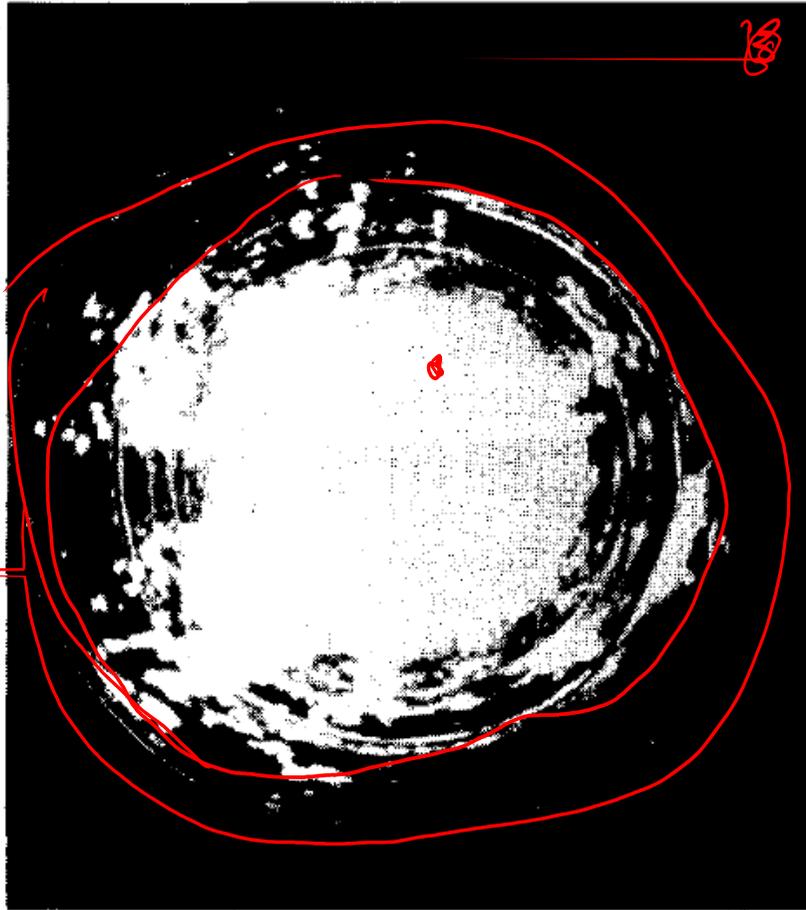
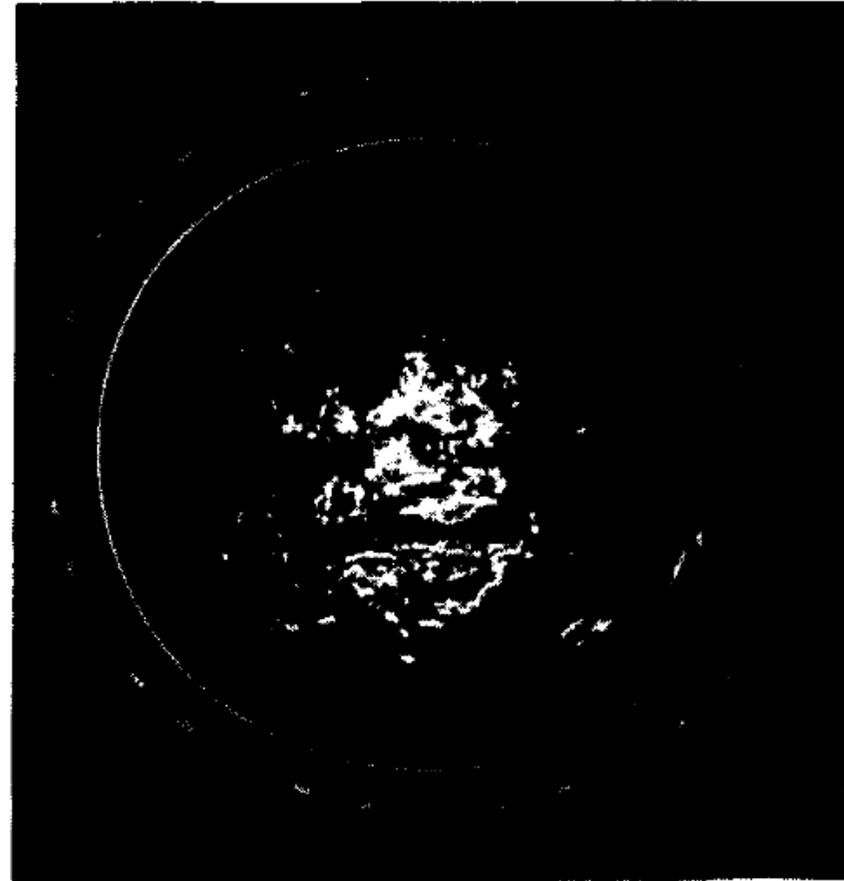

Il clutter radar

Pierfrancesco Lombardo

Il problema del clutter ...



