

Ricezione Autonoma dei Satelliti NOAA con Raspberry Pi

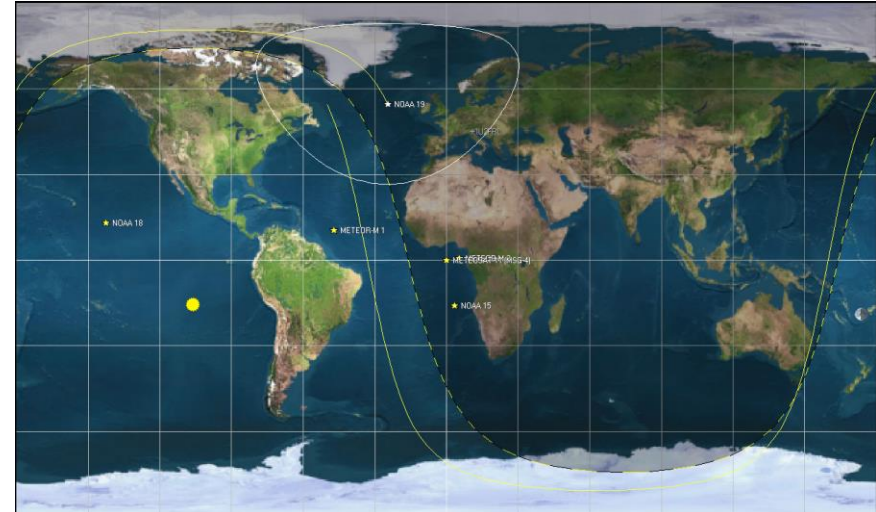
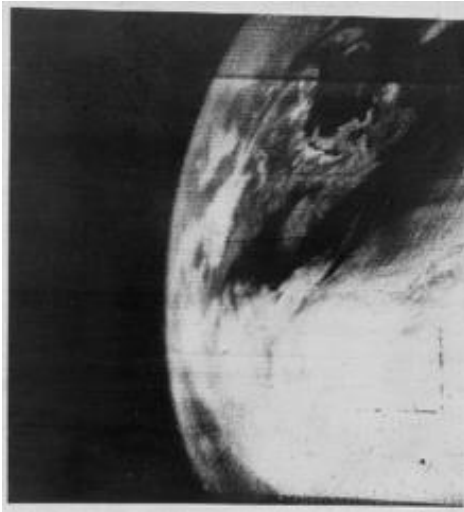
UN RASPBERRY PI, UNA CHIAVETTA SDR, E TANTO BRICOLAGE TRA
OGGETTI CHE VOLANO, SI SCHIANTANO E (OGNI TANTO) CADONO!

I satelliti meteorologici

Flotta di satelliti artificiali con lo scopo di studiare il clima e la struttura della crosta terrestre.

Nati nel 1946 con l'idea di osservare le nubi e migliorare le previsioni del tempo, i primi prototipi appariranno solo nel 1958.

Modelli più avanzati arrivano negli anni '60 e '70 con l'introduzione dei satelliti NOAA americani



I satelliti meteorologici americani

Satelliti dedicati allo studio del clima

Progetto iniziato nel 1960 (TIROS, poi NUMBUS, ESSA, ITOS e oggi NOAA)

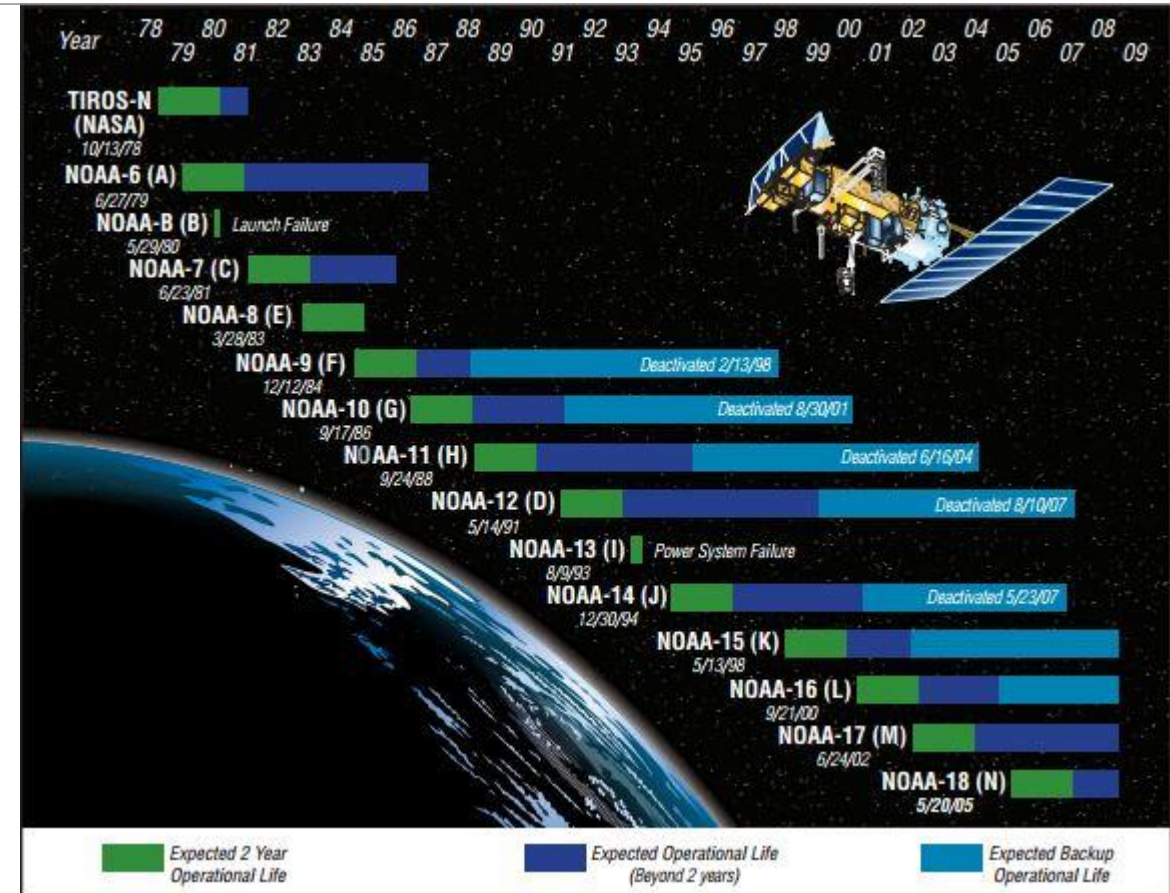
Vari sensori a bordo (telecamere a colori e IR oltre a radiometri e radar scatter)

Trasmissione APT e HRPT

Satelliti orbitanti a circa 800Km di quota, periodo circa 100 minuti

In parallelo è nata la famiglia GOES geostazionaria (dal 1974)

Fonte: <http://www.aripescara.org/satelliti%20meteo.htm>



I satelliti meteorologici russi

Progetto iniziato nel 1966 con i satelliti COSMOS, poi METEOR

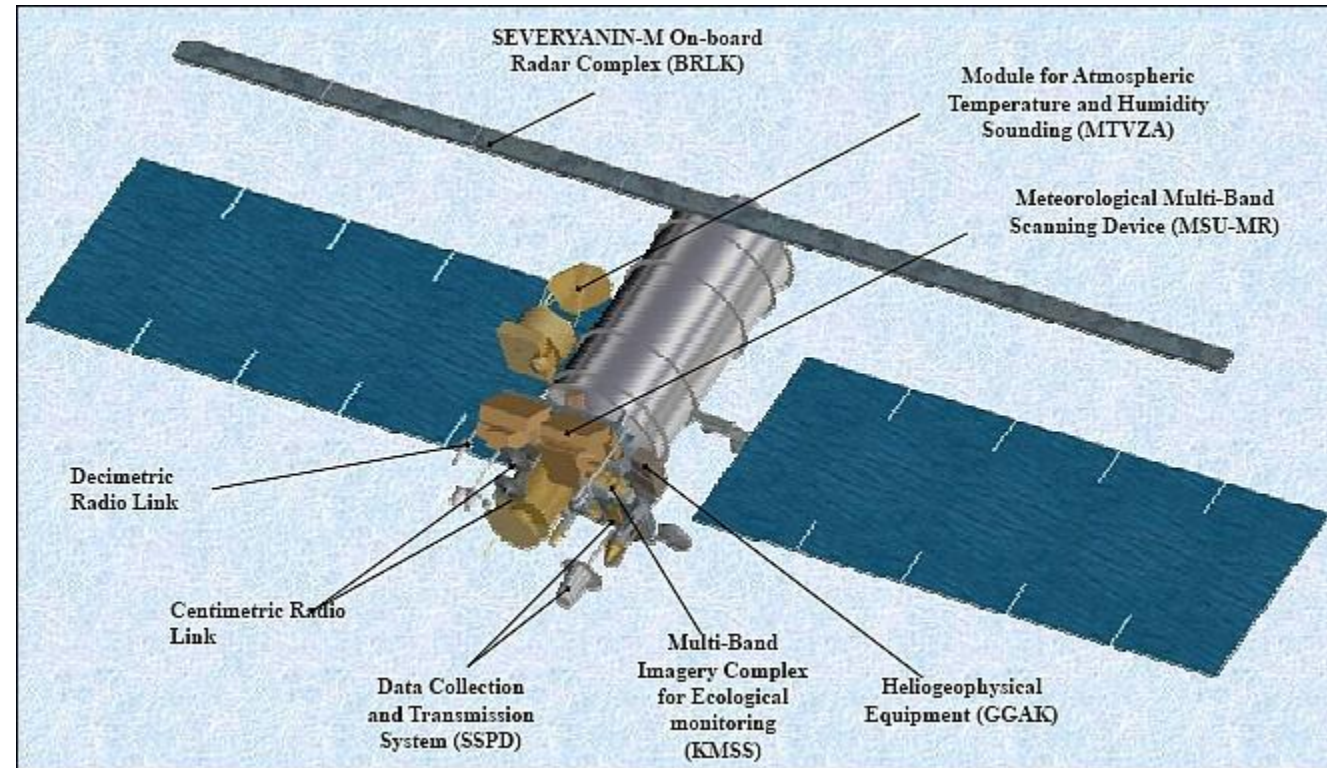
Progetto in parallelo: OKEAN (studio dei ghiacci e degli oceani)

