

## Radar Meteorologico

Il RADAR meteorologico è uno strumento che misura la quantità di idrometeore (pioggia, neve, ghiaccio) presenti nell'atmosfera, il suo principale vantaggio è la possibilità di acquisire dati in tre dimensioni relativi ad aree estese, ad esempio possiamo monitorare un volume fino a 200 km di distanza e 10 km di altezza dal suolo in pochi minuti.

RADAR è l'acronimo di RADio Detection And RAnging, nacque per scopi militari durante la seconda guerra mondiale, successivamente fu utilizzato anche in altri campi, tra cui quello della meteorologia. Comunque fino a poco tempo non esistevano radar meteorologici il cui compito fosse quello di acquisire dati finalizzati all'analisi operativa delle perturbazioni atmosferiche. I soli radar meteorologici funzionanti erano nati per scopi prettamente di ricerca e non erano gestiti tramite calcolatori. Ai giorni nostri i sistemi di nuova generazione permettono un controllo automatico del sensore, l'ottimizzazione e la facilità d'impostazione delle modalità operative, nonché la gestione e la memorizzazione di grandi quantità di dati e di una serie di prodotti di complessità crescente, integrati nello spazio e nel tempo.

Il suo principio di funzionamento può essere così schematizzato: vengono emessi brevi impulsi di onde elettromagnetiche di elevata potenza nell'atmosfera lungo la direzione di puntamento dell'antenna che può variare sia in azimuth che in elevazione. I pacchetti di onde così emessi vengono assorbiti dalle idrometeore presenti nell'atmosfera e re-irradiati in tutte le direzioni tra cui quella del RADAR. L'analisi del segnale di ritorno, che prende il nome di riflettività, è effettuata nell'apparato ricevente del RADAR stesso e permette di ottenere *l'intensità della precipitazione*, mentre la direzione di puntamento dell'antenna e il tempo impiegato dal segnale nel percorso andata-ritorno consentono di localizzare le idrometeore in termini di *direzione* e *distanza*. Inoltre piccole variazioni nella frequenza dell'eco di ritorno permettono, attraverso l'effetto Doppler, di misurare la *velocità radiale* e quindi di stimare la direzione di *spostamento* dell'evento meteorologico.

I RADAR meteorologici operano nell'intervallo di frequenze delle microonde e questo ne consente l'impiego per l'indagine delle precipitazioni dato che la lunghezza d'onda a cui lavorano è confrontabile con la dimensione delle idrometeore stesse, di solito si utilizzano le bande S e C

L'attenuazione aumenta al diminuire della lunghezza d'onda ed è per questo motivo che la banda S è la più indicata per le regioni tropicali e per quelle aree dove uragani, tornado e cicloni sono più probabili. I radar in banda S tuttavia, comportano notevoli problemi strutturali; infatti, poiché le dimensioni dell'antenna sono proporzionali alla lunghezza d'onda, ne segue che per un fascio di 1 grado a 10 cm è necessario un riflettore di 7,3 m di diametro, sconsigliabile sia per l'alto costo che per la notevole instabilità meccanica.

A 5 cm un fascio della stessa apertura è invece ottenibile con un'antenna di soli 3,7 m; la banda C offre proprio il miglior compromesso tra problematiche ingegneristiche e prestazioni meteorologiche ed è oggi utilizzata dalla maggior parte dei nuovi impianti installati in regioni non tropicali.

Esistono, inoltre, radar che utilizzano valori inferiori e precisamente:

Si tratta, però, di impianti nella maggior parte dei casi nati per altre attività e solo in un secondo tempo "ereditati" dalla meteorologia. Il loro uso è problematico, poiché a queste lunghezze d'onda il fascio radar è soggetto ad un notevole assorbimento atmosferico. Buoni risultati nell'avvistamento delle nubi potrebbero essere raggiunti lavorando in banda K dove i radar convenzionali non possono vedere le microscopiche goccioline che le compongono.

