie zmniejszyć ilość energii słonecznej docierającej do powierzchni Ziemi.

TELEDETEKCJA podstawy fizyczne

Przepuszczalność atmosfery

Okno atmosferyczne – zakres spektralny promieniowania elektromagnetycznego słabo pochłaniany przez atmosferę.

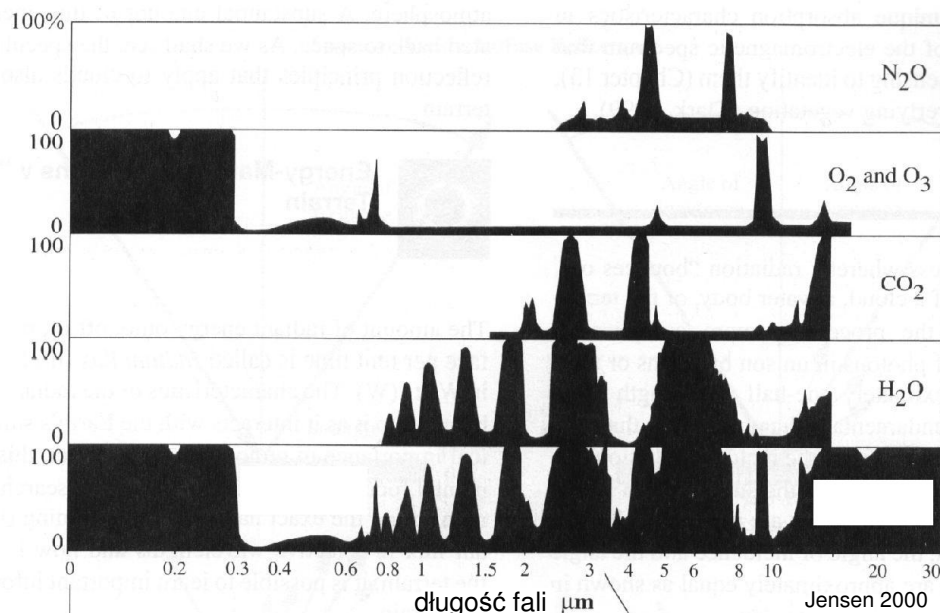


Aronoff 2005

Gazy absorbujące promieniowanie słoneczne:

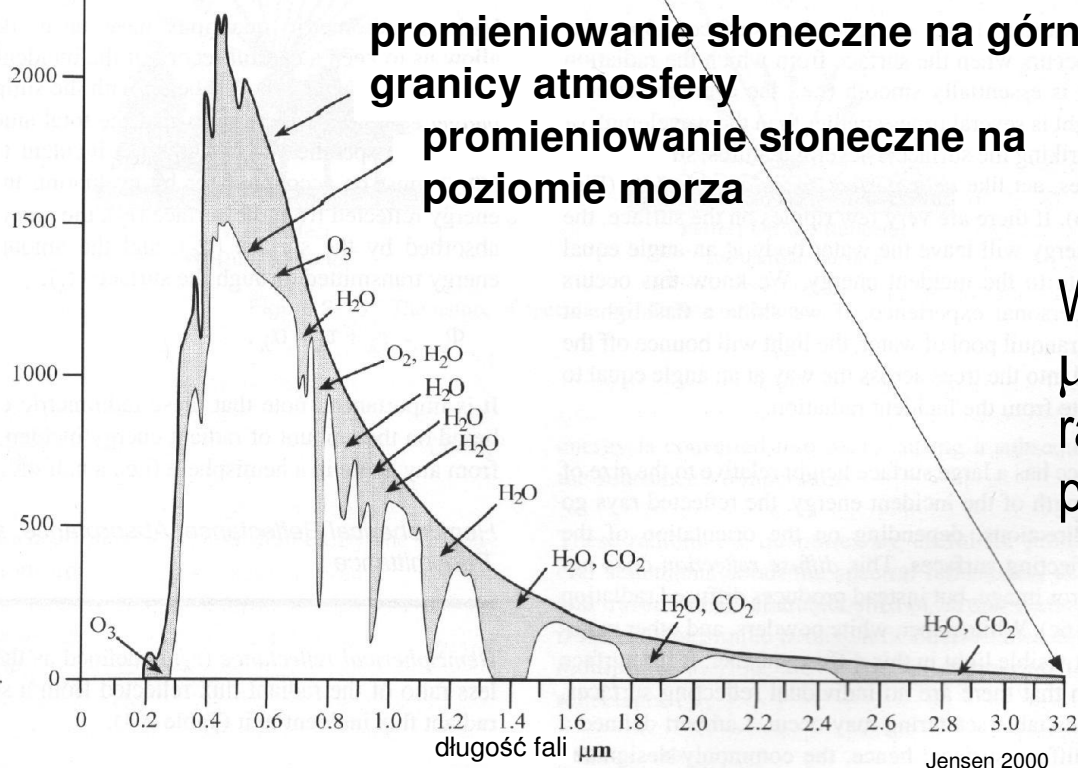
- Para wodna (absorpcja promieniowania długofalowego z zakresu podczerwieni termalnej jak i krótkofalowego mikrofal (22 to 1 μm),
- CO_2 (absorpcja fal z zakresu czerwieni termalnej),
- Ozon (absorpcja promieniowania UV).