(a)



(b)

FIG. 15.11 PPI display, 30-nmi range, of (a) all clutter at a mountainous site and (b) clutter that exceeds the system noise level by 60 dB.

Sistemi Radar

Shrader & Gregers-Hansen "MTI Radar"
in M. Skolnik – Radar Handbook 2° Ed.

Classification of Radar Clutter

A first classification of clutter can be made between:

discrete clutter

due to physically isolated dominant reflecting objects. It includes radar signals backscattered from developed areas (cities and towns) or isolated structures such as power lines, towers, vehicles ...

distributed clutter

defined as radar signal backscattered from a spatially continuous distribution of scatterers. This type of clutter is generally observed from sea, precipitations (rain, snow) and from most undeveloped land terrain.

Distributed Clutter

Distributed clutter can be distinguished based on the nature of the scatterers:

surface clutter

in which the scatterers are distributed over a two dimensional surface. The classical example is the scattering from land or sea;

volume clutter

which consists of reflections from scatterers distributed on a three dimensional space. The principal example is the scattering from rain or other precipitations.

Radar Cross Section of Clutter (I)

**Discrete clutter can be considered as a stationary target.
Therefore the classical definition of RCS is applicable.**

The return from surface or volume clutter is caused by reflections from all the scatterers contained within the radar resolution cell.

Conventional use of the **concept of the equivalent RCS** replaces the large amount of elemental scatterers contained within a radar resolution cell with **a single equivalent scatterer** which returns the same amount of power.

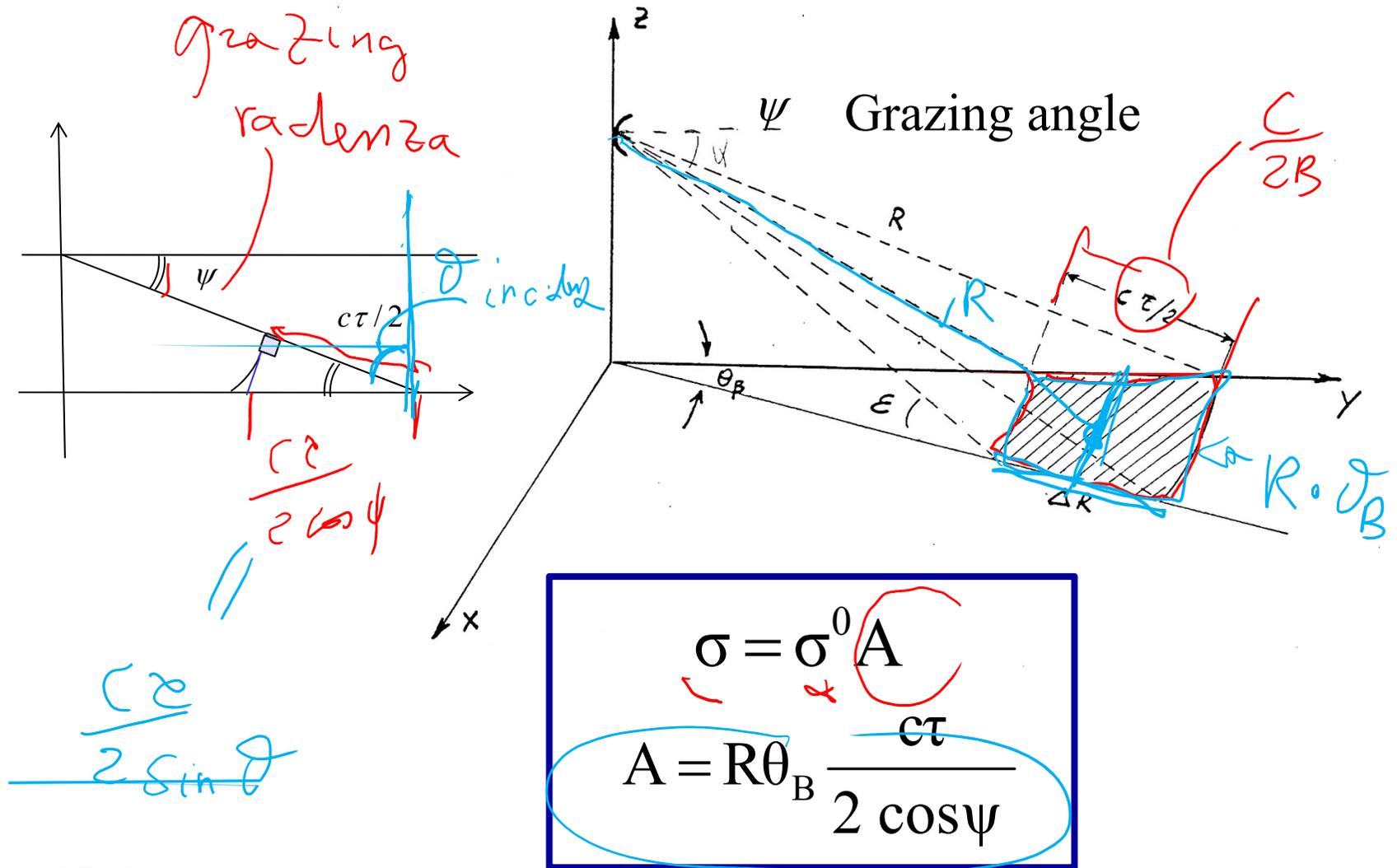
Radar Cross Section of Clutter (II)

- To calculate the RCS of this equivalent scatterer, a normalized parameter called clutter backscattering coefficient per unit area σ^0 (m^2/m^2) is used for surface clutter and the backscattering coefficient per unit volume η (m^2/m^3) applies for volumetric clutter.

