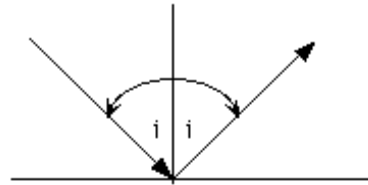


Interpretazione delle immagini SAR: interazione delle onde em con la superficie

Il segnale radar viene **riflesso**, **diffuso**, **assorbito** e **trasmesso** (rifratto).

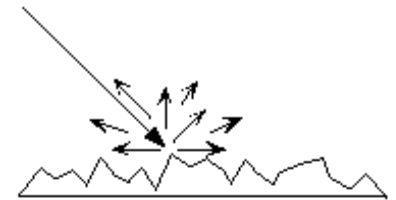
La riflessione è originata da materiali con alta ϵ (di solito elevato contenuto d'acqua)

Scattering Mechanisms



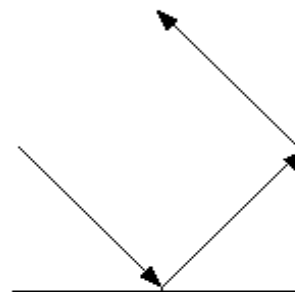
Reflection off a smooth surface

The angle of incidence, i , equals the angle of reflection.

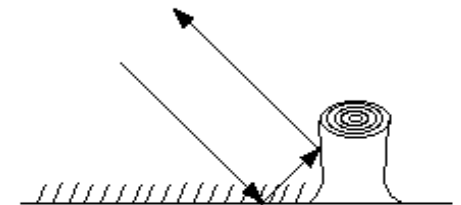


Scattering off a rough surface

The variation in surface height is on the order of the incoming signal's wavelength.

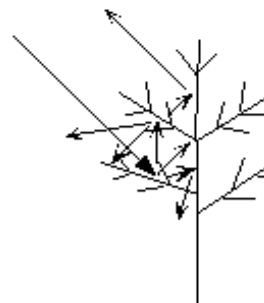


Double Bounce
(Corner Reflector)

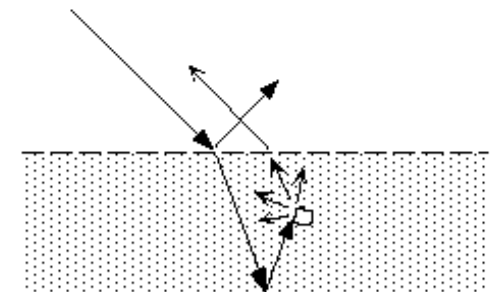


Double Bounce

One possible natural occurrence - reflecting off two smooth surfaces, grass and a freshly-cut tree's stump



Volumetric Scattering
Example scattering in a tree



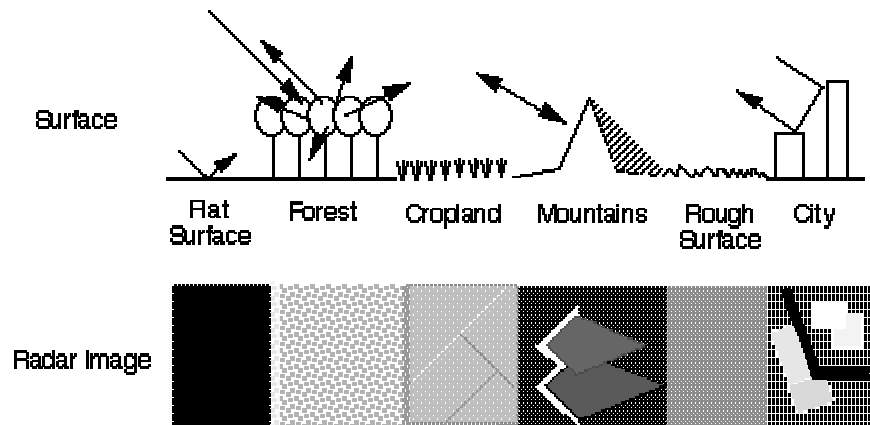
Volumetric Scattering

In this example the incident radiation is both reflected and refracted/transmitted through a layer of dry snow. The refracted radiation then reflects off underlying ice, scatters off a chunk of ice in the snow, and finally refracts back toward the receiver.

Interpretazione delle immagini SAR: interazione delle onde em con la superficie

Pixel scuro $\Rightarrow$ backscatter basso

Pixel chiaro $\Rightarrow$ backscatter alto



Il backscatter di un target ad una particolare λ varia per diverse cause:

- Dimensioni degli scatteratori all'interno del target
- Contenuto d'acqua
- Polarizzazione dell'onda incidente e angolo di osservazione

- **Vegetazione:** è di solito piuttosto rugosa per le usuali freq. radar $\Rightarrow$ **appare chiara**
- **Superficie inclinata verso il radar** $\Rightarrow$ **appare molto chiara**
- **Superficie non illuminata dal radar (in ombra)** $\Rightarrow$ **appare scura**
- **Edifici disposti in modo da provocare il "double bounce"** $\Rightarrow$ **appaiono molto chiari**
- **Strade e ferrovie (superfici piate)** $\Rightarrow$ **appaiono scuri**