Trasmissione in LRPT, maggiore qualità video ma più suscettibile ai disturbi

Altitudine circa 830Km, periodo di circa 100 minuti

Storicamente hanno una vita breve (non eccessivamente affidabili)

Fonte: <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/m/meteor-m-1>



I satelliti meteorologici europei

Progetto iniziato con ESA nel 1977 con il nome di METEOSAT

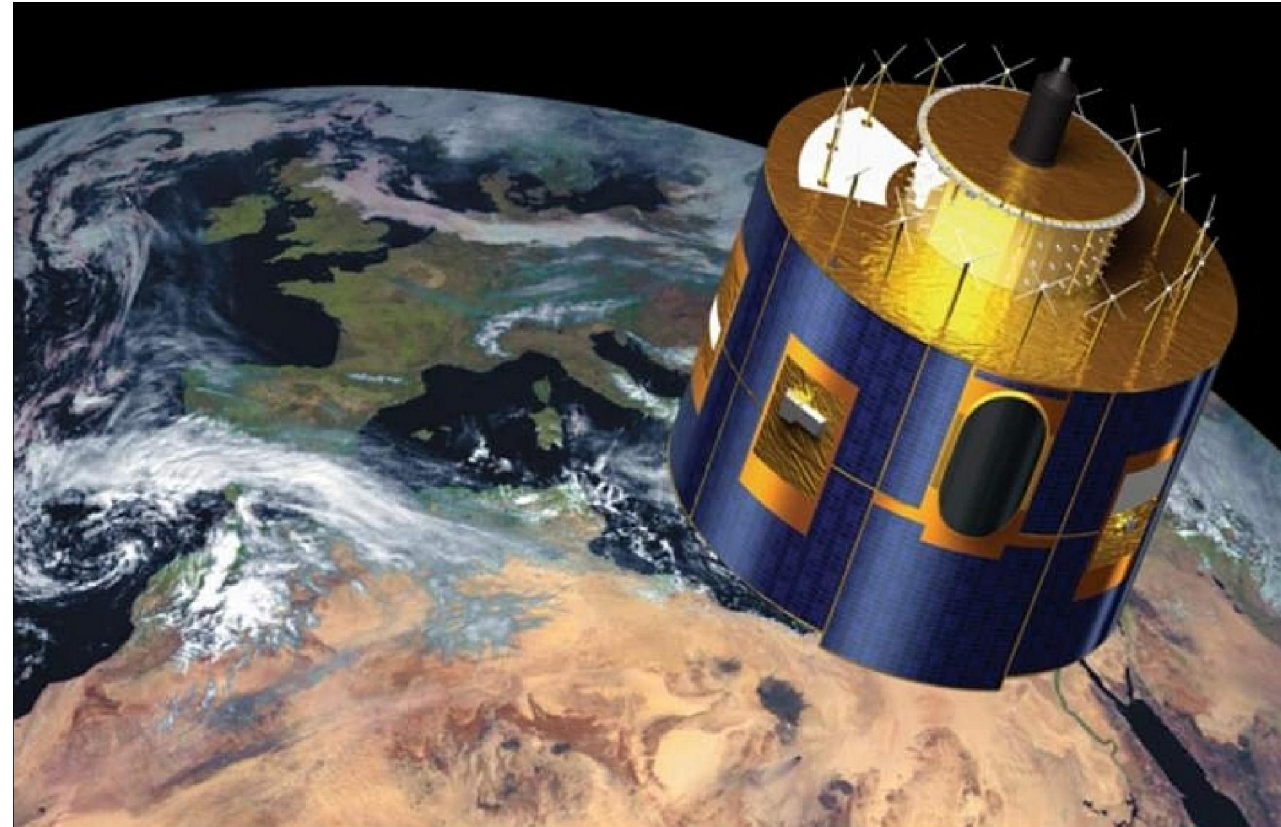
Satelliti geostazionari a 36000Km di quota

Cattura indiretta: 25 minuti di scansione, 5 di riposizionamento e successivo invio alla stazione di Damstadt in Germania

Trasmissione in WEFAX (disattivo) e in HRI. Le immagini sono però crittografate (dal 1995). Un pixel dell'immagine copre circa 1Km di superficie terrestre

Fonte: <http://www.aripescara.org/satelliti%20meteo.htm>

Fonte: <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/m/meteosat-second-generation>



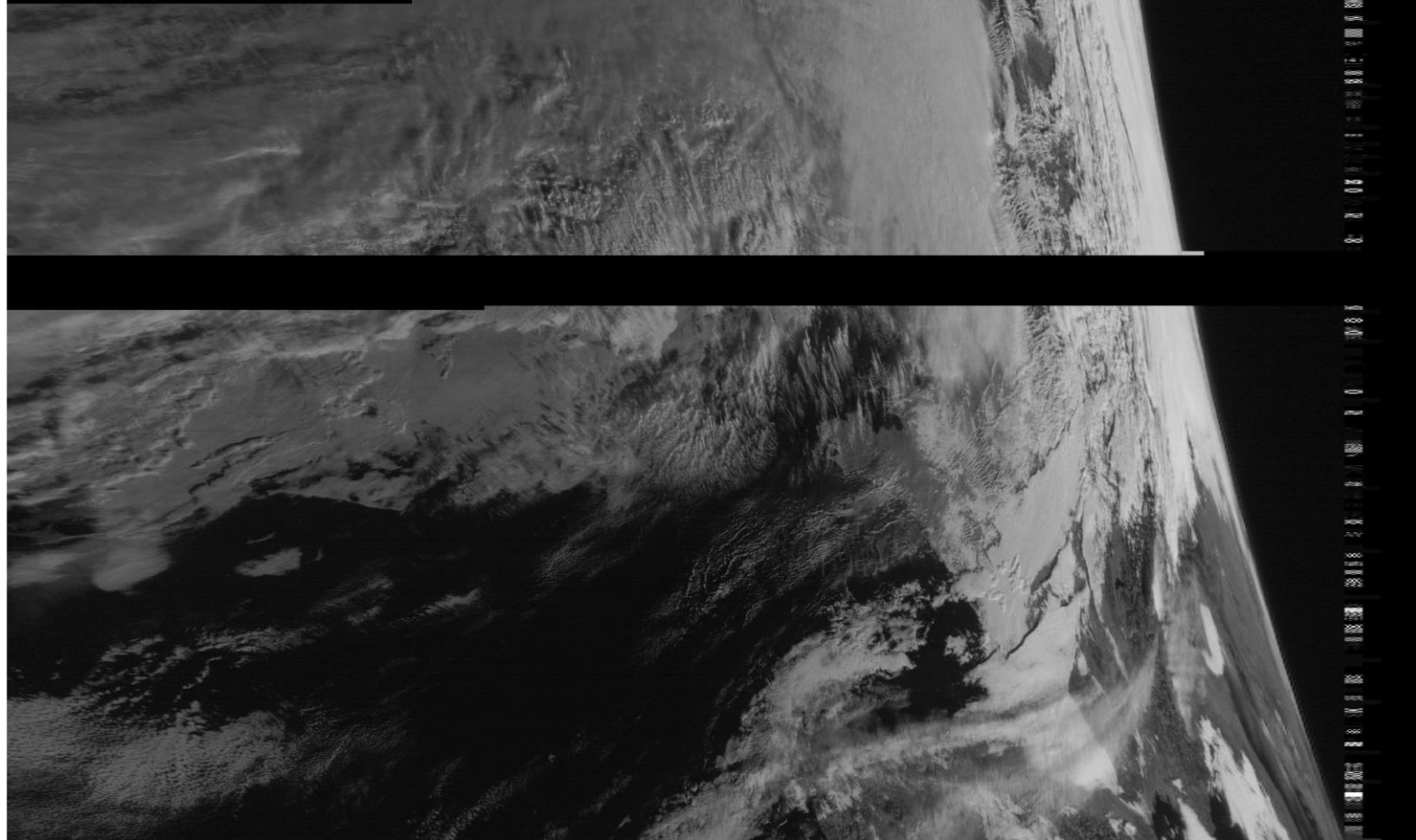
I satelliti ricevibili: Meteor M1

Downlink a 137.900MHz

Formato LRPT (WFM 120KHz)

A causa di guasti nell'elettronica di bordo dal 2014 viene considerato deceduto, trasmette ogni tanto in modo casuale immagini con orbita confusa

Fonte: <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/m/meteor-m-1>



I satelliti ricevibili: Meteor M2

Downlink:

137.100MHz LRPT WFM 120KHz

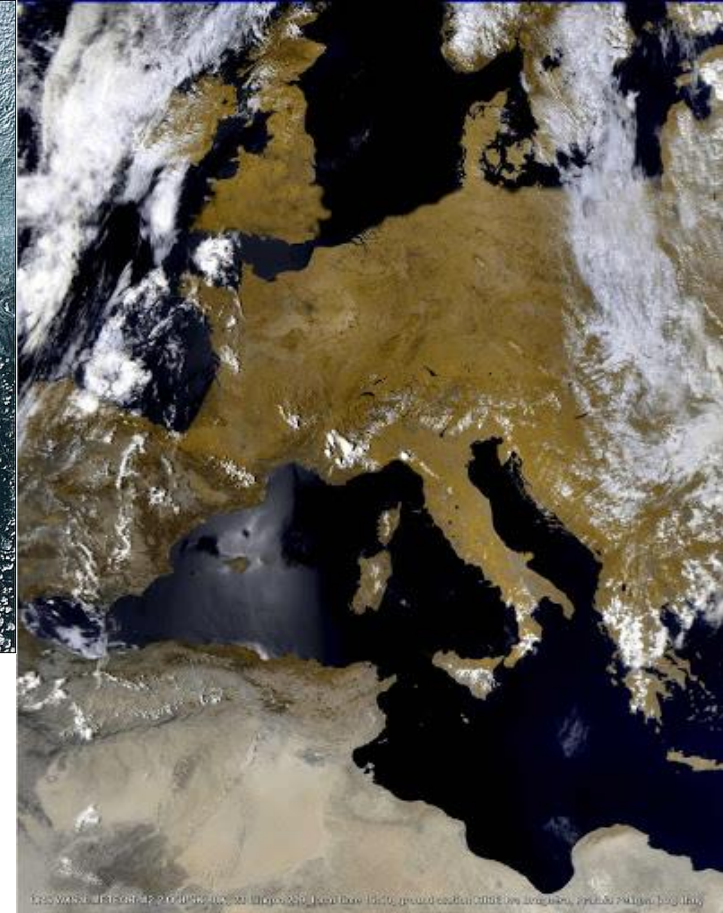
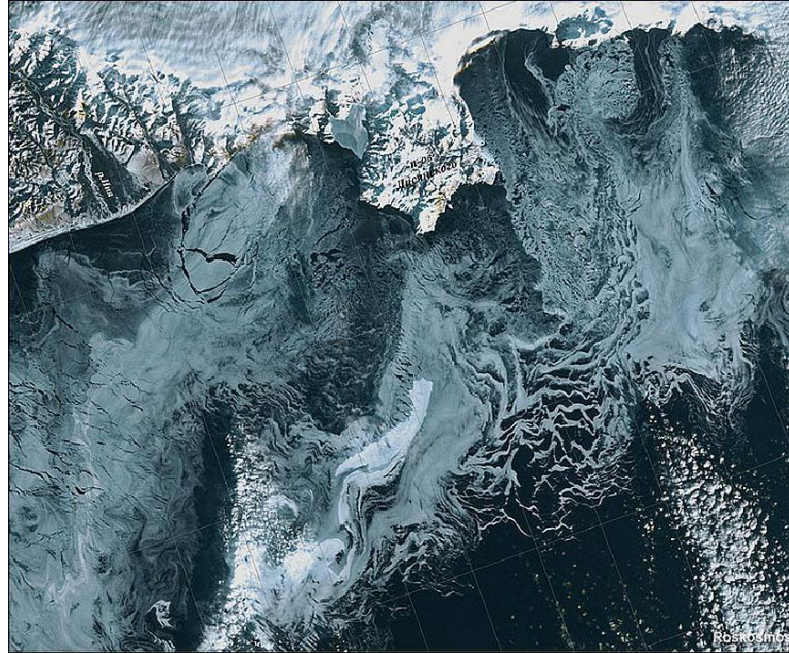
1690MHz HRPT 665.4kbit/s

8192MHz RFM 122.88Mbit/s

Lanciato nel 2014 è in funzione da quasi 7 anni, ha una massa di 2778Kg ed è alimentato da pannelli solari da 2KW orientati automaticamente. Impatto con un piccolo meteorite nel dicembre 2019 che ne ha spostato l'orbita

Fonte: <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/m/meteor-m-2>

Fonte: <https://www.rtl-sdr.com/meteor-m-n2-2-has-failed-but-recovery-may-be-possible/>



I satelliti ricevibili: NOAA-15

Downlink:

137.625MHz APT FM 27KHz

1702,5MHz MSB

Lanciato nel 1998 continua a funzionare nonostante qualche acciaccio, ha una massa di 2232Kg ed è alimentato da pannelli solari da 880W orientati automaticamente. Secondo le stime della NASA doveva smettere di funzionare tra il 2000 ed il 2002 ma a lui nessuno l'ha mai detto, quindi nel dubbio trasmette ancora!

Fonte: <https://officinahf.jimdofree.com/satelliti-1/ricezione-satelliti-meteo-noaa/>



I satelliti ricevibili: NOAA-18

Downlink:

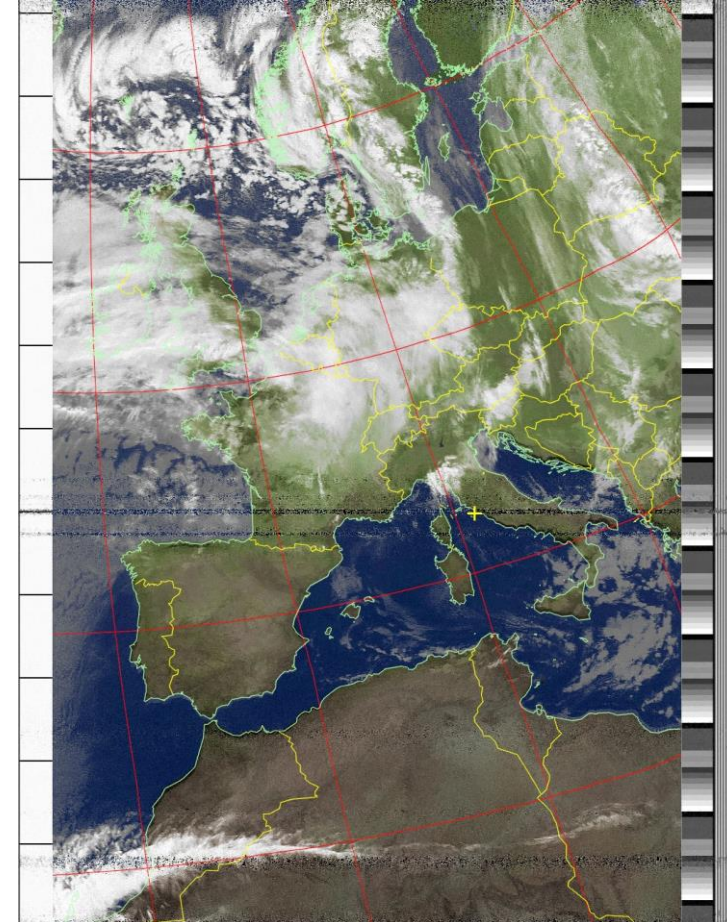
137.912MHz APT FM 27KHz

1707MHz MSB

Lanciato nel 2005 non ha mai presentato particolari problemi tranne il cambio dal oscillatore locale principale a quello di scorta nel 2012, ha una massa di 2232Kg ed è alimentato da pannelli solari da 880W orientati automaticamente (hardware molto simile a NOAA-15). Secondo le stime della NASA doveva smettere di funzionare nel 2009

Fonte: <https://officinahf.jimdofree.com/satelliti-1/ricezione-satelliti-meteo-noaa/>

Fonte: <https://en.wikipedia.org/wiki/NOAA-18>



I satelliti ricevibili: NOAA-19

Downlink:

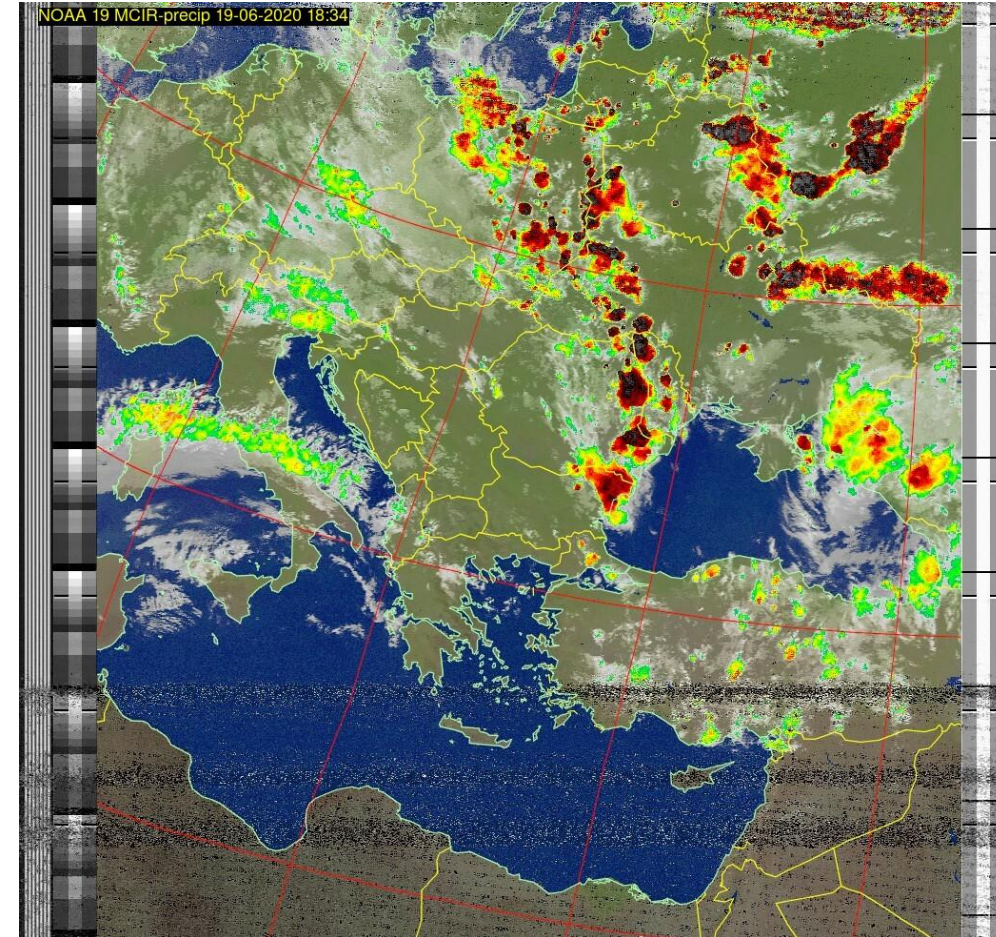
137.912MHz APT FM 27KHz

1707MHz MSB

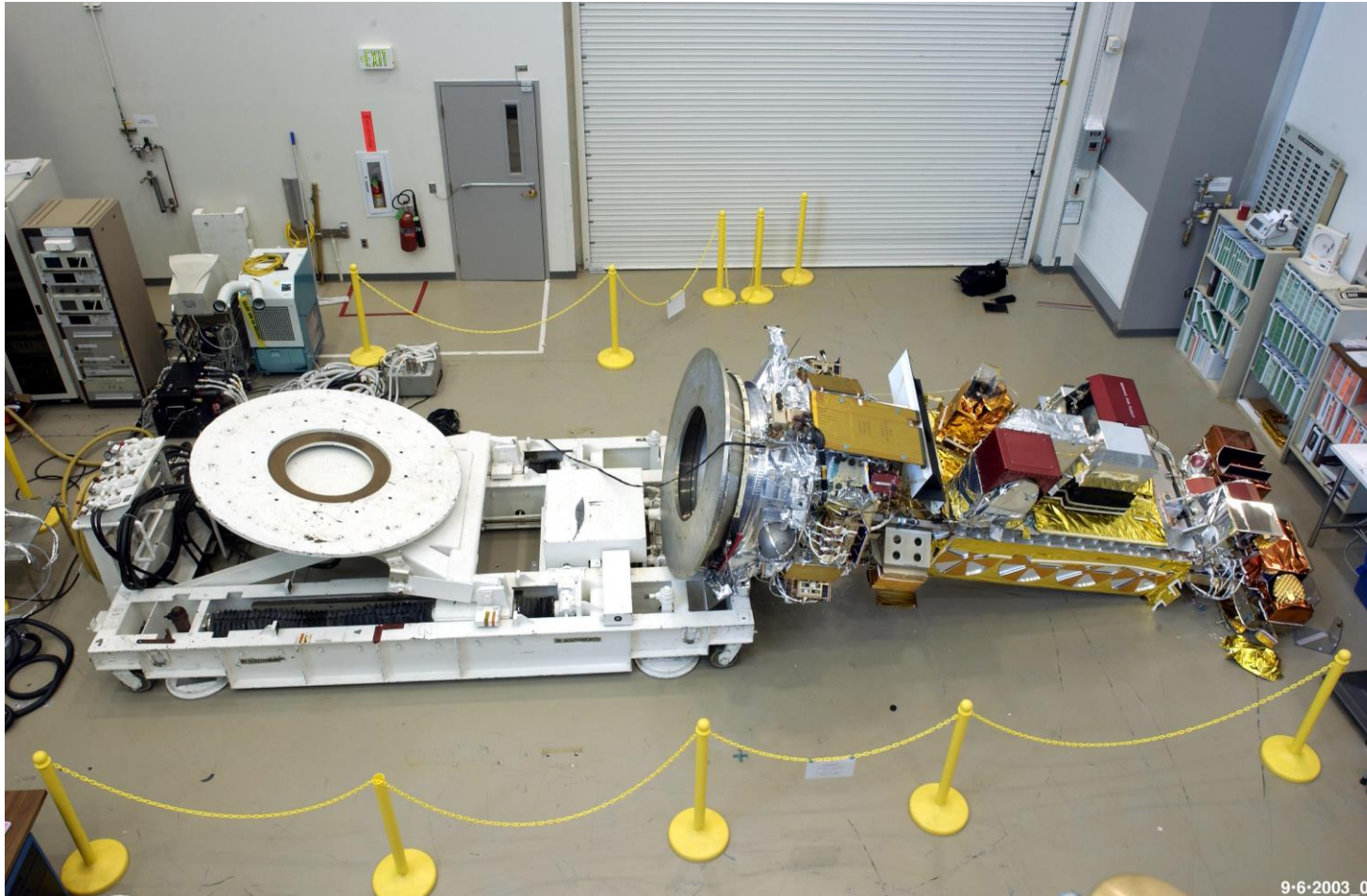
Lanciato nel 2009, ha una massa di 1440Kg, monta numerosa strumentazione radar attiva e passiva, particolare attenzione viene data ai sensori sulla radiazione UV e per la misurazione dello strato di ozono atmosferico oltre che allo stato dei mari e dei ghiacciai.

Fonte: <https://officinahf.jimdofree.com/satelliti-1/ricezione-satelliti-meteo-noaa/>

Fonte: <https://en.wikipedia.org/wiki/NOAA-19>



Ehm... Capo?



Giornata storta a lavoro?

Il 6 settembre 2003 durante una movimentazione il satellite NOAA-19 è stato inavvertitamente fatto cadere nei laboratori a Sunnyvale in California

Costo della riparazione:

135 Milioni di \$

Fonte: <https://en.wikipedia.org/wiki/NOAA-19>

Antenna di ricezione

Tutti i satelliti meteo hanno downlink a polarizzazione circolare destrorsa (RHCP)

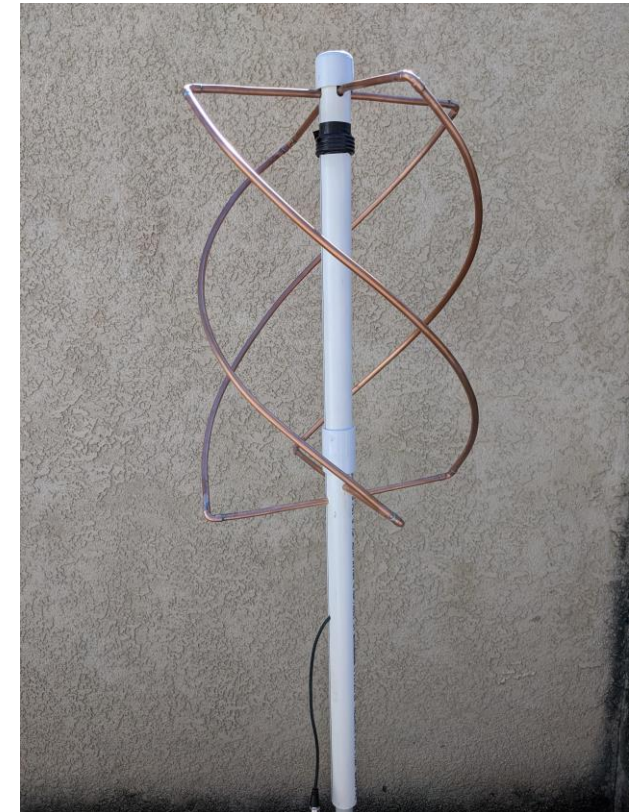


Per i primi esperimenti può bastare una antenna verticale non troppo lunga (stile Diamond X50).

Modelli consigliati sono la Turnstile (sinistra) e la QFH (destra). Si costruiscono con materiali da ferramenta in poche ore ed hanno un discreto guadagno in funzione del lobo di radiazione a noi utile

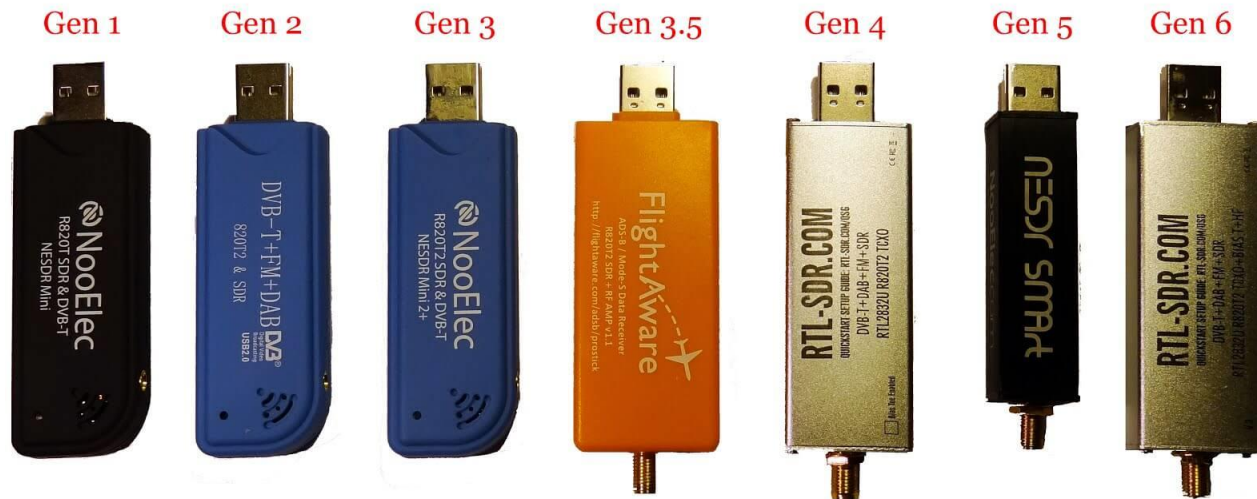
Fonte: <http://www.radioamatoripeligni.it/i6ibe/qfh/qfh.htm>

Fonte: <http://iw2dxx.blogspot.com/2018/05/turnstile-antenna.html>



Ricevitore

La scelta quasi obbligata ricade sulle pennette RTL-SDR, hanno un costo contenuto (tra i 10 e 20€ a seconda del modello) e offrono caratteristiche interessanti per il prezzo. Ricezione continua da 30 a 1700MHz in tutti i modi, compatibili con gran numero di software per SDR. In alternativa si può usare una scheda Panadapter su un ricevitore professionale (la sola BF non è sufficiente)