- The RCS of distributed clutter varies with the illuminated area which is determined by the geometric radar parameters (pulsewidth, beamwidth).

- σ^0 and η were introduced to obtain coefficients independent of these parameters.

Surface Clutter Cell



Surface and volume reflectivity

σ^0 and η depend on the following parameters:

in general:

wavelength
polarization

for surface clutter:

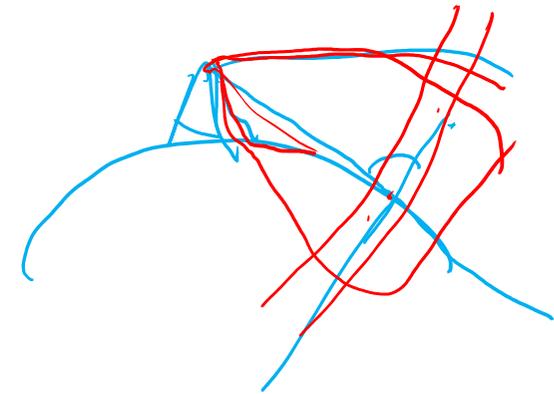
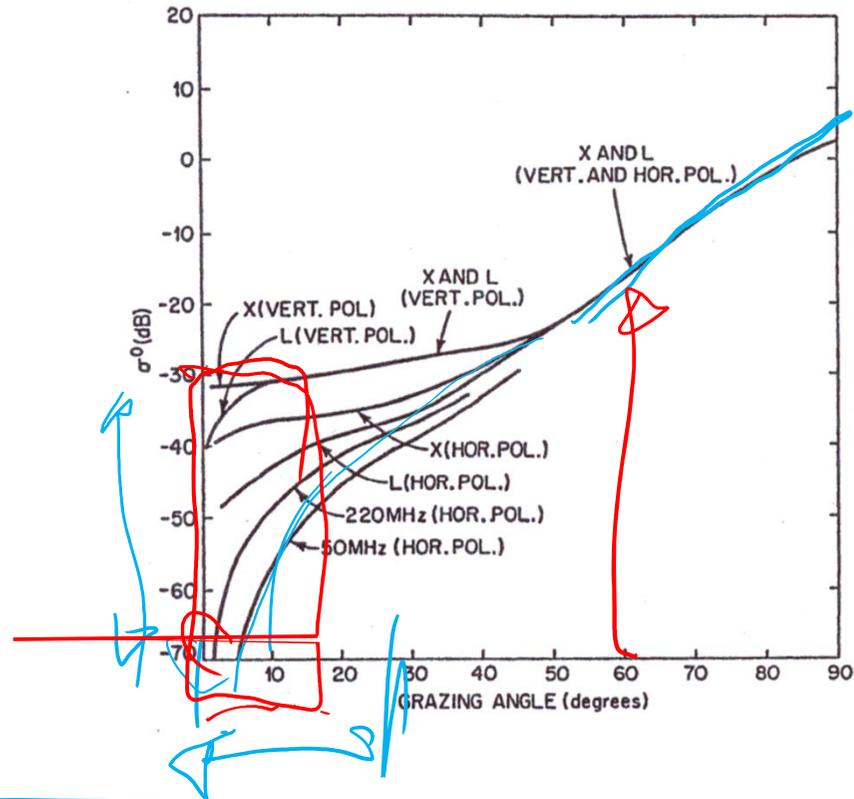
grazing angle of the incident wave to the surface
type of surface

for volume clutter:

type of meteorological phenomena

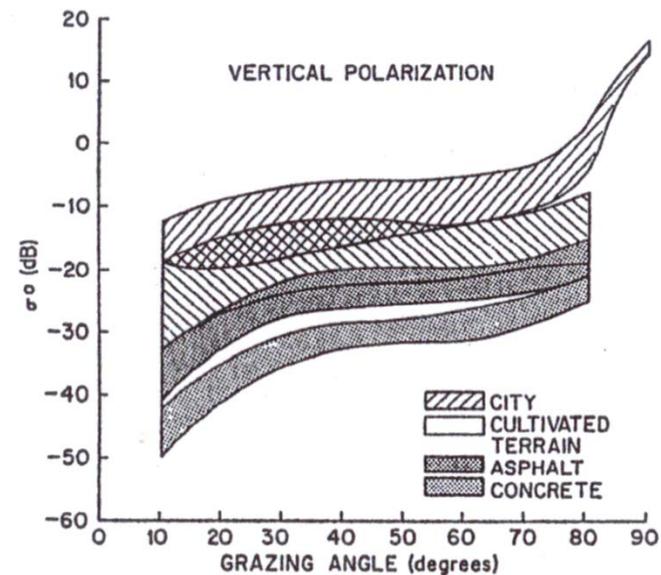
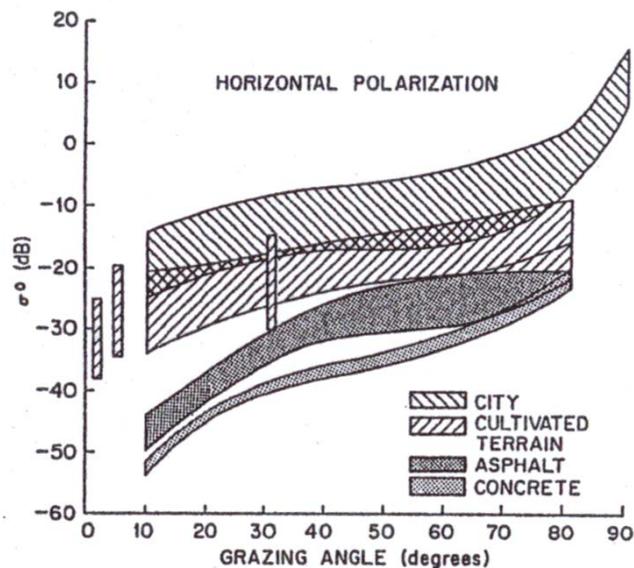
Clutter di mare

- Dipendenza di σ_c° da:
- frequenza di trasmissione (cioè lunghezza d'onda λ);
 - stato del mare;
 - angolo di grazing ψ ;
 - polarizzazione;



Clutter di terra

- Dipendenza di σ_c° da:
- frequenza di trasmissione (cioè lunghezza d'onda λ);
 - rugosità della superficie;
 - angolo di grazing ψ ;
 - polarizzazione;



Clutter di superficie

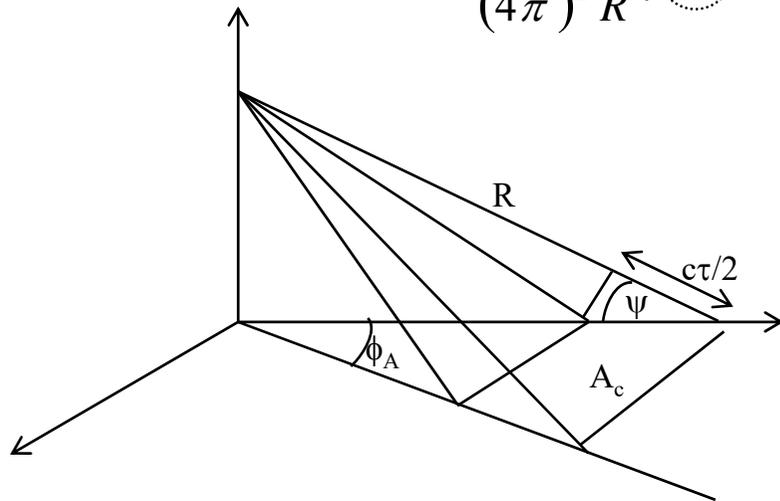
Potenza ricevuta dal radar dal clutter superficiale con RCS σ_c :

$$C = \frac{P_t G A_e}{(4\pi)^2 R^4} \sigma_c$$

$$\sigma_c = \sigma^o A_c$$

σ_c^o : **riflettività superficiale**
(RCS per unità di superficie);

A_c : area illuminata dal radar;



$$A_c = \frac{c\tau}{2 \cos \psi} R \phi_A \Rightarrow \sigma_c = \sigma^o \frac{c\tau}{2 \cos \psi} R \phi_A$$

$$C = \frac{P_t G A_e \sigma^o c \tau \phi_A}{(4\pi)^2 R^3 2 \cos \psi}$$

Il clutter di superficie va come $1/R^3$ anziché $1/R^4$ come per il bersaglio

E' possibile definire:

- rapporto potenza segnale utile-potenza clutter S/C (**SCR: Signal to Clutter power Ratio**);
- rapporto potenza clutter-potenza rumore termico C/N (o **CNR: Clutter to Noise power Ratio**);
- rapporto potenza segnale utile-potenza disturbo S/D con $D=C+N$ (o **SDR: Signal to Disturbance power Ratio**).