Missioni SAR

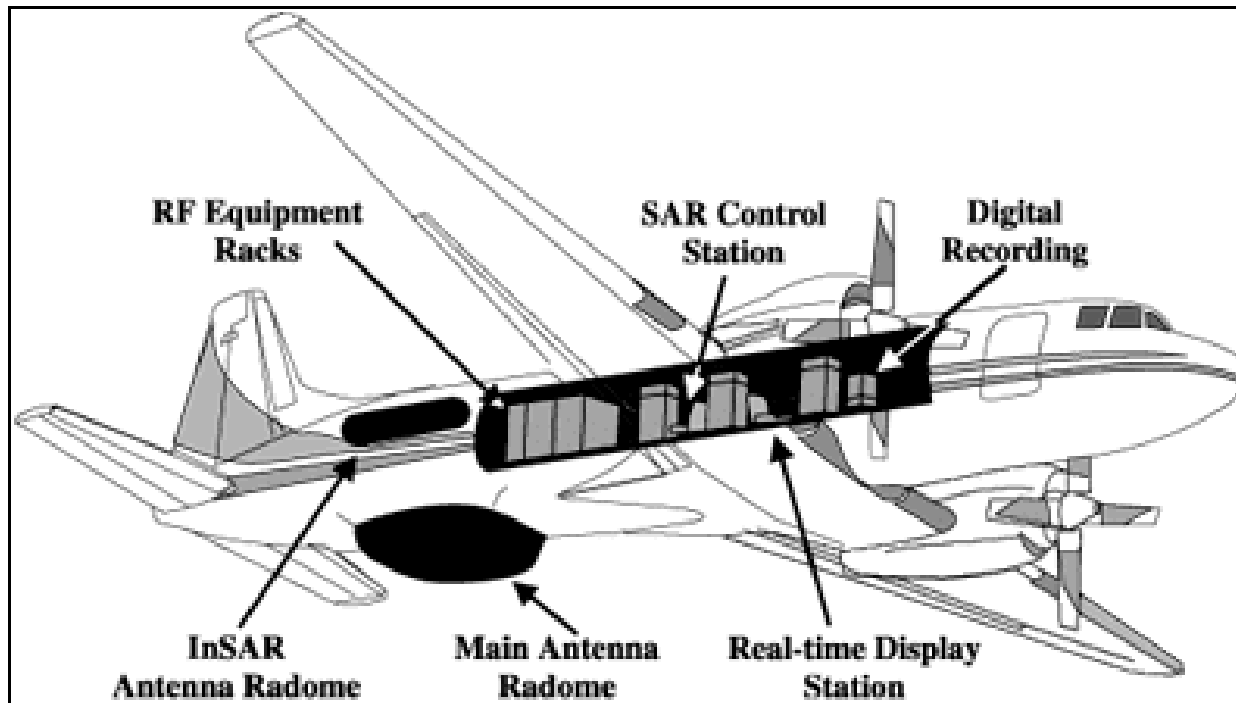
- **SAR su piattaforma aerea** (**AIRSAR**): campagne per testare l'applicabilità del SAR a problemi di telerilevamento
- **SAR su piattaforma satellitare** :
 - ERS-1**: primo satellite europeo per telerilevamento con SAR gestito dall'ESA. La missione continua con l'**ERS-2**.
 - JERS-1**: gestito dal Giappone
 - RADARSAT**: gestito dal Canada.
 - Space Shuttle**: missioni SAR a breve termine (NASA).

C/X-SAR

C/X-SAR fornisce immagini di tutte le classi di **terreno, mare, ghiaccio**.

Monitoraggio di:

- **RISORSE NATURALI** (agricoltura, geologia, studio di foreste)
- **VARIAZIONI TEMPORALI** (crescite urbane, ghiacci marini e iceberg, correnti e onde oceaniche, navigazione e pesca)
- **DISASTRI** (fuoriuscite di petrolio, inondazioni, incendi, desertificazioni).