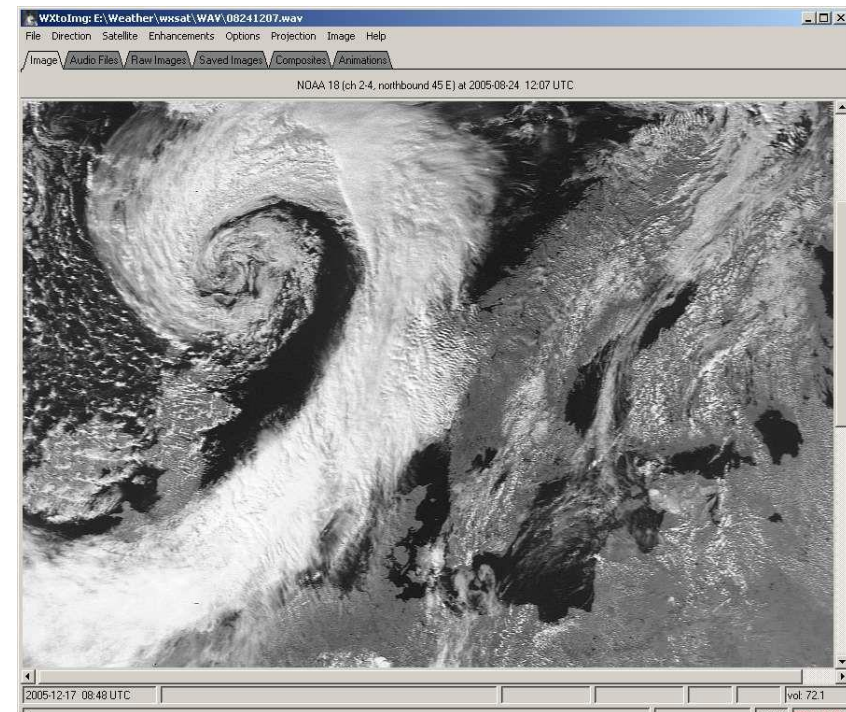
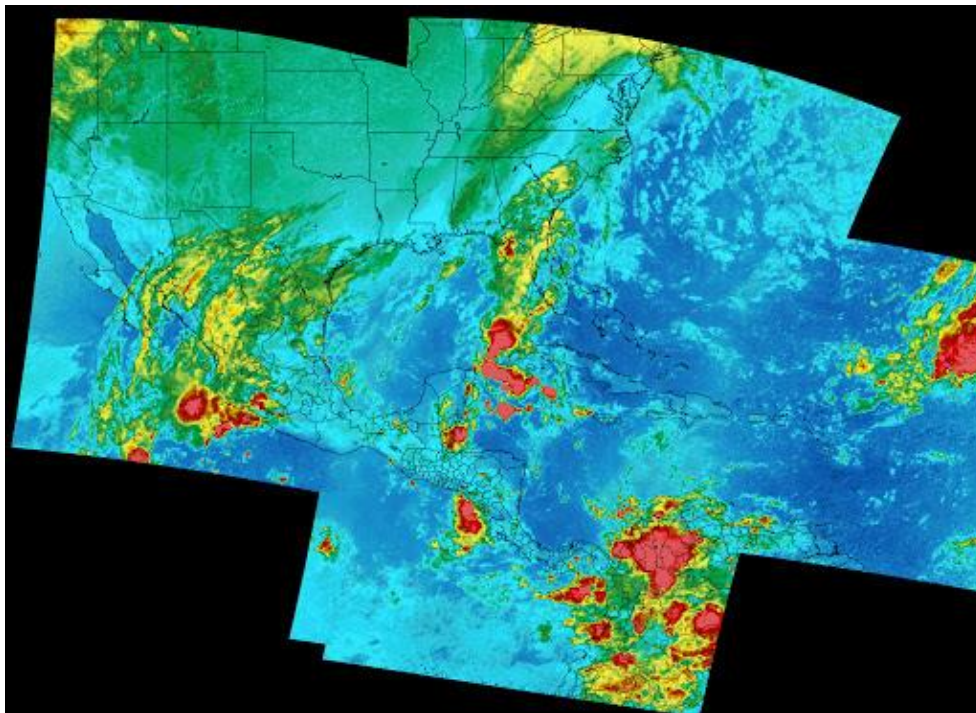


RTL-SDR Generations



Software di decodifica

Il software più conosciuto per i satelliti in APT è WXTOIMG sviluppato da Craig Anderson di Auckland, è un software completamente automatizzato che supporta numerose opzioni di post-processing e la creazione di mappe combinando più passaggi



Software di inseguimento

Software conosciutissimo per il tracciamento di oggetti volanti, supporta migliaia di satelliti di ogni tipo: meteo, militari, radioamatoriali o altro.

Completamente gratuito e aggiorna i TLE in automatico, supporta anche il controllo della frequenza via CAT con compensazione DOPPLER e inseguimento con interfaccia rotori.

The screenshot displays the Orbitron 3.71 software interface. The main window shows a world map with various satellite orbits plotted. A detailed data panel on the right provides information for the selected satellite, COSMOS 1833 R/B. Below the map, there are two tables: one for orbital parameters and another for satellite identification details. The interface also includes a frequency display showing 41,44784 MHz and 2455967,94784 kHz, and a compass rose in the bottom right corner.

COSMOS 1833 R/B	
Lon	146,4275° O
Lat	38,1727° S
Alt (km)	853,591
Acm	266,7°
Alt	-75,9°
AR	08h 16m 01s
Decl	-40° 54' 49"
Dist (km)	132 30,562
RRt (km/s)	-0,080
Vel (km/s)	7,424
Dirección	Descendiendo
Eclipse	Umbral
MA (fase)	70,8° (50)
TA	70,9°
Órbita #	128 753
Mag (lum)	no observable
Constellation	Pup
Sol	
Acm	139,1°
Alt	23,8°
AR	21h 33m 39s
Decl	-14° 26' 59"
Lon	37,3271° E
Lat	14,4806° S
Dist (km)	147 610 737
Constellation	Cap
Luna	
Acm	284,0°
Alt	-19,1°
AR	11h 27m 06s
Decl	23,2301° N
Lon	101,2301° W
Lat	23,2301° N
Dist (km)	384 400
Constellation	Cap

Orbital Parameters	
1	17590U 87027B 05249.48020189 -.00000024 00000-0 12129-4 0 7352
2	17590 70.9984 205.4129 0003675 4.9424 355.1792 14.16450776954953

Satellite Identification	
Nombre	COSMOS 1833 R/B
NORAD #	17590
Designación COSPAR	1987-027-B
Época (UTC)	2005-09-06 11:31:29
Órbitas hasta la época	95495
Inclinación	70,998
AR del Nodo Asc.	205,413

Principal | Visualización | Ubicación | Info. Sat/Órbita | Config. Efemérides | Efemérides | Rotor/Radio | Acerca de | ?

Orbitron 3.71 - [C] 2001-2005 by Sebastian Stoff

Ricevitori (più o meno) professionali

Per chi volesse cimentarsi nel uso professionale di tali satelliti sono disponibili varie opzioni commerciali tra cui il KIT LX1163 di Nuova Elettronica o il APT-06 dal sito WRAASE, cercando nel mondo del usato si trovano una miriade di progetti di varie riviste anni '90-

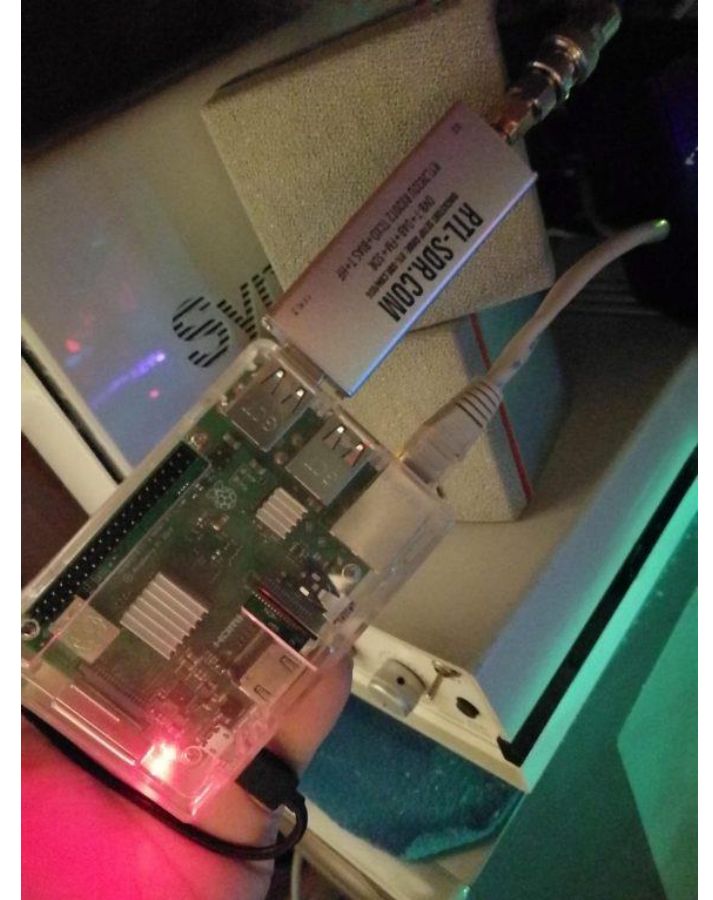


Automatizziamo il processo

La soluzione più economica per realizzare una stazione automatizzata ricade su una scheda Raspberry PI e una chiavetta SDR su cui faremo girare l'ultima versione di Raspbian.

Ci appoggiamo a vari software:

- SOX: libreria audio che consente di lavorare su interfacce virtuali
- AT: software di pianificazione controllabile via script
- PREDICT: per calcolare le orbite dei satelliti
- WXTOIMG: per la decodifica del audio e successiva trasformazione in immagine



Calcolo delle orbite

Una volta installato tutti i software necessari apriamo PREDICT e configuriamolo con le coordinate della stazione ricevente

```
---- PREDICT v2.2.3 ----  
Released by John A. Magliacane, KD2BD  
May 2006
```

```
----[ Main Menu ]----
```

```
[P]: Predict Satellite Passes      [I]: Program Information  
[V]: Predict Visible Passes      [G]: Edit Ground Station Information  
[S]: Solar Illumination Predictions [D]: Display Satellite Orbital Data  
[L]: Lunar Predictions           [U]: Update Sat Elements From File  
[O]: Solar Predictions           [E]: Manually Edit Orbital Elements  
[T]: Single Satellite Tracking Mode [B]: Edit Transponder Database  
[M]: Multi-Satellite Tracking Mode [Q]: Exit PREDICT
```

Preparazione della decodifica

Apriamo il software WXTOIMG via CLI per accettare i termini della licenza, poi nel file di configurazione inseriamo ancora una volta il nostro QTH

```
Latitude: 40.0000  
Longitude: 10.0000  
Altitude: 25
```

Script per calcolo delle orbite

Ora dobbiamo sapere quando i vari satelliti passeranno sulla nostra testa, per fare questo creeremo una serie di script (uno per satellite) che serviranno a lanciare PREDICT e creare una pianificazione del software RTL_FM per ricevere la BF dal satellite tramite la pennetta SDR

```
#!/bin/bash

# Update Satellite Information

wget -qr https://www.celestrak.com/NORAD/elements/weather.txt -O /home/pi/weath
grep "NOAA 15" /home/pi/weather/predict/weather.txt -A 2 > /home/pi/weather/pre
grep "NOAA 18" /home/pi/weather/predict/weather.txt -A 2 >> /home/pi/weather/pr
grep "NOAA 19" /home/pi/weather/predict/weather.txt -A 2 >> /home/pi/weather/pr
grep "METEOR-M 2" /home/pi/weather/predict/weather.txt -A 2 >> /home/pi/weathe

#Remove all AT jobs

for i in `atq | awk '{print $1}'`;do atrm $i;done

#Schedule Satellite Passes:

/home/pi/weather/predict/schedule_satellite.sh "NOAA 19" 137.1000
/home/pi/weather/predict/schedule_satellite.sh "NOAA 18" 137.9125
/home/pi/weather/predict/schedule_satellite.sh "NOAA 15" 137.6200
```