Sistemi Radar

CNR, SCR e SCNR

E' possibile definire:

- rapporto potenza clutter-potenza rumore termico C/N
(o **CNR: Clutter to Noise power Ratio**);

$$CNR = \frac{P_t G A_e \sigma_c}{(4\pi)^2 R^4 F K T_0 B}$$

- rapporto potenza segnale utile-potenza clutter S/C (**SCR: Signal to Clutter power Ratio**);

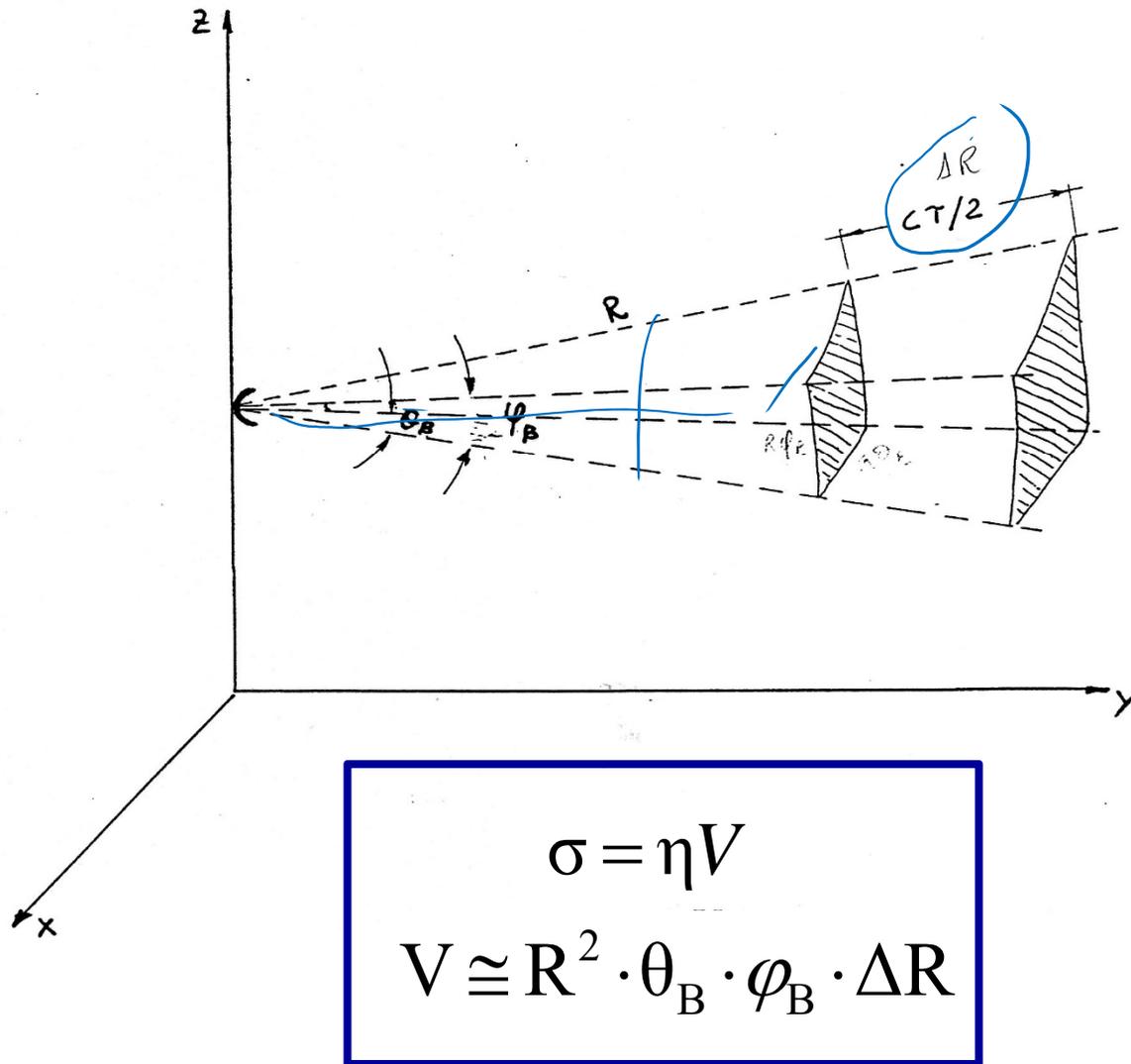
$$SCR = \frac{\frac{P_t G A_e \sigma}{(4\pi)^2 R^4}}{\frac{P_t G A_e \sigma_c}{(4\pi)^2 R^4}} = \frac{\sigma}{\sigma_c} = \frac{\sigma}{\sigma^o A_c}$$

$$SCR = \frac{\sigma}{\sigma^o A_c} = \frac{\sigma}{\sigma^o \frac{c\tau}{2 \cos \psi} R \phi_A}$$

- rapporto potenza segnale utile-potenza disturbo S/D con D=C+N
(o **SDR: Signal to Disturbance power Ratio**).