Con lunghezze d'onda superiori a 3 cm e nell'ipotesi che le particelle abbiano un diametro inferiore ai 5 mm, la teoria permette di legare, in un'unica relazione nota come *equazione del radar*, la riflettività di un volume di atmosfera con l'intensità dell'eco, le caratteristiche del radar e quelle del mezzo in cui avviene la propagazione dell'onda elettromagnetica. In

particolare, risulta che il fascio può subire una notevole attenuazione per la presenza di precipitazioni poste tra l'antenna ed il volume in osservazione.

Altri fattori possono poi concorrere a modificare il fascio radar durante la sua propagazione; essi sono di natura sia geometrica che fisica (legati a variazioni dell'indice di rifrazione atmosferico) o dovuti alla presenza di ostacoli naturali o artificiali. Se trascurati conducono ad un'errata valutazione della situazione meteorologica; le correzioni possono intervenire a livello analogico, al momento della misura, o a livello digitale, in fase di riduzione dei dati. Uno di questi effetti, più propriamente meteorologico, è quello detto di *bright band*, che si presenta quando una particella di ghiaccio, attraversando il livello dell'isoterma 0°C, comincia a fondersi, ricoprendosi di una sottile pellicola d'acqua. Poiché i più alti valori di riflettività sono associati alla neve bagnata, questo fenomeno, particolarmente evidente nel caso di nubi stratiformi, provoca un notevole aumento di riflettività rispetto agli strati circostanti; per la sua eliminazione si fa ricorso ad un'interpolazione tra due strati orizzontali.

Una volta ottenuto un valore di riflettività il più possibile corretto, esso può essere convertito in quantità di pioggia tramite una relazione di questo tipo:

$$Z = a R^b$$

dove  $R$  è la precipitazione in mm/h,  $Z$  la riflettività ed  $a$  e  $b$  sono costanti il cui valore dipende dal tipo di precipitazione.

Il problema della determinazione delle costanti è uno dei più discussi in radar-meteorologia; in letteratura esistono moltissime coppie di coefficienti calcolate per diversi tipi di precipitazione e verificate sperimentalmente mediante confronto con una rete di sensori pluviometrici posti nella zona spazzata dal radar.

E' evidente, tuttavia, come questa relazione sia puramente empirica e soggetta ad incertezze dipendenti soprattutto dalla distribuzione delle dimensioni delle gocce nel volume in esame e dalla durata temporale della misura. Per migliorare il grado di precisione vengono usati i cosiddetti sistemi a doppia polarizzazione, dove la riflettività viene valutata su due piani tra loro ortogonali. Infatti, tanto più le gocce sono grandi, tanto più assumono, durante la caduta, una forma schiacciata e tanto più la riflettività orizzontale differisce da quella verticale, fornendo così un'indicazione della distribuzione delle dimensioni. In questo caso esistono delle relazioni diverse da quella citata dato che entrano in gioco altri parametri come *la riflettività differenziale, la fase differenziale etc.* Inoltre, la polarizzazione duale permette di distinguere le gocce di pioggia dalle particelle di ghiaccio, che durante la caduta conservano una forma pressoché sferica.

In conclusione, si deve sottolineare che, per quanto un radar possa essere impreciso, rispetto al satellite meteorologico, che vede essenzialmente la cima delle nubi, ed i sensori di punto, che rilevano dati su di un punto dello spazio, esso fornisce una misura delle grandezze osservabili su tutto lo spazio e rileva in maniera completa la struttura dei fenomeni meteorologici. Un suo utilizzo operativo è particolarmente utile nel Nowcasting, soprattutto riguardo all'individuazione di fenomeni violenti (temporali, grandine, wind shear). Un ulteriore miglioramento si avrà non appena entreranno in funzione le reti radar nazionali ed internazionali. L'integrazione con altri sensori, come quelli puntuali al suolo o in quota (palloni sonda), con i satelliti meteorologici, renderà possibile una visione sempre più completa delle osservabili meteorologiche.