



MeteoVerona
Dal 1998 il primo sito meteo di Verona.



Piccola guida al mondo dei satelliti meteorologici.

A seconda della loro altezza sulla superficie terrestre e della inclinazione rispetto alla fascia equatoriale, i satelliti artificiali sono costruiti con caratteristiche comportamentali diverse. Bisogna chiaramente raggiungere un compromesso cercando di combinare la distanza dalla terra con la velocità del moto nell'orbita. Noi ci occupiamo di due grandi classi di satelliti artificiali: quelli geostazionari(o geosincroni) e quelli polari (a bassa quota).

Satelliti artificiali geostazionari: Un satellite di questo tipo percorre un'orbita quasi circolare attorno alla terra, ed è posizionato sul piano dell'equatore. La sua caratteristica principale però è quella di viaggiare alla stessa velocità angolare della terra; questo vuol dire che un satellite geostazionario possiede lo stesso periodo di rotazione della terra, compiendo un'orbita completa in 24 ore e quindi un osservatore solidale con la terra, guardando verso il cielo, lo vedrebbe immobile, come se fosse fissato rigidamente alla terra. Questa precisa condizione si viene a verificare solo se il satellite ha una ben determinata altezza rispetto alla superficie terrestre; abbiamo infatti già visto per un satellite qualsiasi come velocità e distanza dal pianeta siano in stretto rapporto; minore è la distanza, maggiore è la forza di attrazione esercitata tra i due corpi, maggiore dovrà essere la velocità del satellite per evitare di cadere sul pianeta e per rimanere invece quindi su un'orbita stazionaria. Chiaramente perché funzioni tutto perfettamente la distanza da terra dovrà essere abbastanza grande da posizionare il satellite nel vuoto (o quasi), cioè dove l'atmosfera terrestre sarà più rarefatta. In caso contrario il satellite perderebbe velocità per effetto dell'attrito con l'aria e collasserebbe verso la Terra ponendo termine a qualsiasi tipo di esperimento.