$$SCNR = SDR = \frac{S}{C + N} = \frac{1}{C/S + N/S} = \frac{1}{1/SCR + 1/SNR}$$

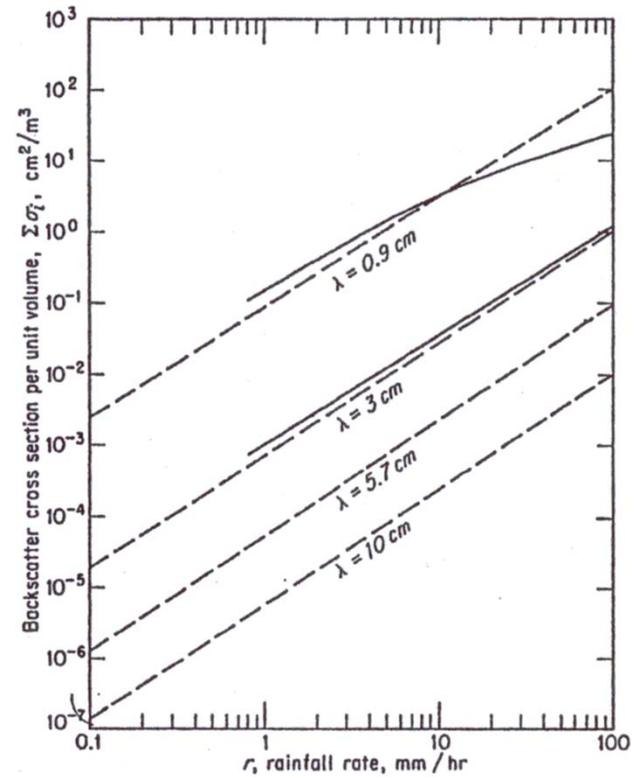
Volumetric Clutter Cell



Clutter atmosferico

Dipendenza di η da:

- frequenza di trasmissione (cioè lunghezza d'onda λ);
- tipo di precipitazione (pioggia, neve etc.);
- intensità di precipitazione;
- polarizzazione;



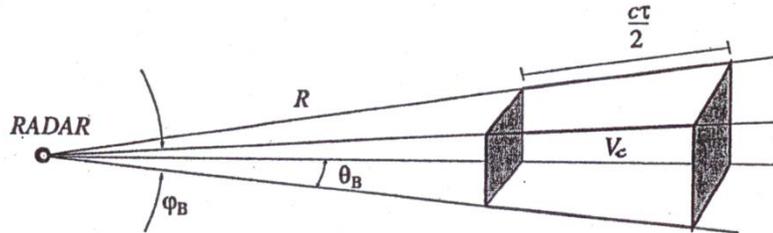
Clutter di volume

Potenza ricevuta dal radar dal clutter superficiale con RCS σ_c :

$$C = \frac{P_t G A_e}{(4\pi)^2 R^4} \sigma_c \rightarrow \boxed{\sigma_c = \eta V_c}$$

η : riflettività volumetrica
(RCS per unità di volume);

V_c : volume cella di risoluzione radar;



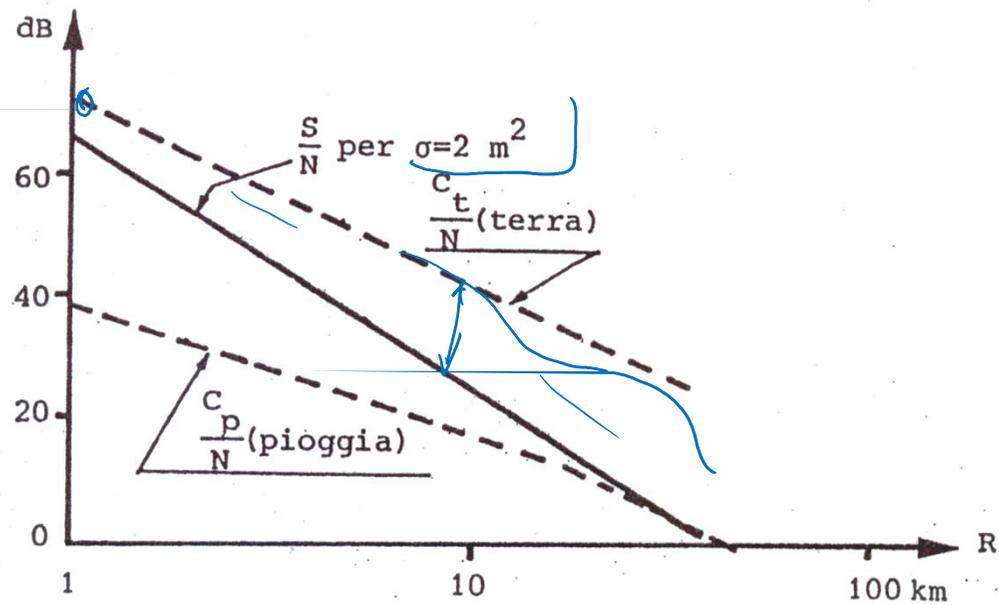
$$V_c = \frac{\pi}{4} R \phi_A R \theta_A \frac{c\tau}{2} \Rightarrow \boxed{\sigma_c = \eta \frac{\pi}{4} R^2 \phi_A \theta_A \frac{c\tau}{2}}$$

$$\boxed{C = \frac{P_t G A_e \eta c \tau \phi_A \theta_A}{(4\pi)^2 R^2 2 \cos \psi}}$$