Absorpcja przez atmosferę



Substancjami absorbującymi promieniowanie elektromagnetyczne w atmosferze są przede wszystkim: H_2O , CO_2 , O_2 , O_3 , N_2O

Promieniowanie słoneczne ($\text{W m}^{-2} \mu\text{m}^{-1}$)



W zakresie widzialnym (0,4-0,7 μm) atmosfera nie absorbuje, a raczej efektywnie przewodzi promieniowanie słoneczne.

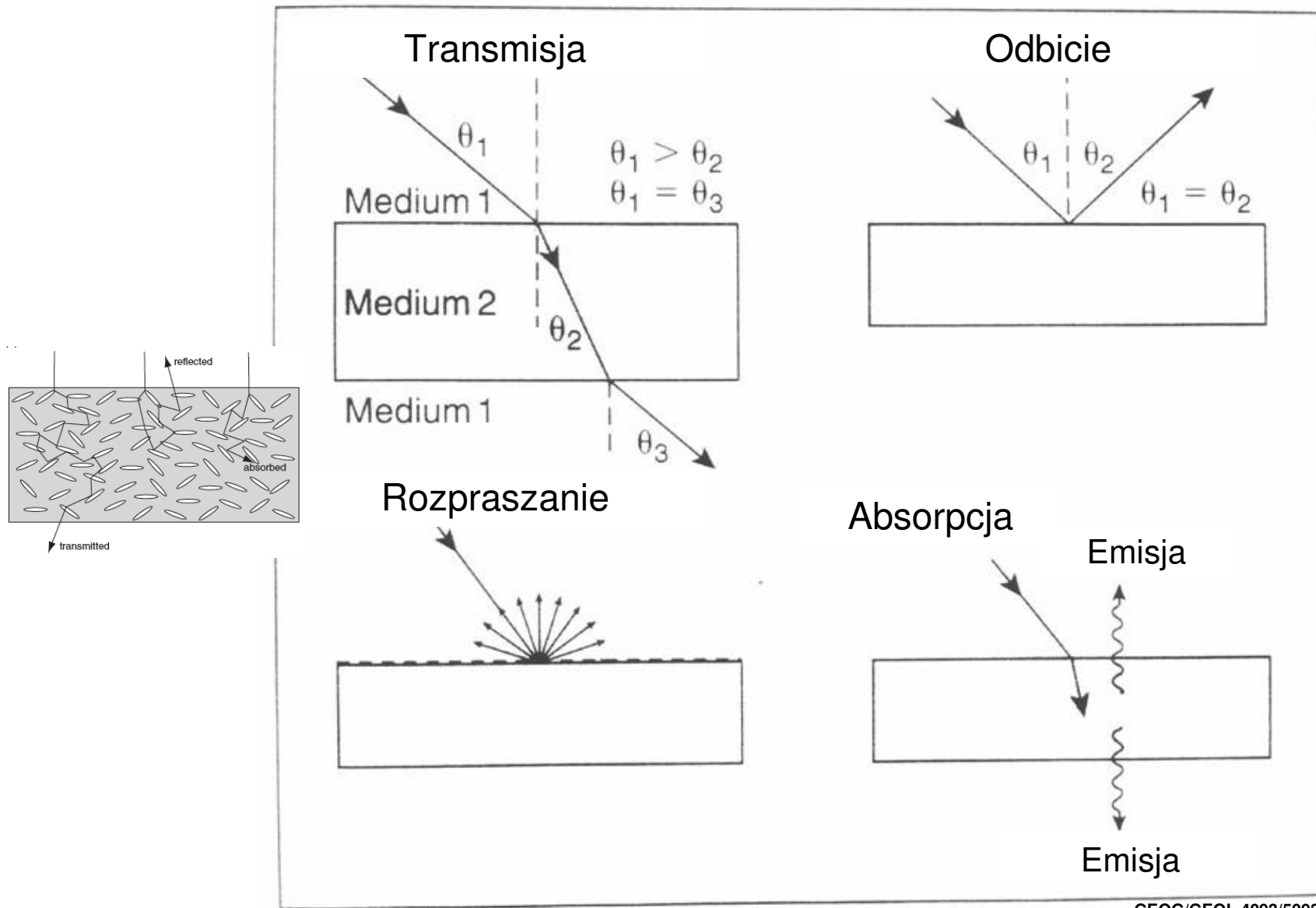
TELEDETEKCJA wstęp

Informacje o obiektach interpretowanych w ultrafiolecie, widmie widzialnym, bliskiej i częściowo środkowej podczerwieni są przekazywane za pomocą **promieniowania elektromagnetycznego odbitego** od tych obiektów.