Creazione della pianificazione

Per ottimizzare il processo utilizzeremo solamente le orbite più favorevoli (con elevazione sufficiente a garantire una immagine di buona qualità)

```
#!/bin/bash
PREDICTION_START=`/usr/bin/predict -t /home/pi/weather/predict/weather.tle -p `
PREDICTION_END=`/usr/bin/predict -t /home/pi/weather/predict/weather.tle -p "$}

var2=`echo $PREDICTION_END | cut -d " " -f 1`

MAXELEV=`/usr/bin/predict -t /home/pi/weather/predict/weather.tle -p "${1}" | e

while [ `date --date="TZ=\"UTC\" @${var2}" +%D` == `date +%D` ]; do

START_TIME=`echo $PREDICTION_START | cut -d " " -f 3-4`
var1=`echo $PREDICTION_START | cut -d " " -f 1`

var3=`echo $START_TIME | cut -d " " -f 2 | cut -d ":" -f 3`

TIMER=`expr $var2 - $var1 + $var3`

OUTDATE=`date --date="TZ=\"UTC\" $START_TIME" +%Y%m%d-%H%M%S`
```

Ricezione e decodifica

Ora ad ogni passaggio di un satellite verrà lanciato questo script che avvia la ricezione tramite RTL_FM e salva il file audio in formato WAV, ottenuto tale registrazione lancia WXTOIMG e crea una serie di immagini

```
#!/bin/bash

# $1 = Satellite Name
# $2 = Frequency
# $3 = FileName base
# $4 = TLE File
# $5 = EPOC start time
# $6 = Time to capture

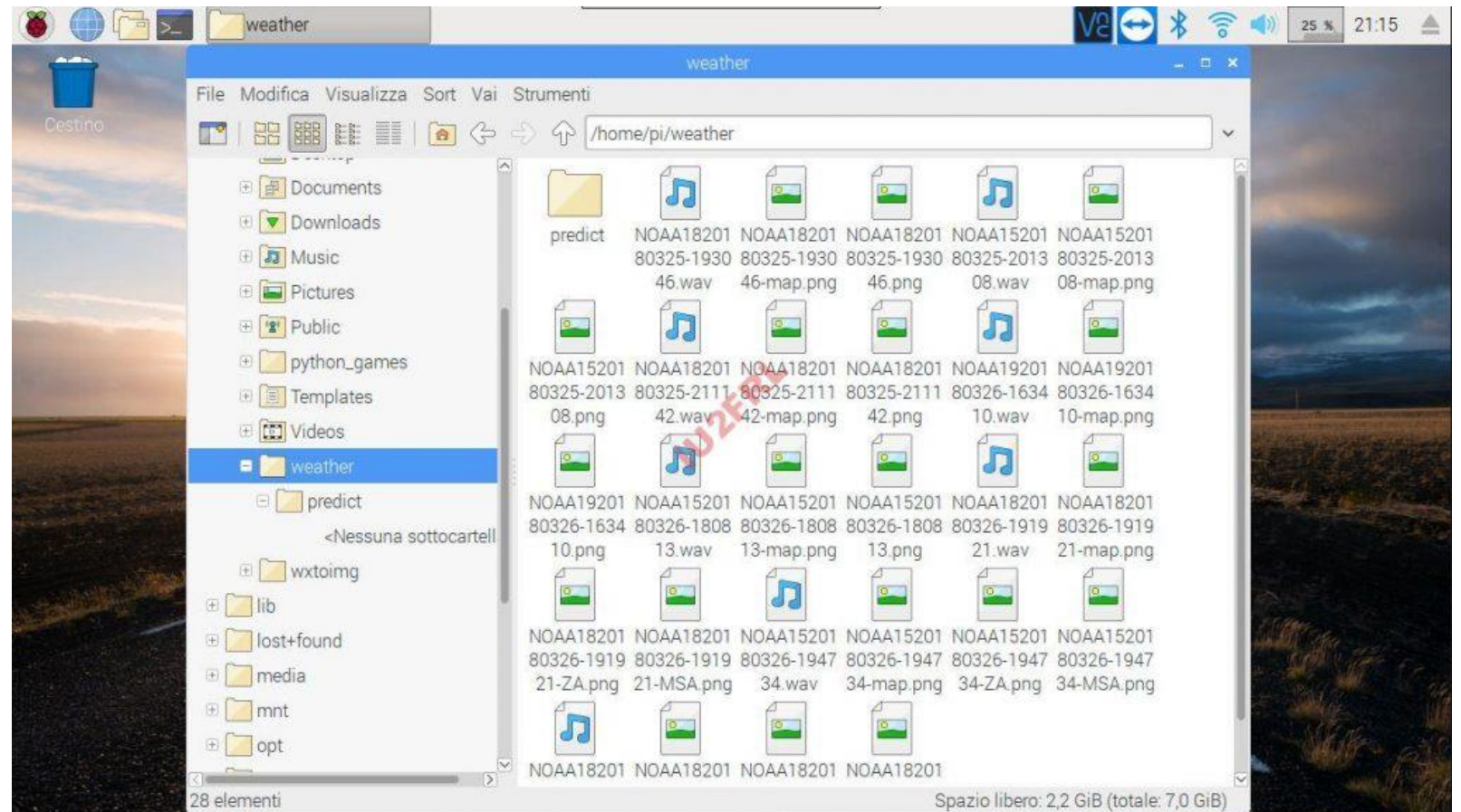
sudo timeout $6 rtl_fm -f ${2}M -s 60k -g 45 -p 0 -E wav -E deemp -F 9 - | sox

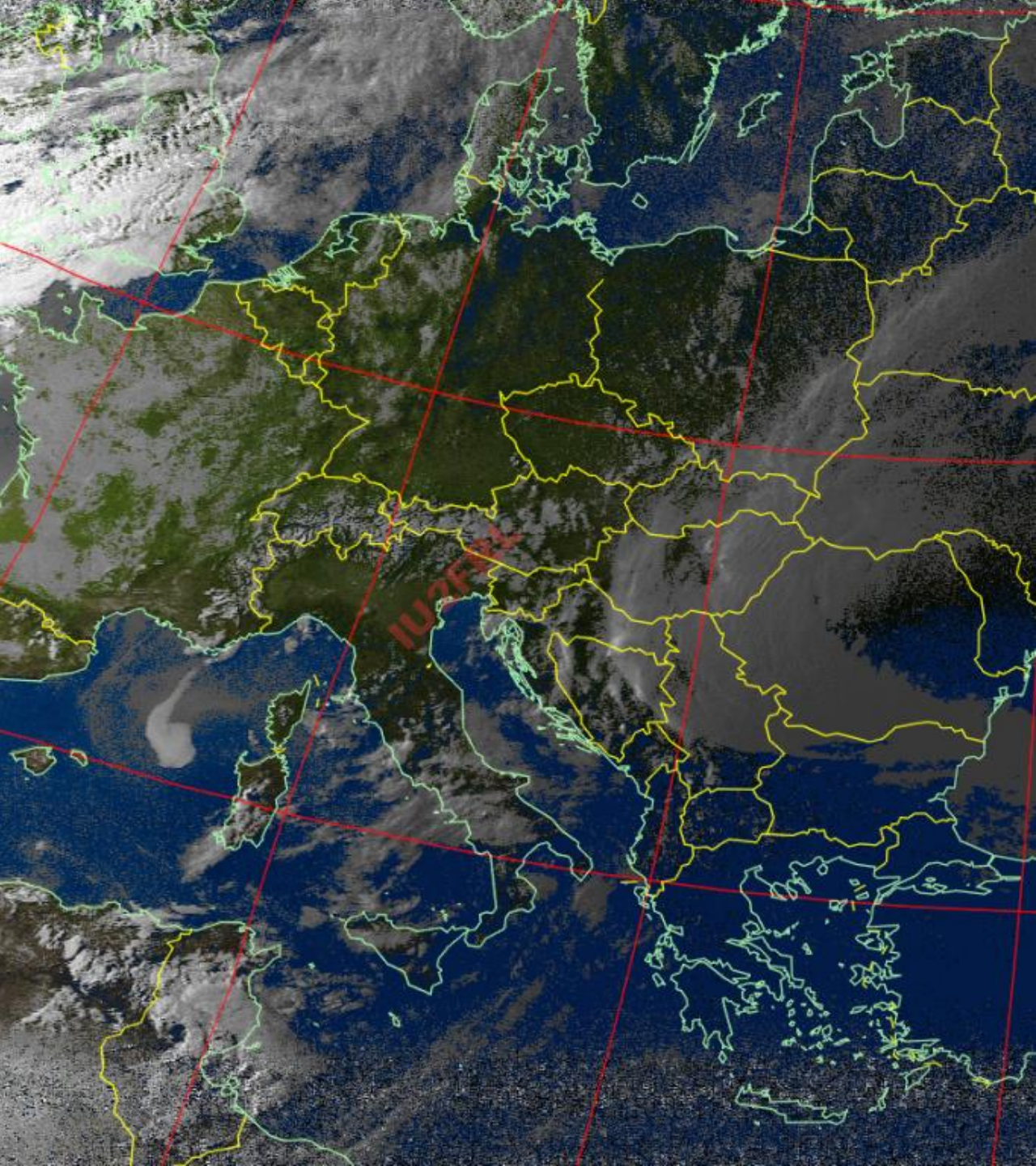
PassStart=`expr $5 + 90`

if [ -e $3.wav ]
then
    /usr/local/bin/wxmap -T "${1}" -H $4 -p 0 -l 0 -o $PassStart ${3}-map.png
    /usr/local/bin/wxtoimg -m ${3}-map.png -e ZA $3.wav $3.png
    /usr/local/bin/wxtoimg -m ${3}-map.png -e MCIR $3.wav ${3}.MCIR.png
    /usr/local/bin/wxtoimg -m ${3}-map.png -e MSA $3.wav ${3}.MSA.png
fi
```