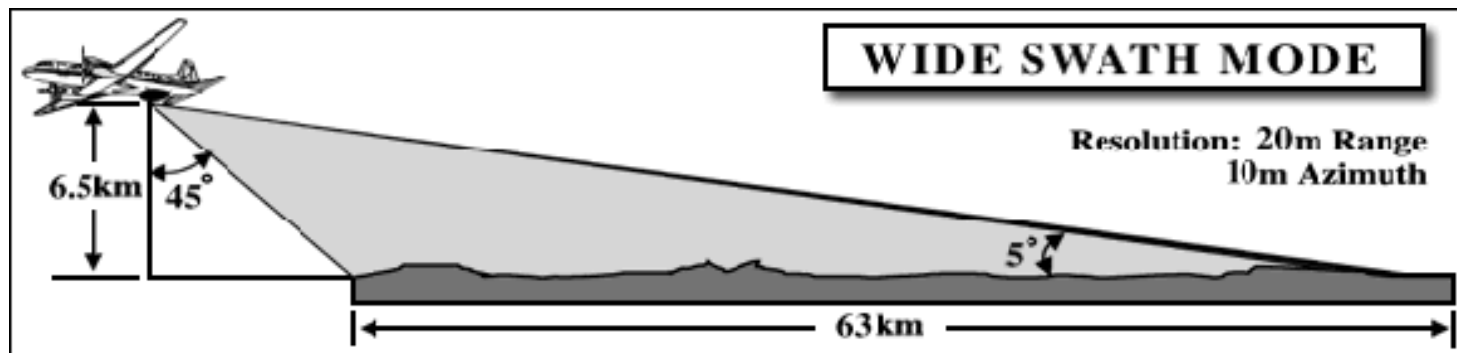
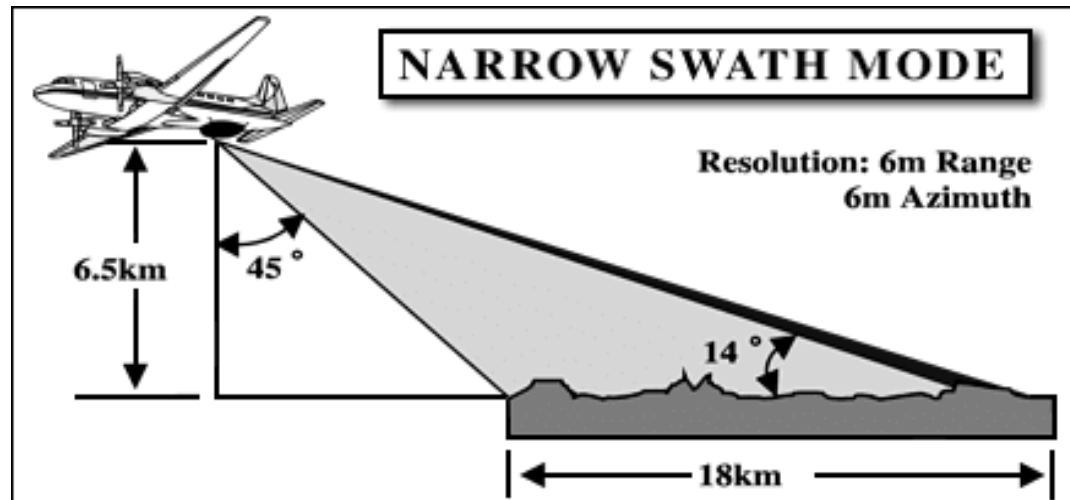
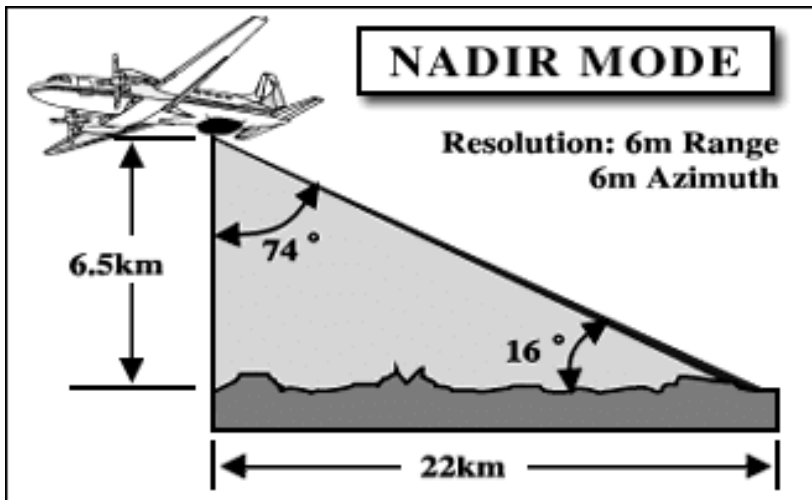


CCRS C/X SAR

Geometria delle misure

	C-band	X-band
Frequenza	5.30 GHz	9.25 GHz
Lungh. d'onda	5.66 cm	3.24 cm
Potenza TX	16, 1 kW	6 kW

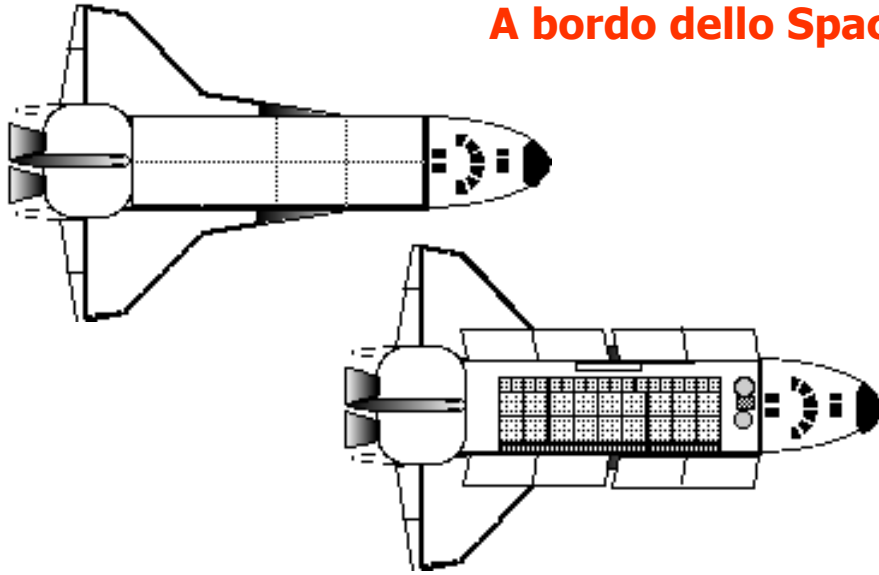
Il radar può operare, con grande flessibilità, secondo una delle tre geometrie (o modi):