Nie całe promieniowanie docierające do obiektów jest od nich odbijane ρ_λ ; Część strumienia docierającej energii spektralnej ψ_λ o określonej długości fali λ jest absorbowana α_λ i przewodzona τ_λ według następującej zależności:

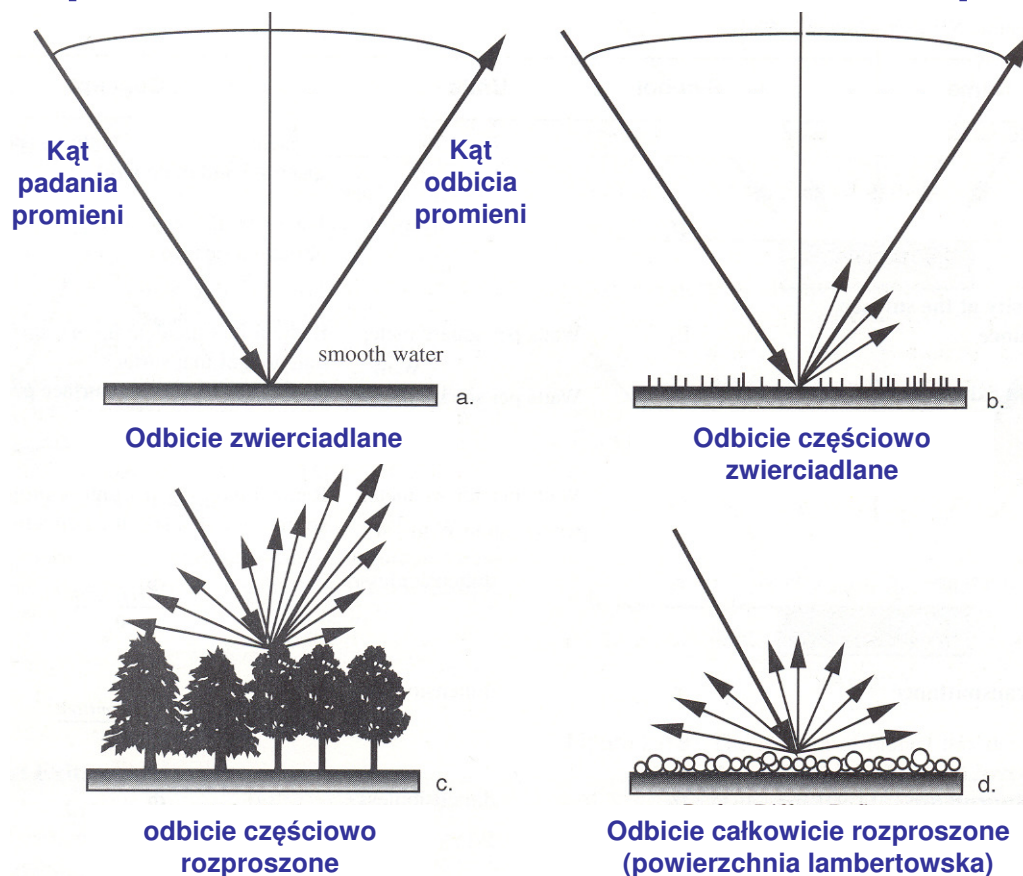
$$\psi_\lambda = \rho_\lambda + \alpha_\lambda + \tau_\lambda$$

TELEDETEKCJA podstawy fizyczne



TELEDETEKCJA podstawy fizyczne

Odbicie promieniowania zwierciadlane i rozproszone



Sposób odbicia promieniowania zależy od:

- Szorstkości powierzchni.
- Długości fali
- Kąta padania promieni.

Jensen 2000

TELEDETEKCJA podstawy fizyczne

Albedo (po łacinie biel) – charakteryzuje stosunek mocy odbitego promieniowania do całkowitego promieniowania padającego, obu mierzonych w $W \cdot m^{-2}$ (wielkość bezwymiarowa)