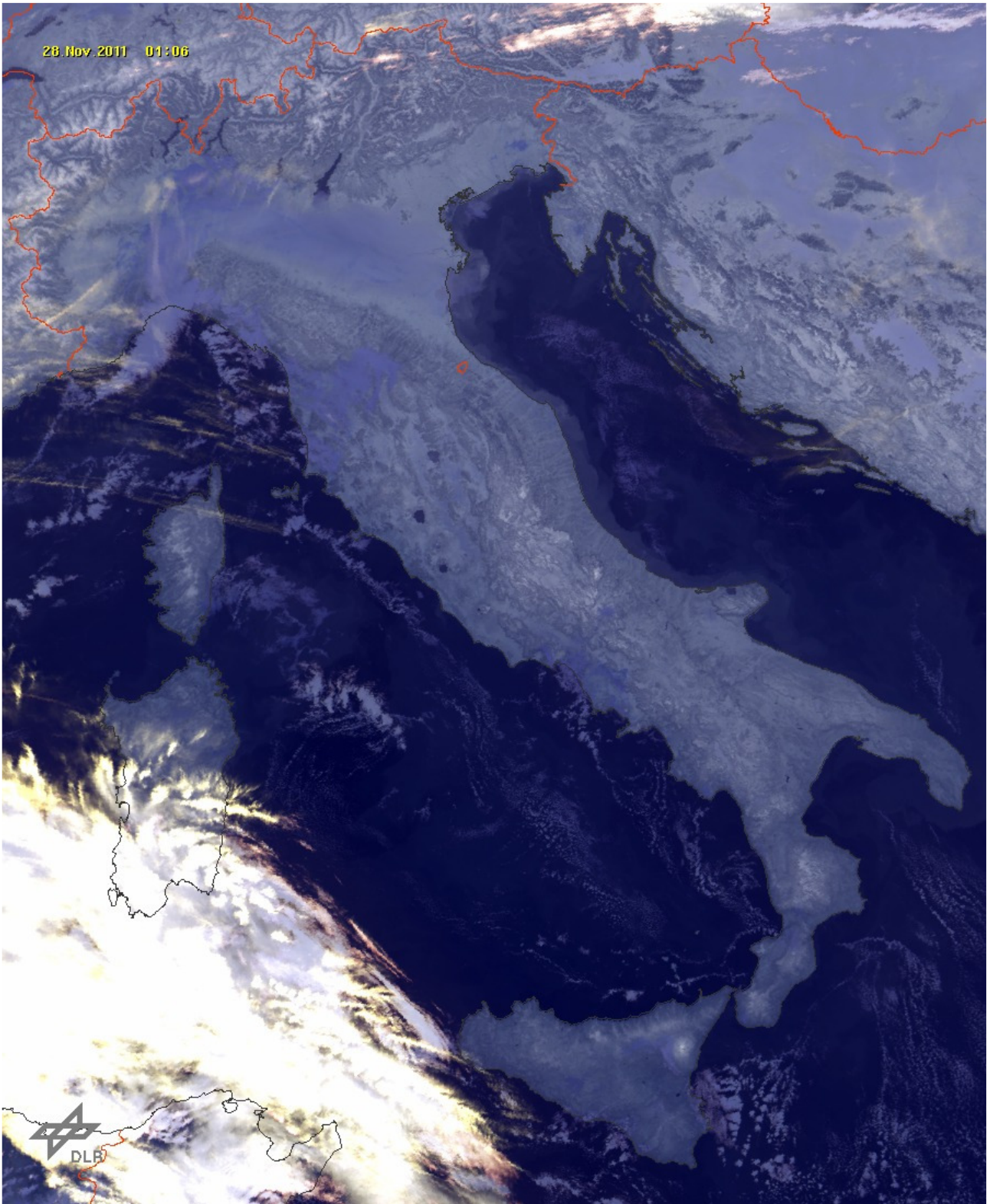


Esempio di un satellite geostazionario.ù

E' da sottolineare che da tale quota h (circa 6 volte il raggio terrestre) il satellite geostazionario vede circa $1/3$ della superficie terrestre (sotto un angolo di circa 18 gradi) e quindi teoricamente bastano solo 3 satelliti geostazionari per coprire tutto il globo. Inoltre, essendo immobile rispetto alla terra, non richiede nessun tipo di meccanismo di inseguimento delle antenne di terra. Lo svantaggio pero' dell'elevata distanza comporta alcuni problemi: dal costo del lancio in orbita (difficile raggiungere una tale quota), alla grande attenuazione dei segnali trasmessi (che si smorzano con il quadrato della distanza percorsa), al ritardo di propagazione (i segnali elettro-magnetici viaggiano alla velocita' della luce che, pur essendo elevatissima, e' pur sempre finita!), alla bassa definizione delle immagini rilevate (ci vorrebbero delle lenti enormi!), alla vista molto distorta delle calotte polari.

Satelliti artificiali polari (a bassa quota): Questo tipo di satellite, invece che essere posizionato sul piano dell'equatore (come quelli geostazionari), possiede una inclinazione di circa 90 gradi rispetto ad esso, in modo da sorvolare ad istanti precisi i due poli terrestri. L'orbita e' poi ellittica invece che circolare. Questi satelliti vengono utilizzati soprattutto quando c'e' l'esigenza di coprire in un certo tempo tutti i punti della superficie terrestre. Infatti essendo a bassa quota (900-1000 km), devono avere una velocita' elevata per poter resistere all'attrazione terrestre e quindi ci impiegano minor tempo a compiere un giro completo attorno alla terra. Tipicamente ogni orbita completa attorno alla terra richiede 100 minuti e vengono effettuate 14 orbite al giorno. Di solito un satellite di questa classe e' programmato in modo da passare sopra una data area (per esempio una stazione ricevente) a tempi regolari, ad esempio intervalli di 6 o 12 ore, e il tempo di visibilita' e' soltanto di circa 12-15 minuti. Chiaramente questo sistema comporta una maggiore complessita' nella costruzione del satellite ed altri problemi causati dalla alta velocita'. Infatti a quote cosi' basse l'azione frenante dell'atmosfera sul satellite non e' trascurabile e quindi il satellite stesso deve essere attrezzato con un sistema di stabilizzazione automatico e speciali motori che lo riportino sulla giusta orbita, facendogli recuperare la velocita' persa. In piu' la copertura a terra del satellite e' molto limitata, comportando cosi' notevoli costi per installare tanti satelliti di questo tipo su orbite opportune per avere la copertura di regioni piu' vaste. E siccome variano ogni momento la loro posizione rispetto alla terra, non possono testimoniare le variazioni a breve termine. I vantaggi sono comunque notevoli: tutto cio' comporta un risparmio della potenza di trasmissione dei dati verso terra, perche' il minore tragitto permette di mandare un segnale piu' debole; e fa diminuire anche il ritardo di propagazione del segnale, che seppur viaggiando alla velocita' della luce, impiega un certo tempo ad attraversare lo spazio per giungere alla stazione ricevente (parliamo di migliaia di chilometri!).