SIR-C/X-SAR

Spaceborne Imaging Radar-C/X-band Synthetic Aperture Radar

A bordo dello Space Shuttle (NASA) nel 1994



SYSTEM PARAMETERS:

Orbital Altitude: 225 km

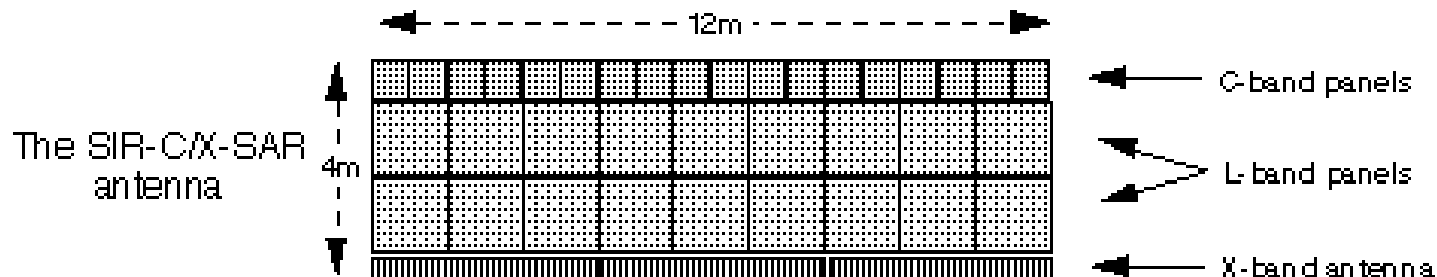
Resolution: ~ 30 x 30 m on the surface

Look Angle Range: 17° to 63° from nadir

Bandwidth: 10, 20 and 40 MHz

Pulse Repetition Rate: 1395 to 1736 pulses/sec

PARAMETER	L-BAND	C-BAND	X-BAND
Wavelength	0.235 m	0.058 m	0.031 m
Swath Width	15 to 90 km	15 to 90 km	15 to 40 km
Pulse Length	33.8, 16.9, 8.5 us	33.8, 16.9, 8.5 us	40 us