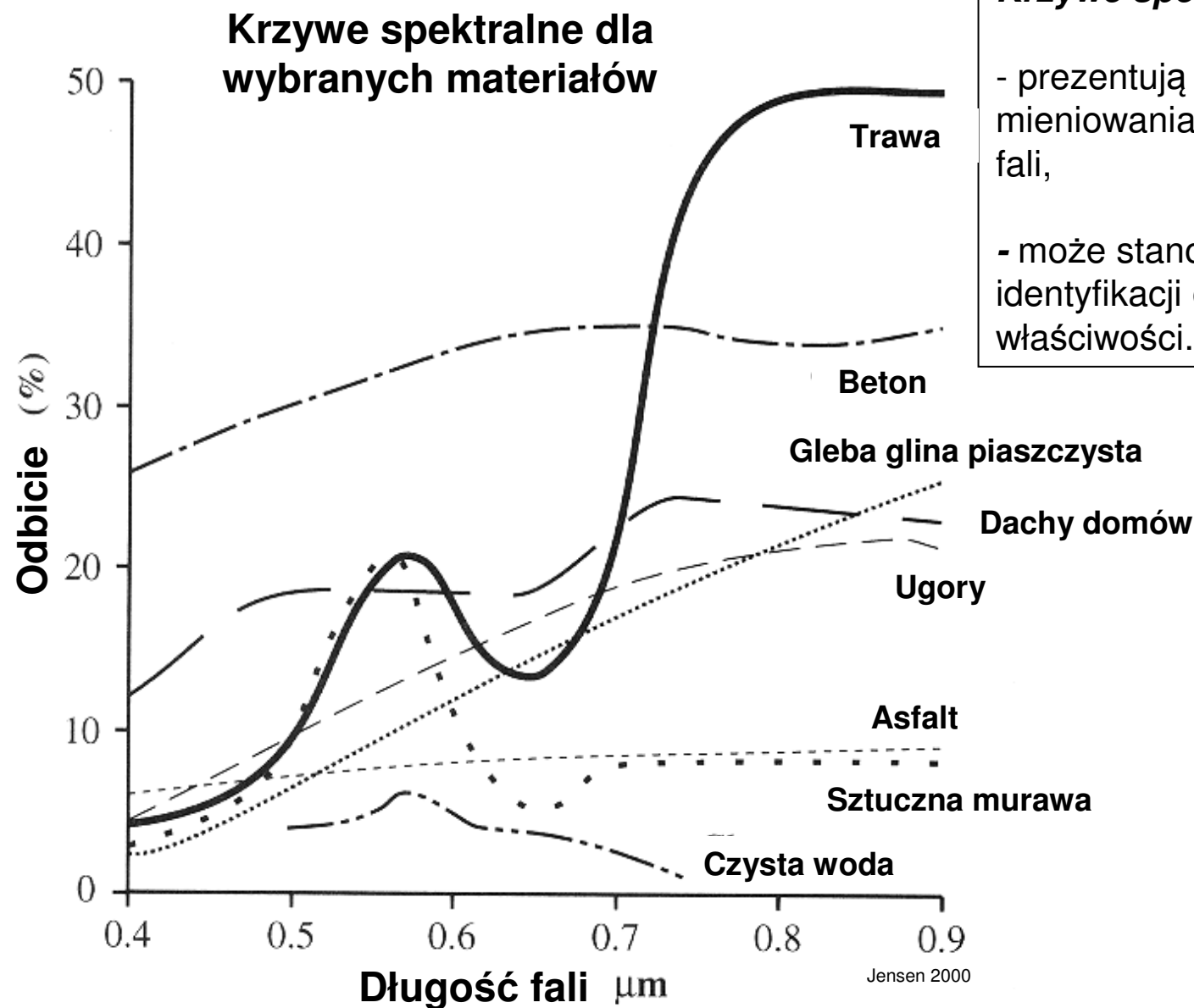
Śred dla Ziemi
30-35%

Obiekt	albedo (%)
woda w przyrodzie	1-10
czysta woda	2
lód	25-40
niskie chmury	5-65
wysokie chmury	30-85
gleba	5-30
piasek	20-40
obszary zabudowane	5-20
las	5-10
zielone rośliny uprawne	5-15
przeciętna dla Ziemi	35

TELEDETEKCJA podstawy fizyczne

Krzywe spektralne:

- prezentują ilość odbitego promieniowania w funkcji długości fali,
- może stanowić podstawę do identyfikacji obiektu i oceny jego właściwości.



TELEDETEKCJA wstęp

Trzy poziomy rejestracji danych:

- Pomiarzy naziemne
- Pułap przyziemny
- Pułap lotniczy
- Pułap satelitarny

Zastosowanie do obserwacji:

- Oceanów i mórz
- Użytków rolniczych i lasów
- Aktywności wulkanów
- Obszarów działań wojennych
- Ekstremalnych zjawisk klimatycznych
- Obszarów radioaktywnych.

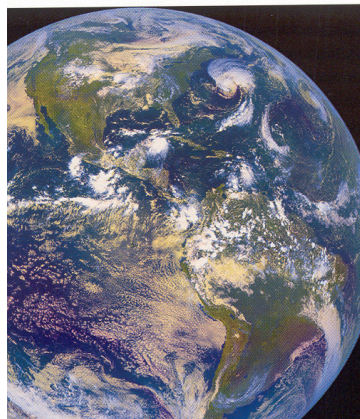
Dane teledetekcyjne:

- Zdjęcia lotnicze
- Cyfrowe obrazy satelitarne
- Obrazy radarowe

TELEDETEKCJA wstęp

Tworzenie map:

- powierzchni Ziemi i dna morskiego,
- zasobów naturalnych,
- infrastruktury miejskiej.