Esistono anche dei satelliti a bassa quota la cui orbita si definisce eliosincrona: vuol dire che l'orbita e' quasi-polare ed il piano dell'orbita contiene il sole, cioe' il satellite passa sulla stessa area alla stessa ora ogni giorno.



Esempio di immagine fornita da un satellite polare.

Caratteristiche tecniche: Per dare una idea delle caratteristiche tecniche di simili satelliti, diamo una serie di dati approssimati che si riferiscono piu' che altro a satelliti per telecomunicazioni, ma che si adattano perfettamente a qualsiasi tipo di satellite artificiale. I collegamenti tra satellite e terra avvengono normalmente in bande di frequenza comprese tra 1 e 30 GHz, in modo da perforare la ionosfera ed evitare interferenze causate da fenomeni atmosferici. Nelle diverse direzioni di trasmissione vengono usate onde portanti di frequenza diversa per evitare interferenze; ad esempio si usera' sulla tratta terra-satellite una portante a 6 GHz e su quella satellite-terra a 4 GHz. La stazione di terra ricevente e' costituita essenzialmente da 3 parti distinte e importantissime:>

1) *Preamplificatore a basso rumore:* Serve per evitare di confondere il segnale in arrivo dal satellite con i fastidiosi rumori termici delle apparecchiature elettroniche.

2) *Convertitore a frequenza intermedia (ricezione eterodina):* In modo da poter lavorare il segnale captato con apparecchiature meno complesse (che lavorino cioe' a frequenze piu' basse, intermedie) ed anche per poter usare gli stessi sistemi per segnali a frequenze distinte (infatti ogni canale, a qualsiasi frequenza, viene traslato attorno alla banda intermedia per essere elaborato).

3) *Demodulatore (numerico o analogico):* Riporta il segnale captato in una forma utile per essere compreso dai computer e dagli apparecchi elettronici. (Ad esempio demodulazione di fase o frequenza)

Grande risalto come abbiamo visto e' assunto dal preamplificatore a basso rumore. Infatti, quando il satellite e' molto lontano dalla stazione ricevente (e' questo per esempio il caso dei satelliti geostazionari), l'intensita' del segnale misurata a terra e' molto bassa, data la poca potenza di trasmissione che il satellite puo' inviare (la potenza disponibile sul satellite e' limitata dal peso del satellite e di solito e' dell'ordine delle decine di watt). Ricevendo a terra una potenza di segnale quasi minima e' molto importante che l'antenna ricevente sia di maggiore diametro possibile e che il primo stadio della stazione ricevente, che ha lo scopo di amplificare questo segnale, non contribuisca all'aumento della temperatura di rumore; cio' infatti porterebbe il rapporto segnale/rumore (SNR) sotto livelli accettabili. (Ed in questo caso non sarebbe in alcun modo piu' possibile distinguere il segnale dal rumore!) Per risolvere questo rilevante problema basta tenere in considerazione 2 fattori e cercare di eliminarli il piu' possibile:

1) Rumore elettronico generato dalle apparecchiature dello stadio d'ingresso dell'antenna di terra.

2) Rumore captato dall'antenna.