ERS-1: applicazioni

Classificazione di superfici agricole

ZUID FLEVOLAND
MULTITEMPORAL CLASSIFICATION RESULT 1992
DERIVED FROM 8 ERS-1 IMAGES

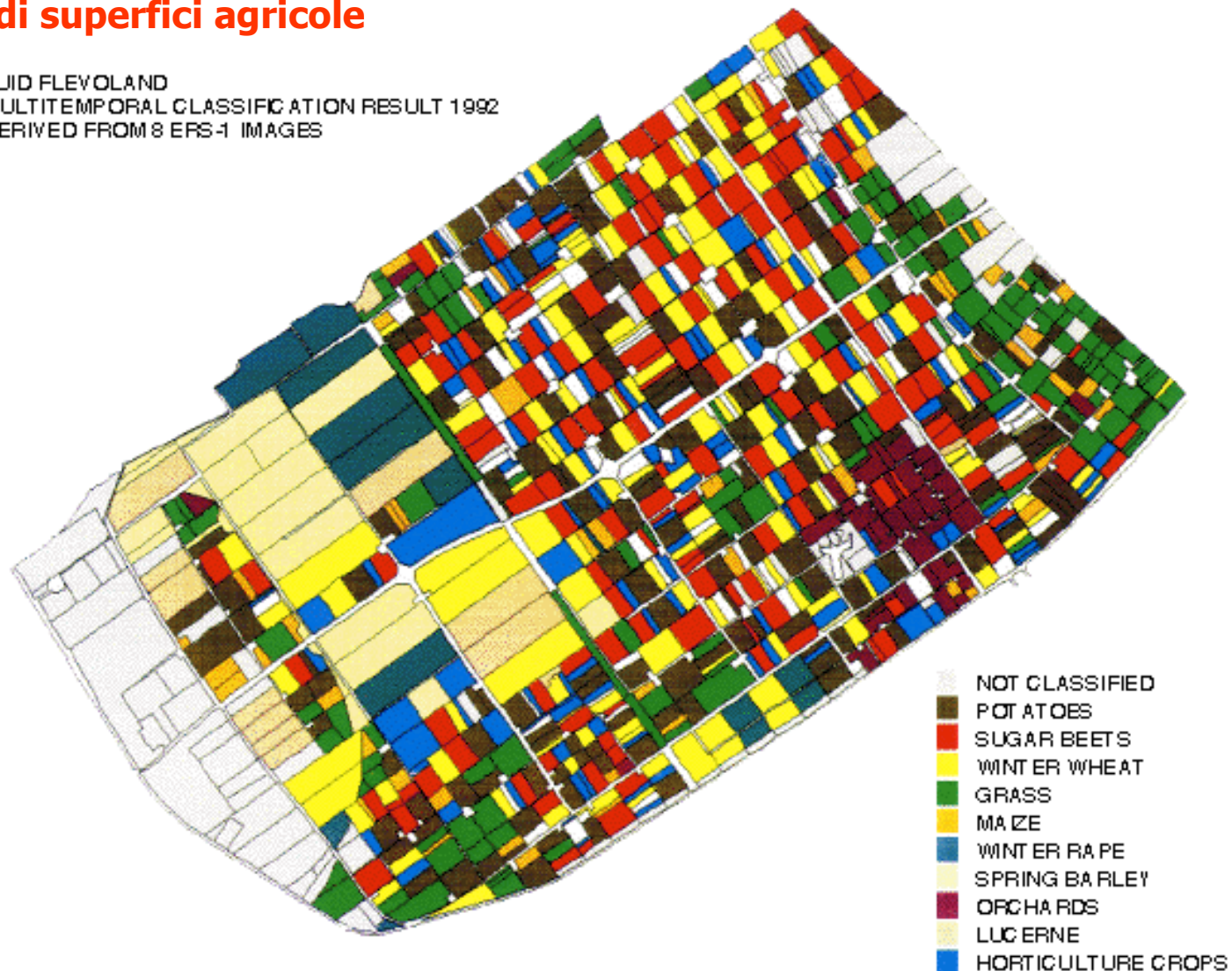


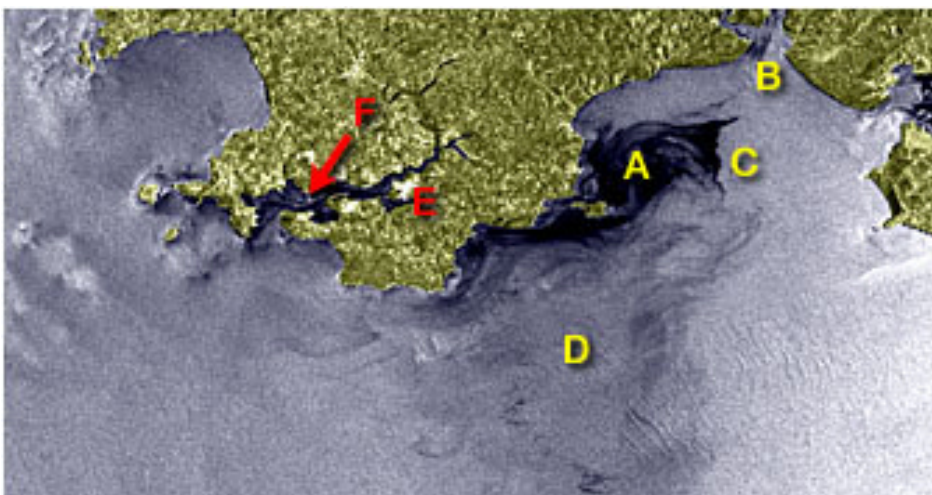
Image of crop classification derived from multi-temporal ERS-1
SAR imagery collected over Flevoland, The Netherlands

RADARSAT: applicazioni

Radarsat-1: dal 1995

Radarsat-2: dal 2003

Individuazione di sversamenti di petrolio

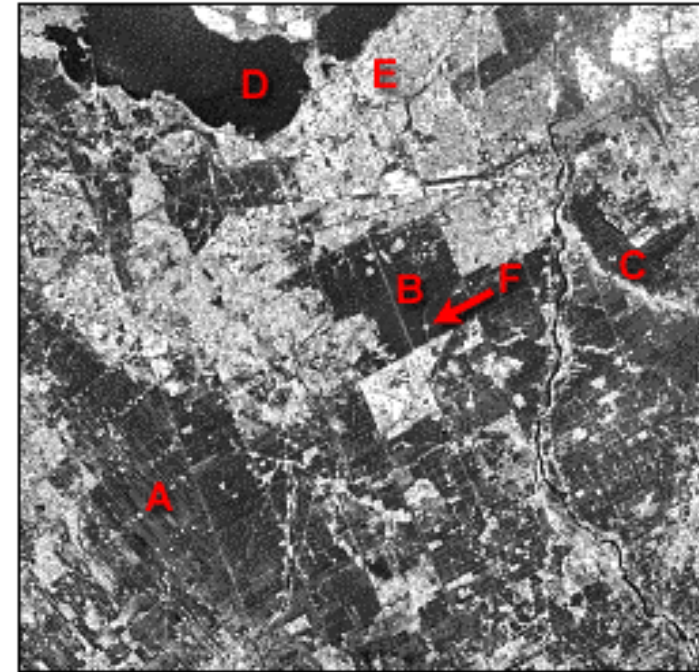


Wales, United Kingdom, February 22, 1996

Oil spill (A), Tywi River (B), currents in Carmarthen Bay (C), less concentrated oil spill (D), city of Milford Haven (E), refinery wharves (F).