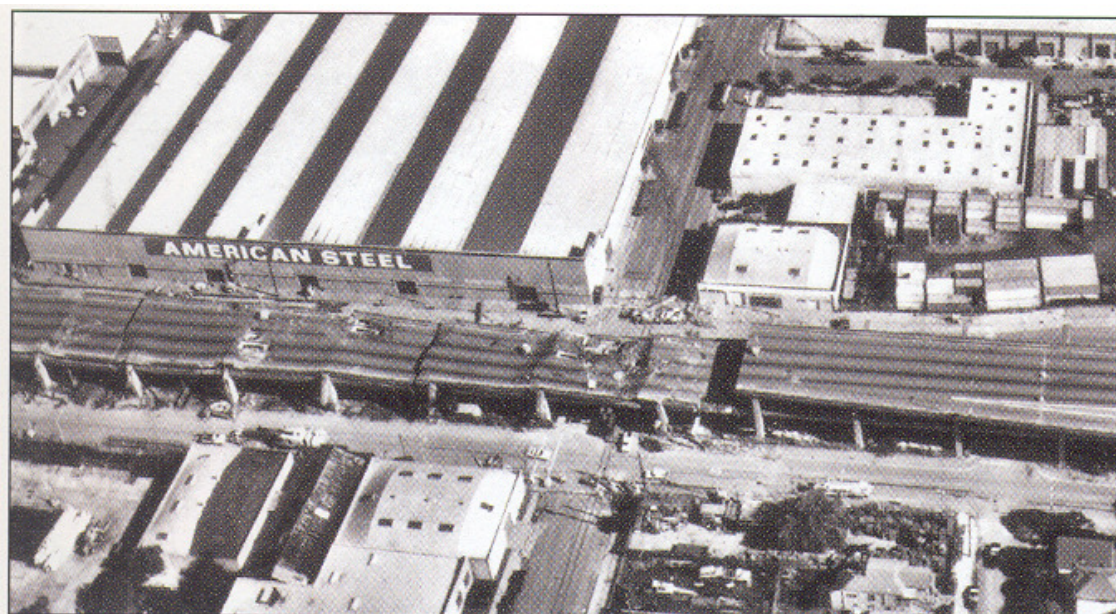


[Aronoff 2005]

Satelita GOES-12

Obserwacje meteorologiczne

- zachmurzenie,
- opady,
- prognozy.



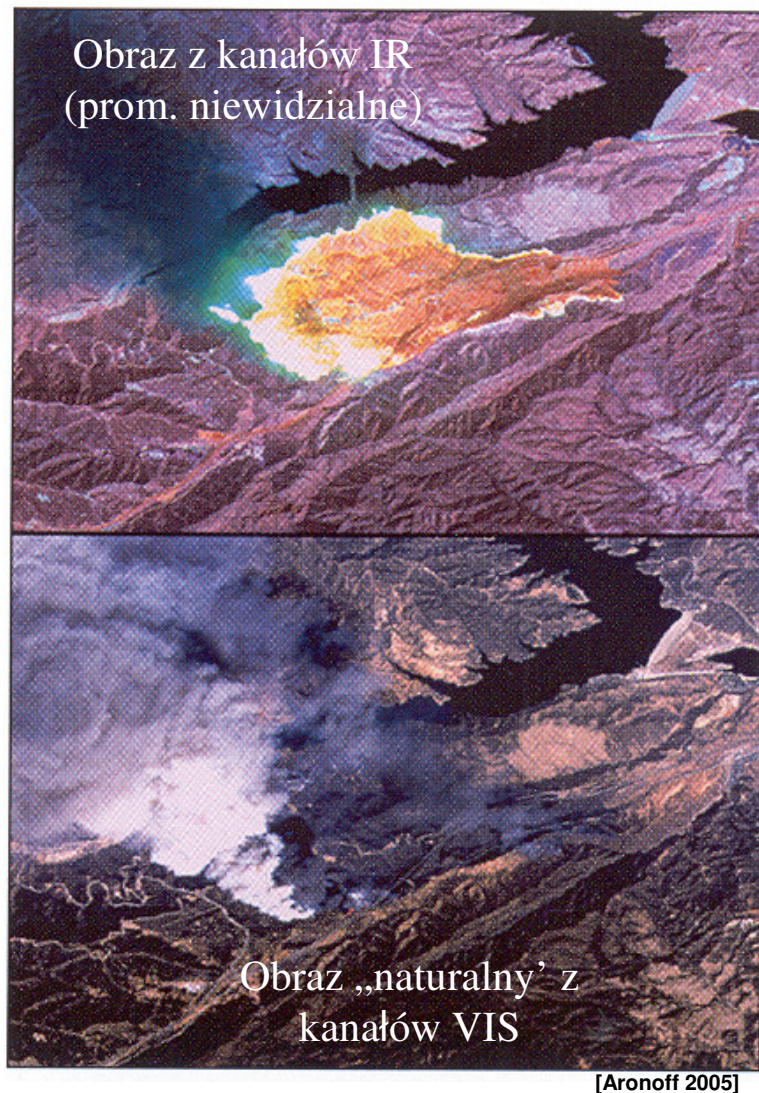
[Aronoff 2005]

Katastrofy:

- szacowanie zniszczeń,
- ocena, planowanie i kontrola działań ratowniczych.