Di solito il primo tipo di disturbo e' evitato (con non poca spesa!) mantenendo gli apparati elettronici ad una temperatura molto prossima allo 0 assoluto (in gradi Kelvin!); ricordiamo che vale la nota relazione: gradi Kelvin = gradi Celsius + 273 !! Mentre il secondo drammatico problema puo' essere minimizzato con un attento posizionamento dell'antenna ricevente; infatti puntando verso il cielo si capta meno rumore che non puntando verso terra!

Ecco per i piu' interessati un eloquente esempio (preso dal libro del professor Tartara) che dimostra le difficolta' che incontra un satellite in fase di trasmissione dei dati: si tratta in questo caso della sonda spaziale Voyager, lanciata nel 1977 e transitata in prossimita' di Giove (1979), Saturno (1981) e di Urano (1986)! Non e' un vero e proprio satellite, ma il comportamento in fase di trasmissione e' molto simile a quello di un qualsiasi satellite artificiale. La sonda trasmetteva dati avendo a disposizione una potenza di soli 10 watt(!) e un'antenna parabolica del diametro di 3.6 metri su una portante di 8.4 GHz. Dovendo recuperare a terra il debolissimo segnale proveniente dalla sonda (la distanza terra-Urano e' di circa 3 miliardi di km!!) la stazione ricevente di terra era dotata di un'antenna (parabolica) del diametro di 64 metri(!); la temperatura di rumore del ricevitore era solo di 25 gradi Kelvin(!) (cioe' -248 gradi Celsius !!!... per un semplice riferimento si consideri che normalmente quando nevicata la temperatura ambiente scende a 0 gradi Celsius!!).

I Satelliti meteorologici: loro origini e posizionamento.

Come tutti sanno, i satelliti artificiali vengono utilizzati per svariati impieghi. Qui ci occupiamo delle famiglie di satelliti che, giorno dopo giorno, trasmettono sulla terra le immagini della superficie terrestre, con rilevatori di spettro che coprono parecchie bande, dal visibile, all'infrarosso, alle microonde, permettendo di individuare, seguire e controllare i piu' svariati fenomeni naturali che possono avvenire all'interno dell' atmosfera terrestre, come tempeste, uragani, tifoni. Il satellite rivela in precisi istanti della giornata (sia di giorno che di notte) la posizione delle nubi, la loro densita' e altezza, le temperature dell'atmosfera e del manto terrestre, la loro umidita', e spesso anche la velocita' dei venti. Questi dati vengono inviati ad una stazione di Terra che li unisce a quelli riportati da altre stazioni fisse o mobili (navi, boe, stazioni idrologiche, palloni sonda...) e che in tempo reale li elabora mediante calcolatori particolarmente potenti, fornendo cosi' mappe accuratissime del globo terrestre ed anche stime o previsioni sulle condizioni future! Tutte queste informazioni vengono raccolte e ritrasmesse allo stesso satellite che avra' il compito di diffonderle a tutti i piccoli e medi utilizzatori sulla Terra, mentre contemporaneamente continuera' a rilevare le immagini della nuova situazione meteorologica.

Le origini: L'utilizzo dei satelliti artificiali nell'ambito della meteorologia ha inizio con il lancio dello statunitense Tiros 1 (Television Infra Red Observation Satellite) nell'aprile del 1960. Era provvisto di un paio di telecamere, un radiometro a scansione dell'infrarosso e uno strumento per controllare l'ammontare delle radiazioni solari ricevute e riflesse dalla terra. Questo primo esperimento ebbe il successo sperato visto che in seguito furono mandati in orbita numerosi altri satelliti con sempre nuovi sistemi e moderne apparecchiature, formando anche reti satellitari oppure sostituendo quelli ormai in disuso.

Oltre agli Stati Uniti, anche altre potenze si buttarono in questo campo che prometteva veramente ottimi risultati. Cosi' nel 1969 vede la luce il primo satellite artificiale meteorologico sovietico, il Meteor 1, lanciato dal Cosmodromo Settentrionale su un'orbita bassa (900 km) e con un'inclinazione sull'equatore di 81.3 gradi (quasi-polare), su cui si basano gli odierni satelliti meteorologici del CSI. Anche l'Europa entra nel gioco con il geostazionario Meteosat 1 dell'ESA (Agenzia Spaziale Europea), lanciato il 23 novembre 1977 da vettori americani tipo Delta da Cape Canaveral (Florida) e posizionato sulla parte orientale dell'oceano Atlantico (0 gradi di longitudine).