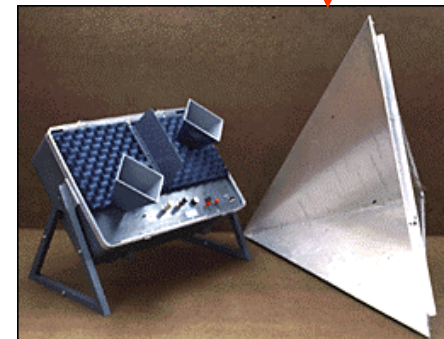
Range Resolution:	26m	Azimuth Resolution:	27m
Display Pixel Spacing:	78m	Image Area:	70 x 90km

Mappe di coperture nevose



Ontario, 19 January 1996. Agricultural fields (A and B), Ottawa International Airport (C), Ottawa River (D), city of Ottawa (E), ARC (Active Radar Calibration) (F)

The aluminium corner reflector, on the right, acts as a passive device to assist in scene calibration. On the left is an ARC, an active device which receives the radar pulses, amplifies them, and returns them to the aircraft. The result is a bright, distinctive target on the radar imagery. The known brightness value can be used to calibrate the brightness levels of other features in the scene.

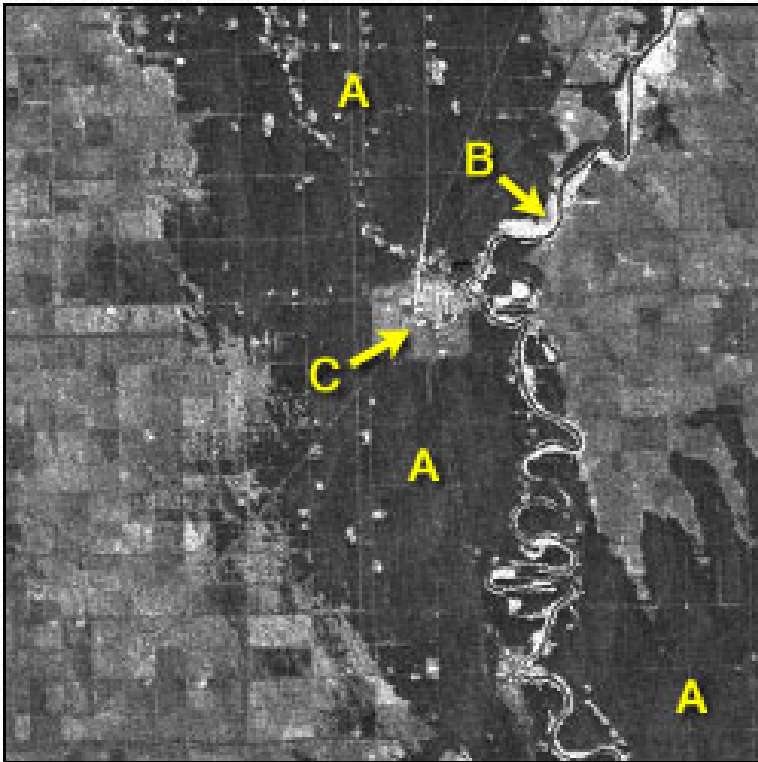


RADARSAT: applicazioni

Radarsat-1: dal 1995

Radarsat-2: dal 2003

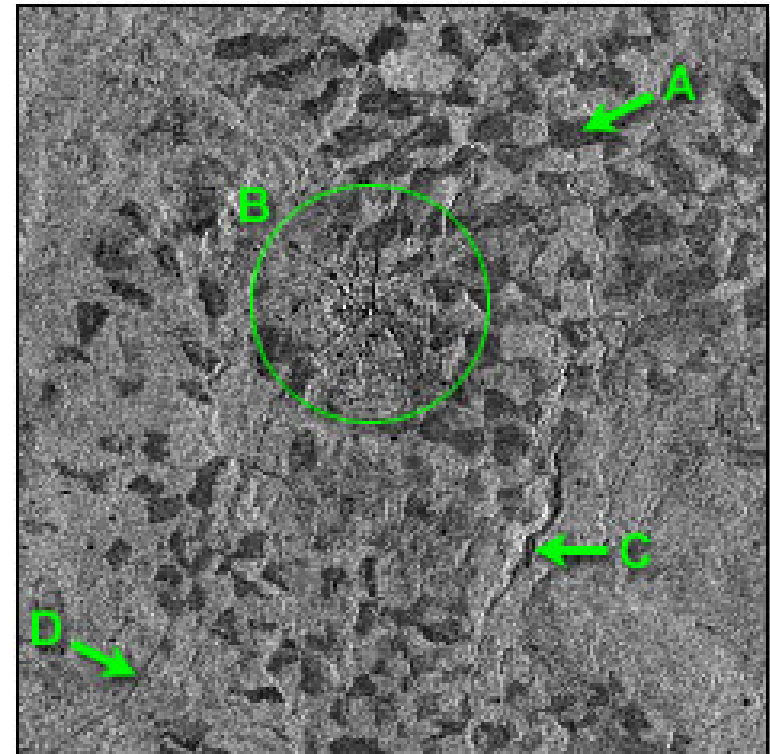
Individuazione di inondazioni



Red River, Canada, Spring 1996

Smooth, standing water appearing very dark (A), standing water under trees or bushes (corner reflection) appearing very bright (B), town of Morris (C).