Efekt trzęsienia ziemi „Loma Prieta” (17.10.1989) w rejonie Zatoki San Francisco

TELEDETEKCJA wstęp

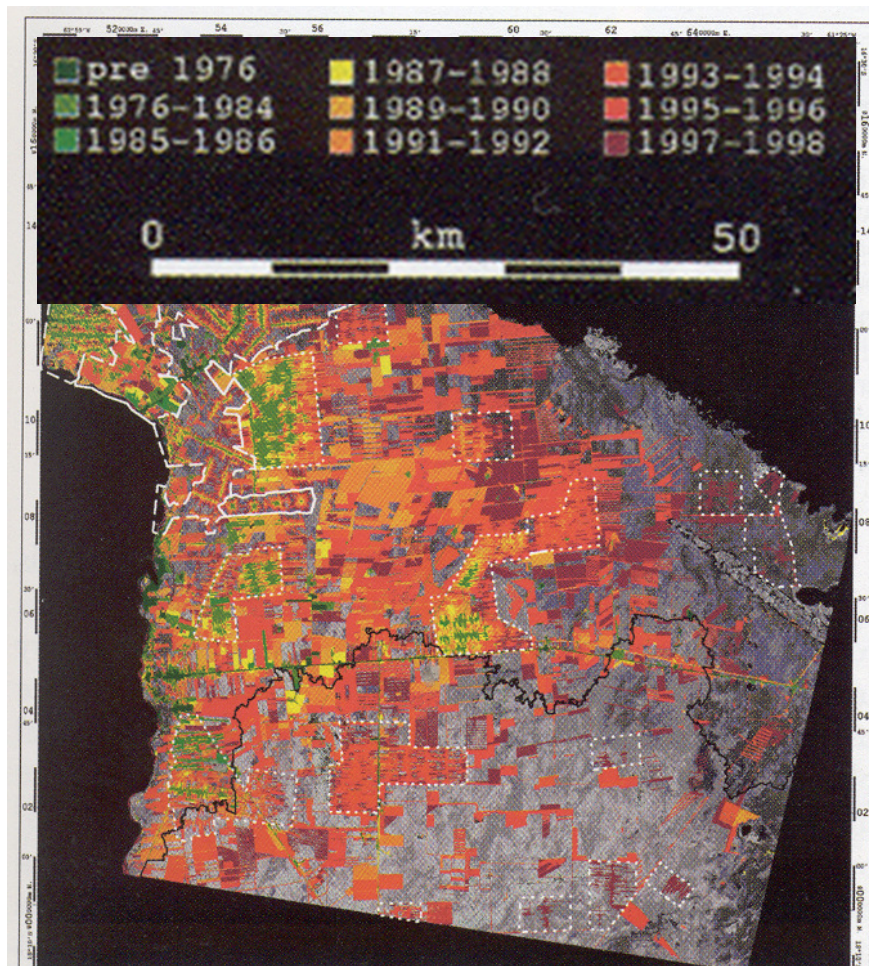


Rejestracja promieniowania niewidzialnego ludzkim okiem (prom. podczerwone, ciepłne i radioaktywne):

- powierzchnie roślinne,
- badania geologiczne,
- wykrywanie pożarów.

Marple fire w Kalifornii, 1996. Lotniczy skaner wielospektralny (zakres VIS i IR)

TELEDETEKCJA wstęp



[Aronoff 2005]

Deforestacja w Tierras Bajas, Bolivia. Satelita Landsta 7 obraz sklasyfikowany

Dane archiwalne – śledzenie zmian w czasie:

- pokrycie Ziemi,
- procesy biofizyczne,
- procesy antropogeniczne.



[Aronoff 2005]