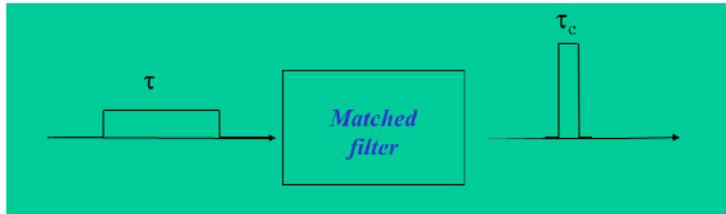
Il clutter di volume va
come $1/R^2$ anziché $1/R^4$
come per il bersaglio

$$\boxed{SCR = \frac{\sigma}{\eta V_c} = \frac{\sigma}{\eta \frac{\pi}{4} R^2 \phi_A \theta_A \frac{c\tau}{2}}}$$

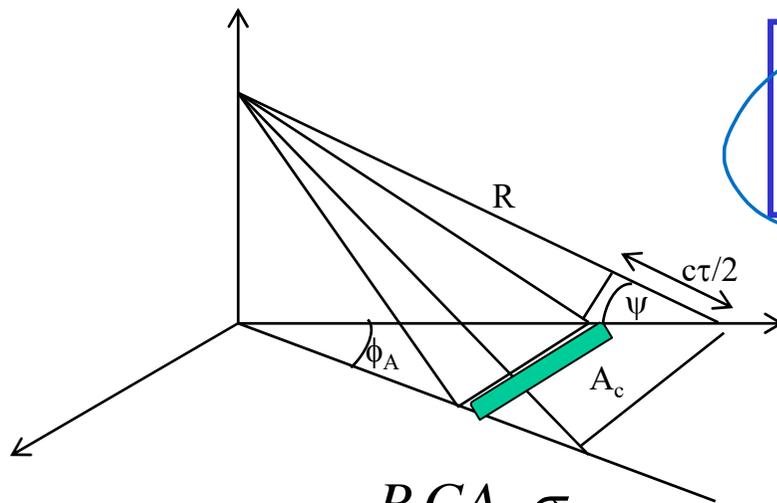
Potenza del clutter



Clutter dopo filtro adattato (I)



$$C = \frac{P_t G A_e}{(4\pi)^2 R^4} \sigma_c \rightarrow \sigma_c^{COMPR} = \sigma^o A_c^{COMPR}$$



$$A_c = \frac{c\tau}{2 \cos \psi} R \phi_A \Rightarrow A_c^{COMPR} = \frac{c\tau_c}{2 \cos \psi} R \phi_A$$

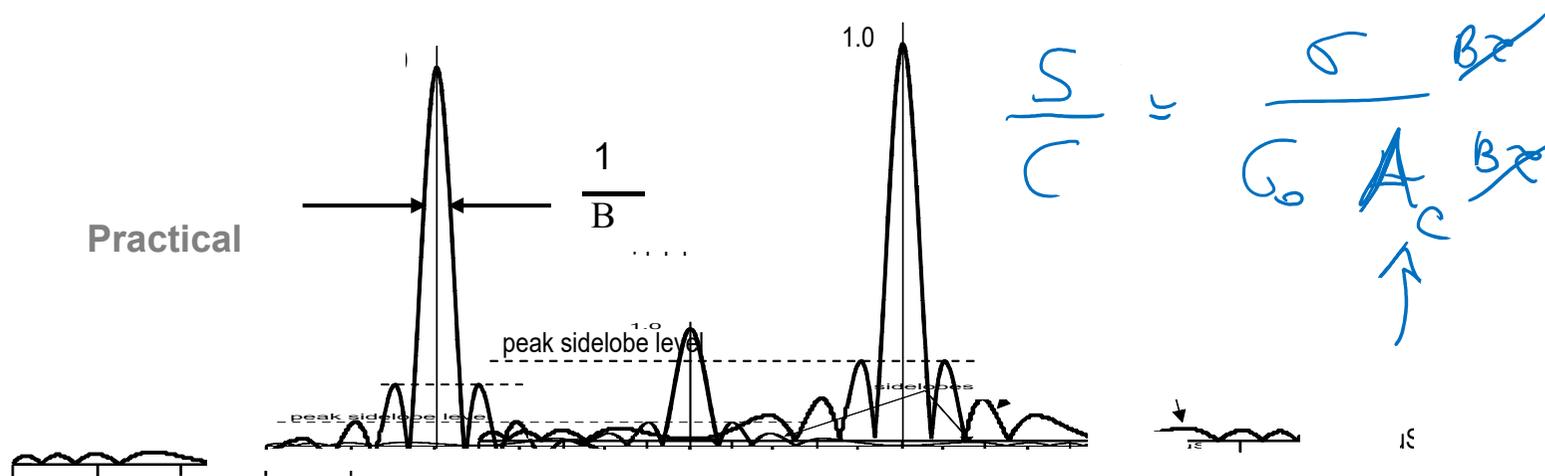
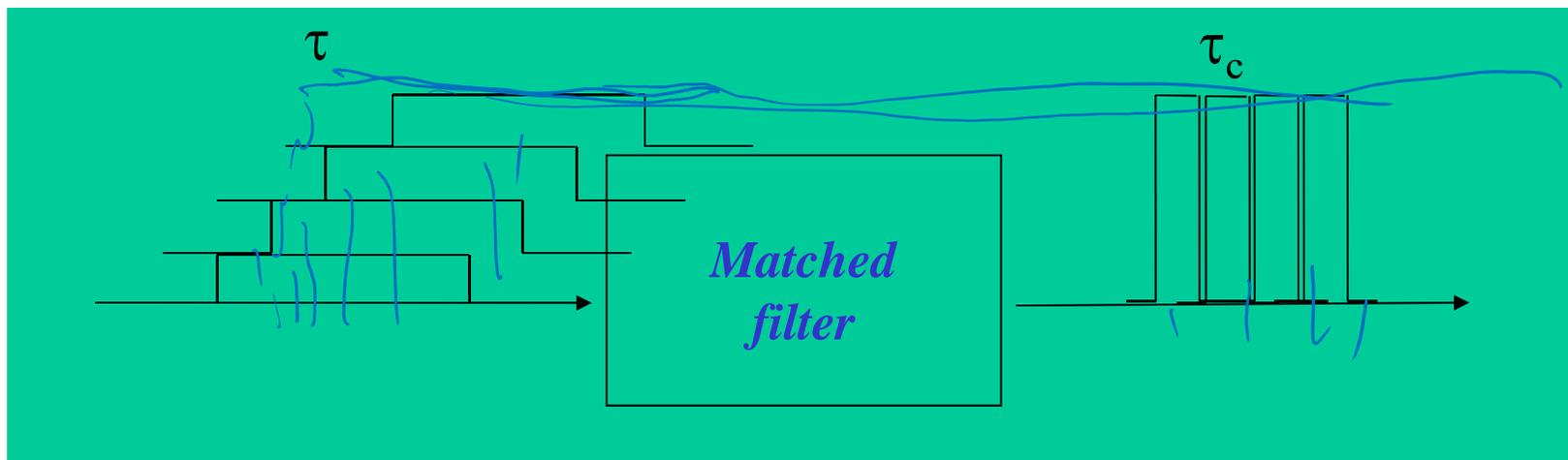
$$\tau_c = 1/B \Rightarrow A_c^{COMPR} = A_c / (B\tau)$$