Gestione foreste



Whitecourt, Canada, 5 March, 1996

The dark areas on the image are clearcuts (A) which contrast with the untouched Boreal forest, pumping station with gas pipelines (B), very steep sided valley (C), access roads (D).

Interferometria SAR

Applicazioni: individuazione cambiamenti della superficie (topografia, sismologia, vulcanologia, ...), generazione di DEM (Digital Elevation Maps) del terreno.

Accuratezze: ordine dei mm per le stime dei cambiamenti delle superfici, ordine dei m per le altezze topografiche

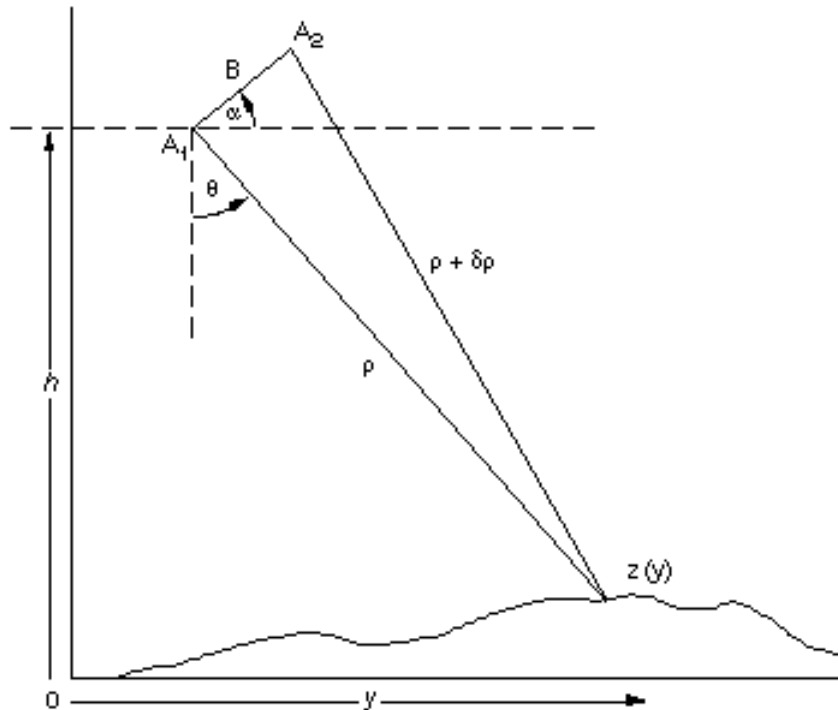
Utilizzo: sia di giorno che di notte in qualsiasi condizione meteo.

Principi di funzionamento: utilizzo delle informazioni di fase contenute nei dati SAR (sistema coerente).

- ▶▶ Se un oggetto, nella stessa locazione, mostra differenze di fase nel segnale retrodiffuso in due istanti di tempo differenti $\Rightarrow$ l'oggetto si è spostato
- ▶▶ La differenza di fase ottenuta quando un oggetto è osservato da due punti differenti è usata per determinare l'altezza dell'oggetto.