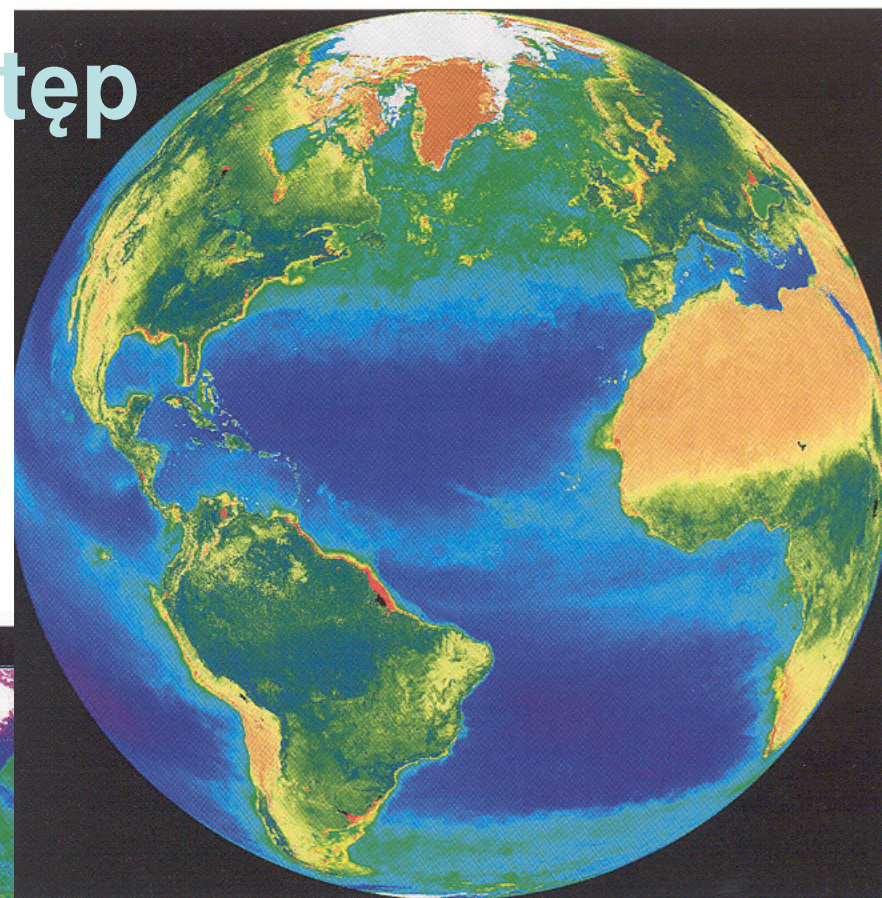
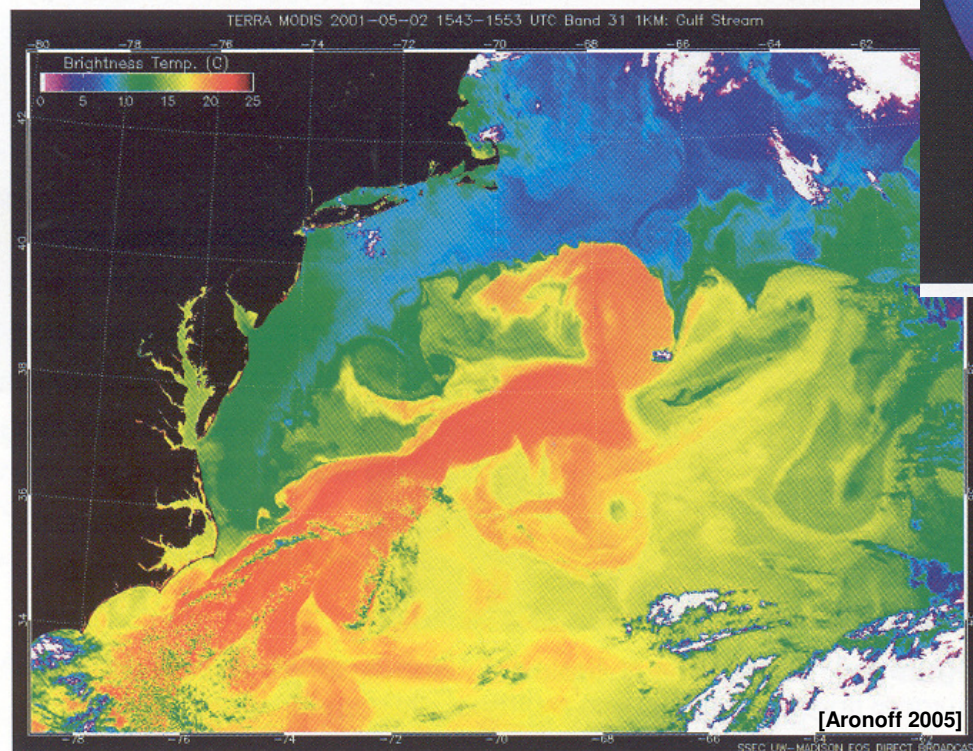
Odkrywkowa kopalnia węgla w środkowo-zachodnich Niemczech. Satelita ASTER - kompozycja barwna.

TELEDETEKCJA wstęp

Pomiary biofizyczne zasobów:

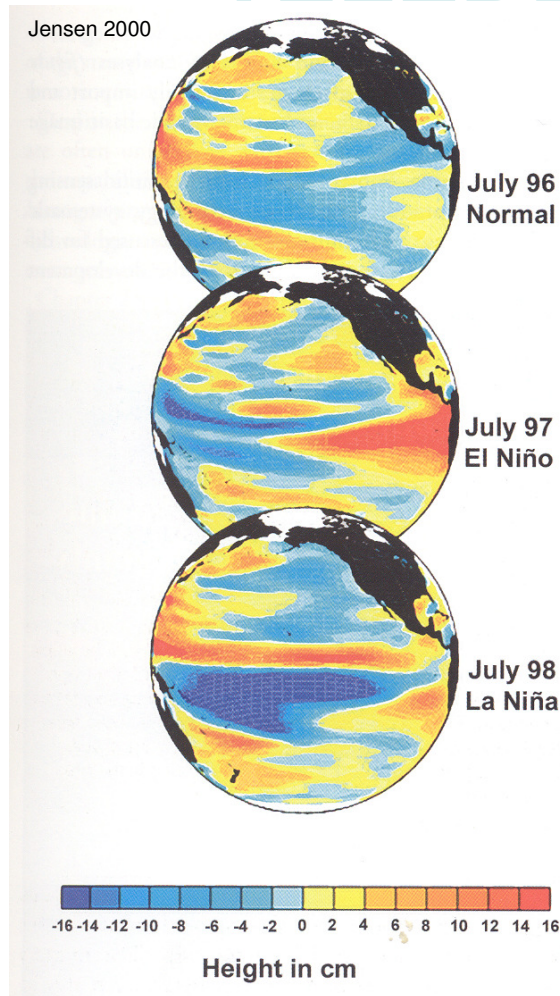
- temperatura wód powierzchniowych,
- wigor roślin lądowych,