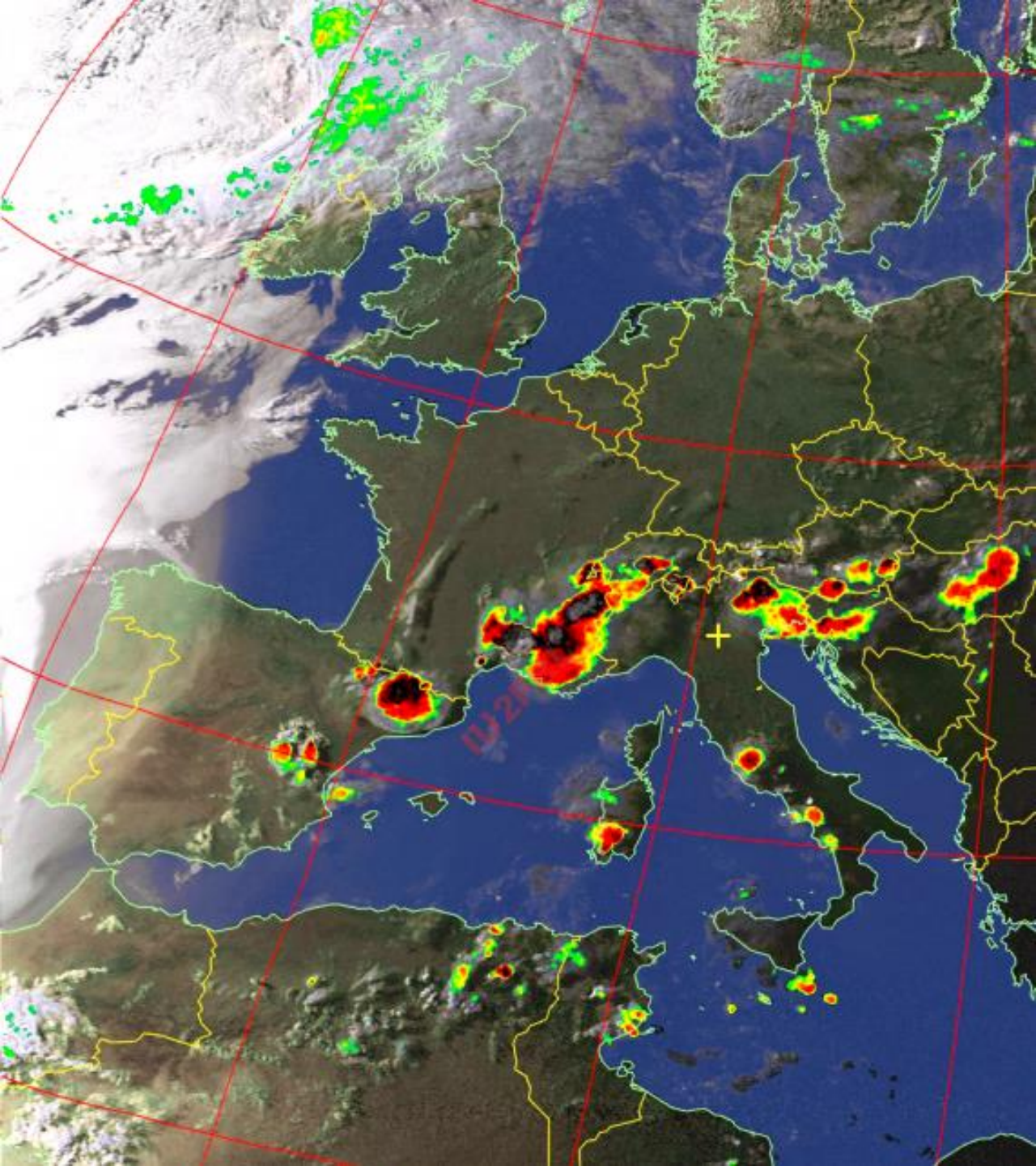
Risultato

Lasciamo il tutto lavorare in maniera autonoma e dopo una giornata vedremo la cartella «weather» popolarsi di registrazioni ed immagini dei vari passaggi, mitico!