$$CNR = \frac{P_t G A_e \sigma_c}{(4\pi)^2 R^4 F K T_0 B}$$

$$CNR^{COMPR} = \frac{P_t G A_e \sigma_c^{COMPR}}{(4\pi)^2 R^4 F K T_0 B} (B\tau) = CNR$$

Clutter dopo filtro adattato (II)

- Extended target: high resolution removes overlap but does not change overall level



Argomenti da affrontare

- **In quale modo è preferibile integrare gli impulsi nel T.O.T?**
 - Fornisce ancora max SNR?
 - Ho bisogno di uno schema di elaborazione diverso?
 - La rete di pesatura per il controllo dei lobi è ancora efficace?
- **In presenza di frequenza Doppler come si comporta il filtro adattato?**
 - Fornisce ancora max SNR?
 - Ho bisogno di uno schema di elaborazione diverso?
 - La rete di pesatura per il controllo dei lobi è ancora efficace?

Super-clutter vs. Sub-Clutter visibility (I)

- Rivelazione di bersagli contro clutter:

A) Super-Clutter Visibility:

- eco di target $>$ livello medio di clutter
- elaborazione in range con CFAR / log
- potenziale uso di integrazione non-coerente

B) Sub-Clutter Visibility:

- eco di target \ll livello medio di clutter
- integrazione non-coerente è inefficace
- elaborazione in range con CFAR / log non porta ad alcuna rivelazione

È necessario “estrarre” il segnale dal clutter:

trovare un modo per

- amplificare la sola eco dal segnale utile ma non gli echi di clutter;
- oppure attenuare gli echi di clutter, senza attenuare della stessa quantità anche l'eco del bersaglio

$$T = \sigma_n \sqrt{\ln 1/P_d}$$

Super-clutter vs. Sub-Clutter visibility (II)

- In cosa differisce l'eco del bersaglio dagli echi di clutter?
- se non ci sono differenze, non si può pensare di “estrarre il bersaglio”!

- per bersagli di “piccole dimensioni”

si può pensare di capitalizzare sul fatto che il clutter è distribuito spazialmente, mentre il bersaglio è concentrato spazialmente:

Riducendo la dimensione della cella di risoluzione l'eco del bersaglio non diminuisce, mentre l'eco di clutter si riduce. Ovviamente il limite è dato dalle dimensioni del bersaglio.

→ **passo da condizione “sub-clutter” a condizione “super-clutter” aumentando la banda della forma d'onda utilizzata**

- per bersagli aerei (o in generale in movimento)

si può pensare di capitalizzare sul fatto che il clutter è fermo, mentre il bersaglio si muove:

→ **sfrutto effetto Doppler per “estrarre il bersaglio”**