Gulf Stream, płn-wsch Ameryka.
Obraz termalny MODIS



Wskaźnik roślinny NDVI,
SeaWiFS

TELEDETEKCJA wstęp

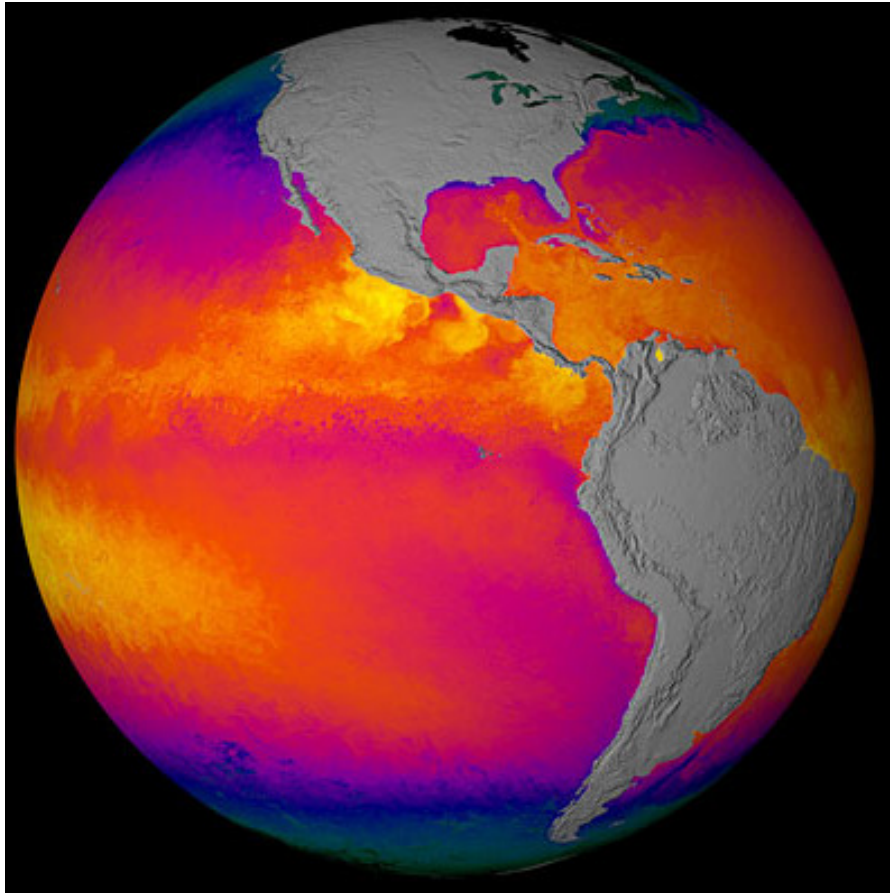


Obserwacje radarowe mórz i oceanów

- stan morza (wysokość fal i kierunek wiatru),
- wysokość powierzchni morza,
- ukształtowanie dna,
- prognozowanie pogody i zmian klimatu.

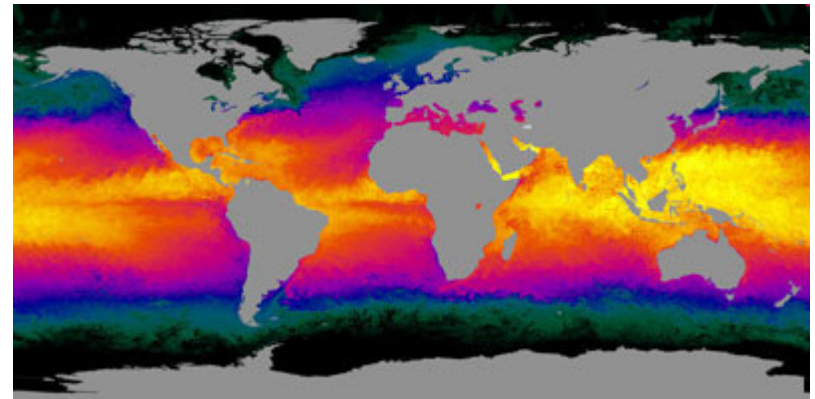
Dane wysokościowe powierzchni
Oceanu Spokjnego zarejestrowane przez
satelitę meteo NOAA Topex.

Temperatury oceanów



Terra MODIS

Temperatury wody od 1 do 8 stycznia 2001



Terra MODIS

Temperatury wody od 2 do 9 czerwca 2001

Zimne wody mają kolor od czarnego do zielonego, a cieplejsze stopniowo niebieski, fioletowy, czerwony, żółty aż do białego.