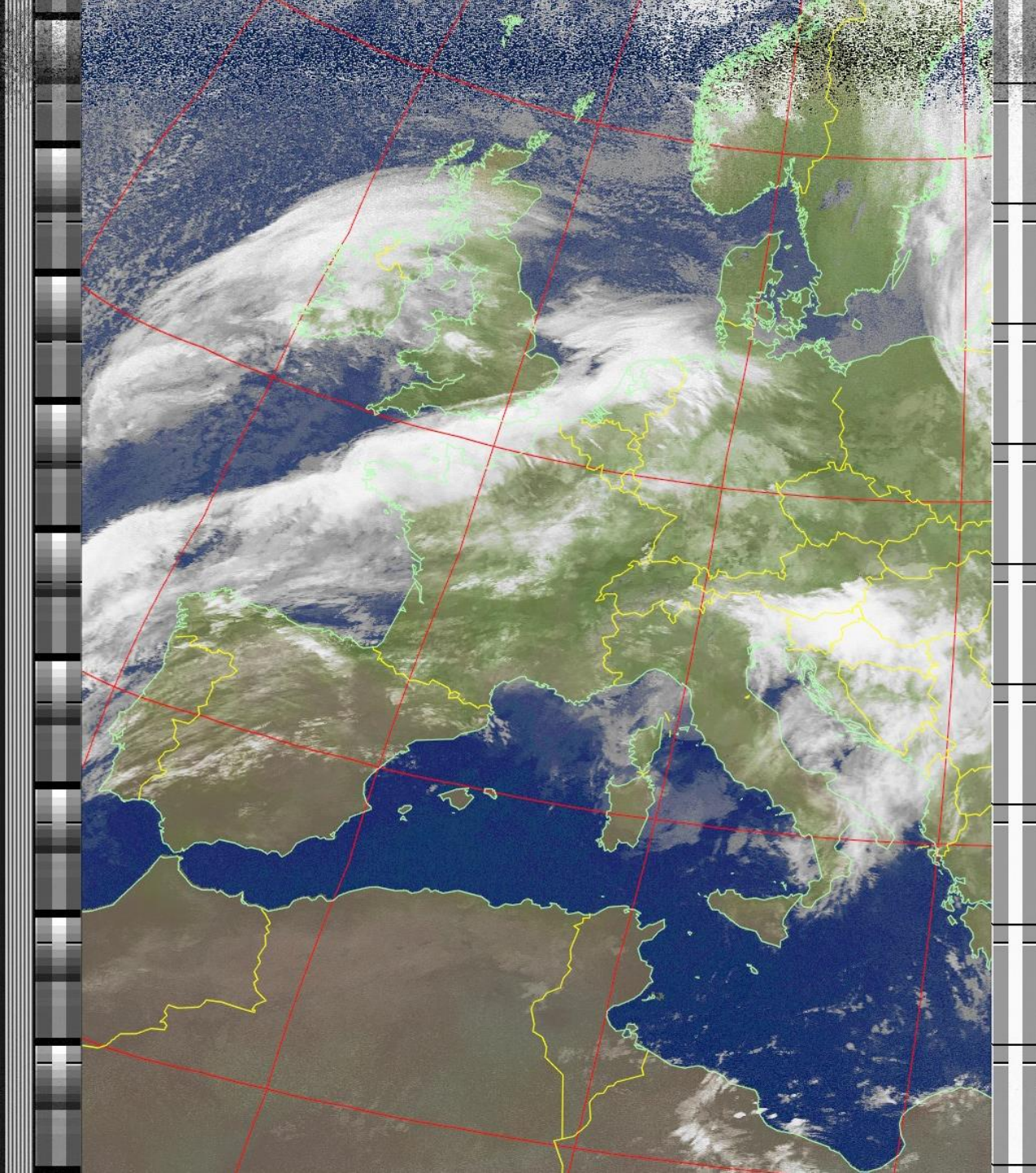




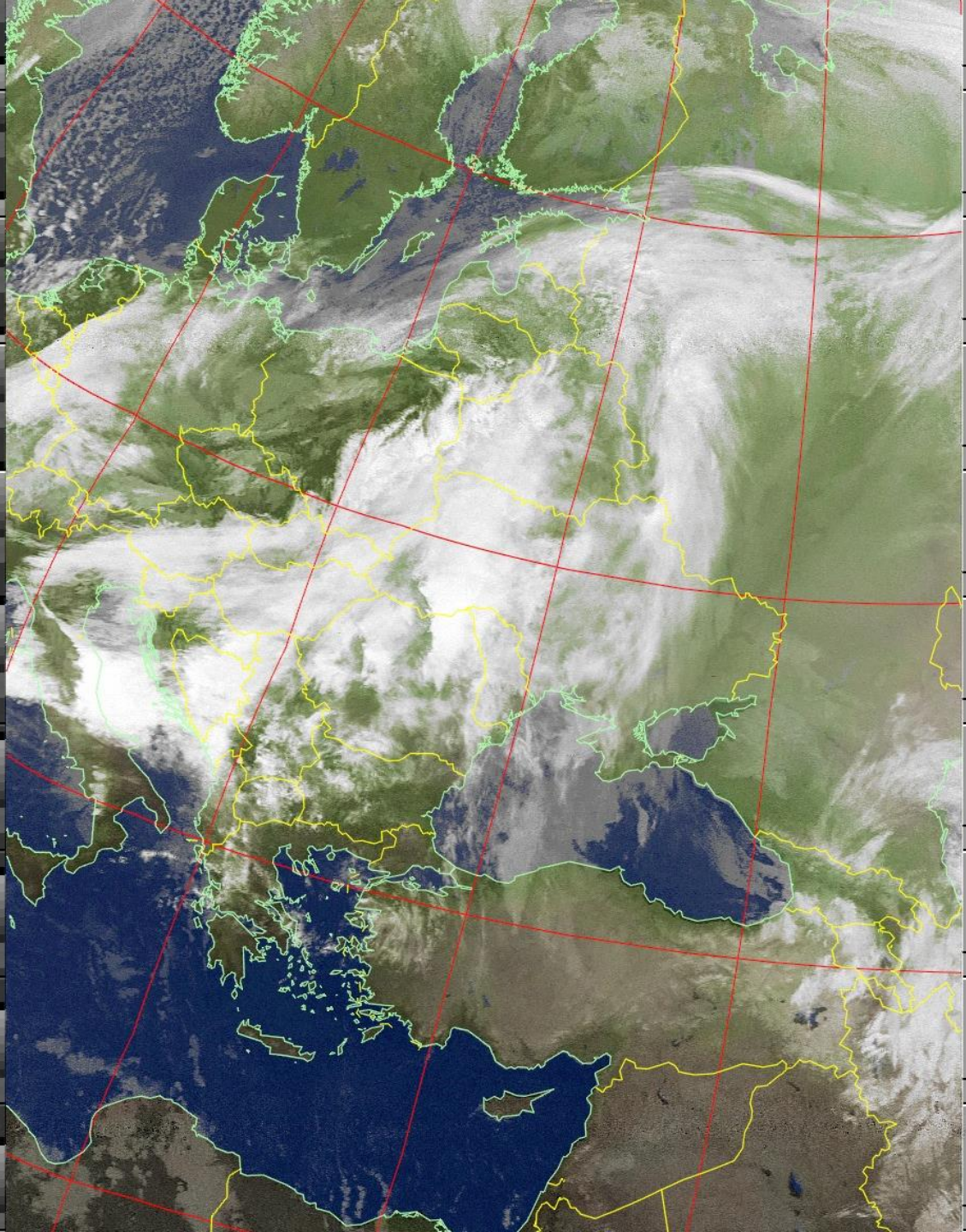
Settembre 2018



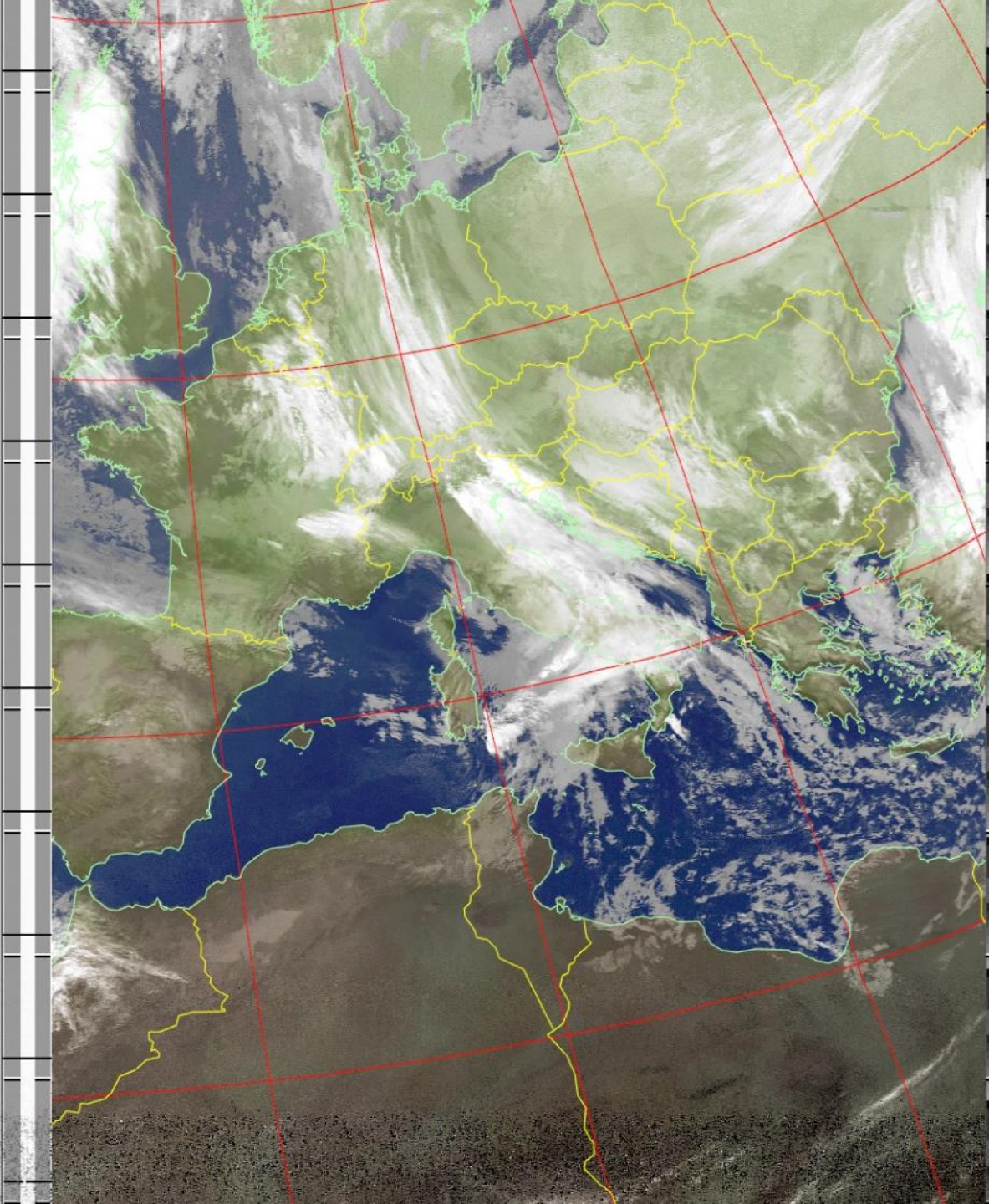
Luglio
2018



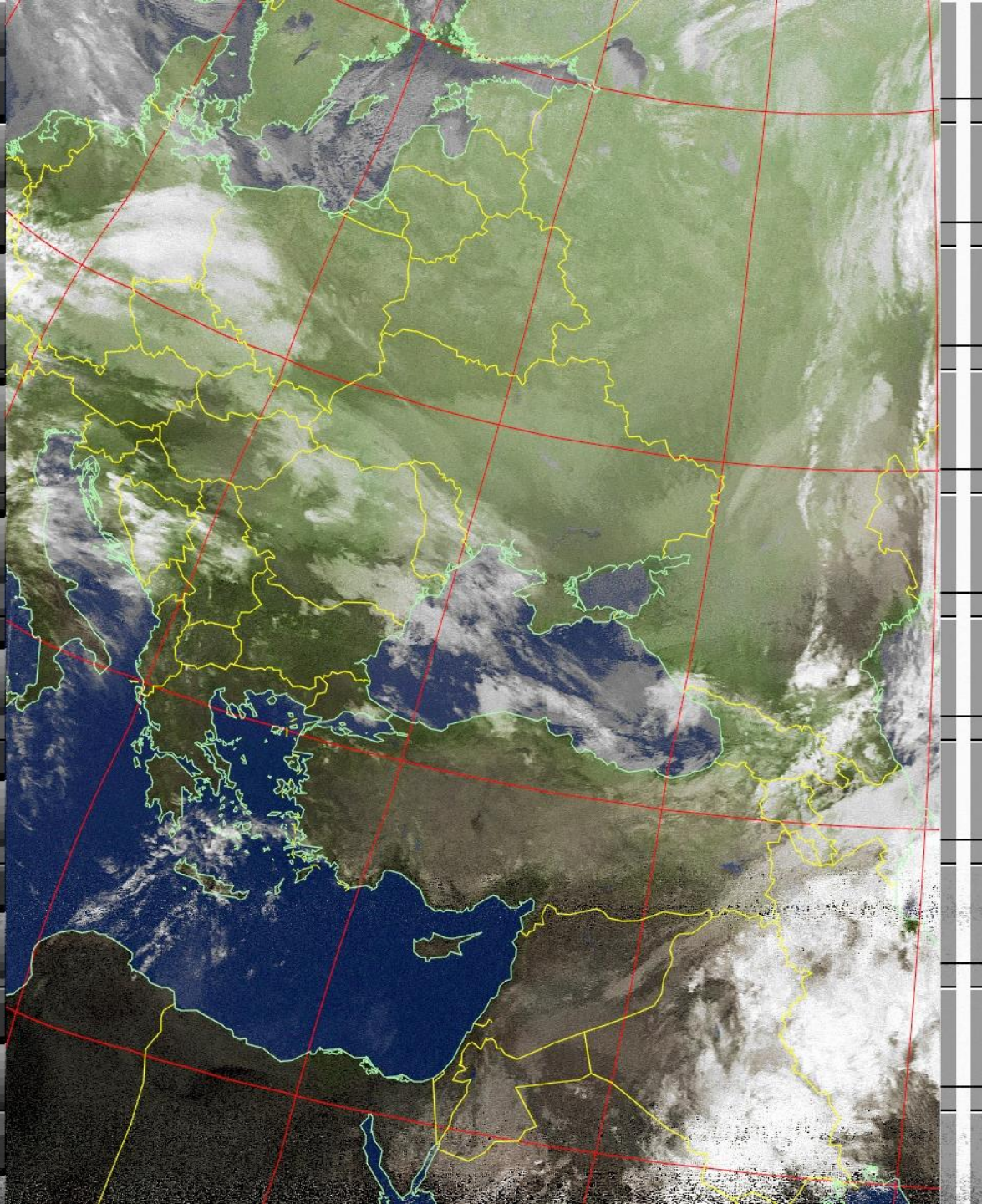
Gennaio 2021



Gennaio
2021



Febbraio 2021



Febbraio 2021

05/02/2021 ore 17.01

Link utili

Stato dei satelliti NOAA: <https://www.ospo.noaa.gov/Operations/POES/status.html#noaa19>

Storia e ricezione dei satelliti meteo: <http://www.aripescara.org/satelliti%20meteo.htm>

Dipolo a V per ricezione: <https://www.rtl-sdr.com/simple-noaameteor-weather-satellite-antenna-137-mhz-v-dipole/>

Antenna QFH: <http://www.radioamatoripeligni.it/i6ibe/qfh/qfh.htm>

Preamp professionale: <https://www.jghitechnology.com/it/home/48-noaa-meteor-meteo-satellite-137.html>

Preamp a basso costo: <https://www.ebay.it/itm/Low-Noise-Amplifier-Broadband-Module-Receiver-for-Ham-Radio-LNA-50-4000MHz/233779695576?hash=item366e5b0fd8:g:WeUAAOSwBthfrOxD>

Chiavetta SDR: https://www.ebay.it/itm/RTL-SDR-Blog-V3-RTL2832U-1PPM-TCXO-HF-BiasT-SMA-Software-Defined-Radio/272411458376?ssPageName=STRK%3AMEBIDX%3AIT&_trksid=p2060353.m1438.l2649

Raccolta script: <https://www.iu2frl.it/category/radioascolto/noaa/>

Grazie

Grazie per l'attenzione!

73 de IU2FRL!



<https://www.iu2frl.it/>