Interferometria SAR

► Stima di altezze



A1 e A2: antenne diverse che puntano simultaneamente alla stessa superficie

A1=Tx e Rx

A2=Rx

B= vettore di baseline

h= altezza di A1 rispetto ad una superficie di riferimento

θ= look angle

$z(y)=h-\rho \cos\theta$

δφ=differenza di fase

$$\delta\rho = \delta\phi \lambda / 2\pi$$

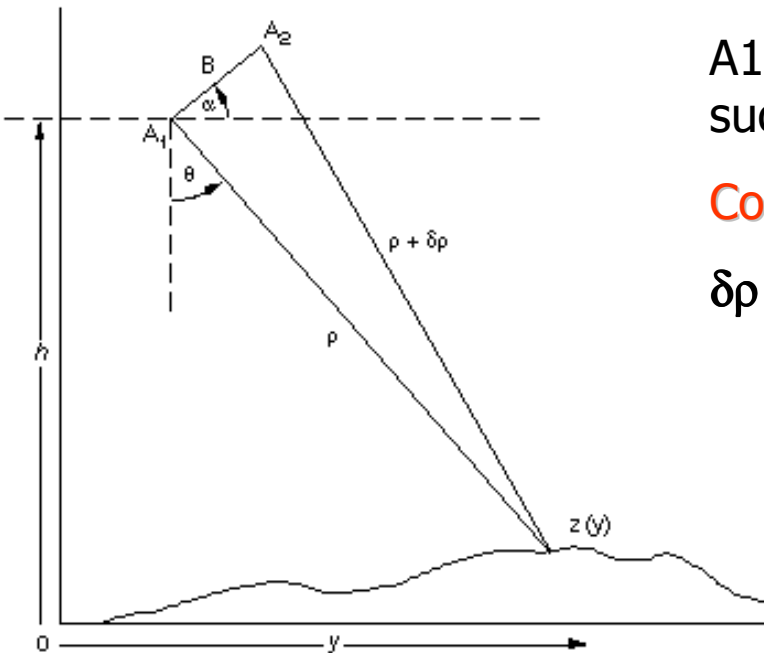
⇒ "phase unwrapping" = tecnica per risolvere il numero intero di λ e ottenere il valore assoluto del range $\delta\rho$.

$$\Rightarrow z(y) = h - \{[(\delta\phi \lambda / 2\pi)^2 - B^2] / 2B \sin(\alpha - \theta) - (\delta\phi \lambda / 2\pi)\} \cos\theta$$

Altezze accurate (mm): uso del GPS

Interferometria SAR

► Stima di cambiamenti della superficie



A1 e A2: stessa antenna in due istanti di tempo successivi $\Rightarrow A1 = A2 = \text{Tx e Rx}$

Confronto pixel a pixel su due immagini SAR successive

$$\delta\rho = \delta\phi \lambda / 4\pi \text{ (doppio percorso)}$$

Misure accurate richiedono:

- conoscenza a priori della topografia
- conoscenza precisa della posizione dell'antenna

Problemi:

- decorrelazione temporale tra le immagini (vento)
- effetti atmosferici (variazione dell'indice di rifrazione)

Interferometria SAR

Fase 1:

► Interferogramma (immagine risultante dalla differenza delle fasi tra due osservazioni):
è definito come il prodotto tra i valori (complessi) della seconda immagine e i valori complessi coniugati della prima.

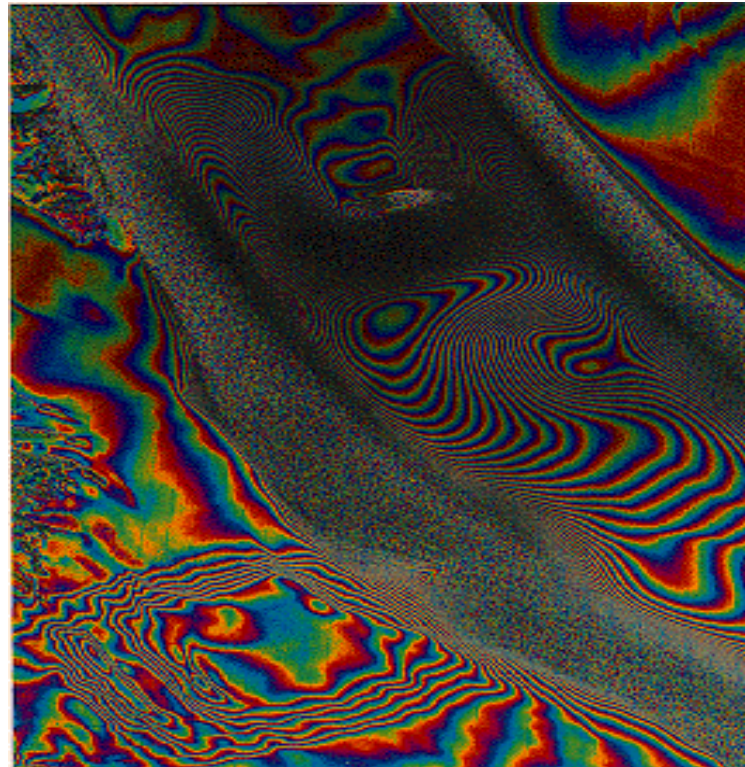
Fase 2:

► phase unwrapping

Frange di interferenza: cicli di colore relativi alla differenza di fase $\Rightarrow$ una frangia rappresenta un cambiamento di $\lambda/2$ nel range (direz. radar).

ERS-1: $f=5.3 \text{ GHz} \Rightarrow \lambda=5.6 \text{ cm}$

$\Rightarrow \text{frangia}=\lambda/2=28 \text{ mm}$



Interferometria SAR

Spostamento dovuto ad un terremoto
(Turchia, 1 Ottobre 1995).

Interferogramma sovrapposto ad
immagine Landsat TM

Frange rosse=alto livello di spostam.

Frange gialle=medio livello di spostam.

Frange verdi=basso livello di spostam.

Massimo spostamento in
corrispondenza dell'epicentro
corrisponde a oltre 50 cm.

ERS-1: $\Rightarrow \lambda = 5.6 \text{ cm} \Rightarrow$