E il Giappone contribuisce con il geostazionario GMS Himawari 1 lanciato il 14 luglio 1977. Contemporaneamente gli americani mettono in orbita le evoluzioni del satellite polare, il Tiros-N denominato poi NOAA e di quello geostazionario, l'SMS/GOES. Ed e' proprio nel 1978 che nasce un esperimento internazionale, il progetto FGGE (First Global GARP Experiment)(GARP = Global Atmospheric Research Program) che coinvolge Stati Uniti, Europa e Giappone con i propri satelliti, per formare una rete mondiale composta da 5 satelliti geostazionari: 3 SMS/GOES, il Meteosat1 e il GMS Himawari 1. L'esperimento duro' un anno e porto' innumerevoli risultati positivi.

La tabella seguente e' stata presa dal sito del CGMS, il gruppo di coordinamento per i satelliti meteorologici, e mostra la situazione aggiornata al gennaio del 1998 dei satelliti geostazionari e polari meteorologici mondiali.

(Purtroppo per problemi di tempo non e' stato possibile tradurla in italiano, ma e' comunque di facile comprensione)

CURRENT GEOSTATIONARY SATELLITES COORDINATED WITHIN CGMS.

Sector	Satellites currently in orbit (+type) Op: Operational P: Pre-operational B: Back-up L: Limited availability	Operator	Location	Launch date, Status
EAST-PACIFIC (180°W-108°W)	GOES-9 (Op)	US/NOAA	135°W	(05/95) minor imager anomalies
WEST-ATLANTIC (108°W-36°W)	GOES-8 (Op) GOES-10 (P) GOES-7 (B)	US/NOAA US/NOAA US/NOAA	75°W 105°W 90°W	(04/94) minor sounding anomalies (04/97) in commissioning (02/87) stand-by
EAST-ATLANTIC (36°W-36°E)	METEOSAT-6 (Op) METEOSAT-5 (B) METEOSAT-7 (P)	EUMETSAT EUMETSAT EUMETSAT	0°	(11/93) minor gain anomaly on IR imager (03/91) Functional, minor imager anomaly
INDIAN OCEAN (36°E-108°E)	GOMS-N1 (P) FY-2 (Op) INSAT II-B (L) INSAT I-D (L)	RUSSIA FED CHINA INDIA INDIA	76°E 105°E 93.5°E	(11/94) Disseminates 3-hourly IR images (06/97) Operational Satellite (07/93) Cloud imagery for domestic use but wind products available on WMO GTS
WEST-PACIFIC (108°E-180°E)	GMS-5 (Op)	JAPAN	140°E	(03/95) operational

CURRENT POLAR-ORBITING SATELLITES COORDINATED WITHIN CGMS.

Orbit type (equatorial crossing times)	Satellites in orbit (+operation mode) Op=operational B=back-up L=limited availability	Operator	Crossing Time A=Northward D=Southward +Altitude	Launch date, Status
Sun-synchr. "Morning" (6:00 - 12:00) (18:00 - 24:00)	NOAA-12 (Op) NOAA-11 (B) NOAA-9 (B)	USA/NOAA USA/NOAA USA/NOAA	06:40 (D) 850km 07:20 (D) 10:00 (D) 840km	(05/91) Functional (09/88) Sounding only (12/84) Partly functional
Sun-synchr. "Afternoon" (12:00 - 16:00) (00:00 - 04:00)	NOAA-14 (Op)	USA/NOAA	14:00 (A) 850km	(12/94) Functional
Sun-synchr. "Early morning" (4:00 - 6:00) (16:00 - 18:00)	DMSP-F12 (L)	USA/DoD	05:30 (D) 830km	(01/95) Defense satellite. Data partly available to civilian users
Non sun- synchronous or unspecified orbits	METEOR 2-21 (Op) METEOR 3-5 (Op)	RUSSIAN FED RUSSIAN FED	950km 1200km	08/93 Operational 08/91 Operational