

***Studio amatoriale di
satellite availability in
banda X***

di


Pierluigi Poggi IW4BLG



**Obiettivo di questa chiacchierata non
è di insegnare nulla ad alcuno..**

ma..

**raccontare di un interessante e
piacevole studio che ho sviluppato
negli anni passati**

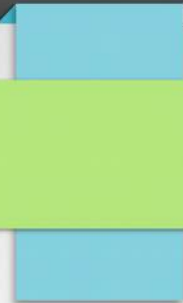



Come tutto cominciò...



**Correva l'anno 2009, quando fui
chiamato dall'università di Tor
Vergata (Roma) a sostenere una
lezione sui satelliti d'amatore di
fronte agli studenti di
Masterspazio*...**

***Masterspazio: corso post laurea di specializzazione in
comunicazioni via satellite**



Tutti i dati presentati a quel tempo provenivano da letteratura “generica” e da una serie di logiche e personali deduzioni, dato che ben poco è disponibile come informazioni “open”

Ovviamente, la materia è studiata da decenni per uso commerciale, ma i relativi dati non sono in genere diffusi al pubblico

Quindi... perché non provare a colmare la lacuna con un approccio amatoriale, a basso costo?

L'idea...

“Beacon volante”



Ground station





Ma...

dove trovare un noto, stabile ed affidabile trasmettitore nello spazio?

Requisiti desiderati/richiesti:

- 1) Posizione “stabile” nel cielo, così da non doverlo inseguire e averlo disponibile 100% del tempo**
- 2) Impiego di una frequenza prossima ad una banda amatoriale assegnata anche al traffico d'amatore via satellite, in modo da poter facilmente proiettare i risultati nel nostro campo**
- 3) Frequenza nota e stabile**
- 4) Potenza d'uscita (ERP) nota e stabile**
- 5) Noto e stabile footprint**
- 6) Nota e stabile polarizzazione**
- 7) Capace di produrre in condizioni standard un buon S/N su un ricevitore di tipo amatoriale**



La soluzione a portata di mano:

Molti, se non tutti, i satelliti TV hanno uno o più beacon a bordo, quindi..

...perchè non provarci?

Il primo tentativo: la costellazione HotBird

1) Posizione “stabile” nel cielo: **SI**

2) Impiego di una frequenza prossima ad una banda amatoriale assegnata anche al traffico d'amatore via satellite: **SI**

3) Frequenza nota e stabile: **nota SI, ma ogni tanto cambia e la stabilità non è dichiarata**

4) Potenza d'uscita (ERP) nota e stabile: **stabilità non dichiarata, i rilievi mostrano che ogni tanto i beacon vengono spenti o inviano telemetria**

5) Noto e stabile footprint: **YES**

6) Nota e stabile polarizzazione: **YES**

7) Capace di produrre in condizioni standard un buon S/N su un ricevitore di tipo amatoriale: **SI, bastano 60cm di parabola e un LNB commerciale per avere >20dB S/N**

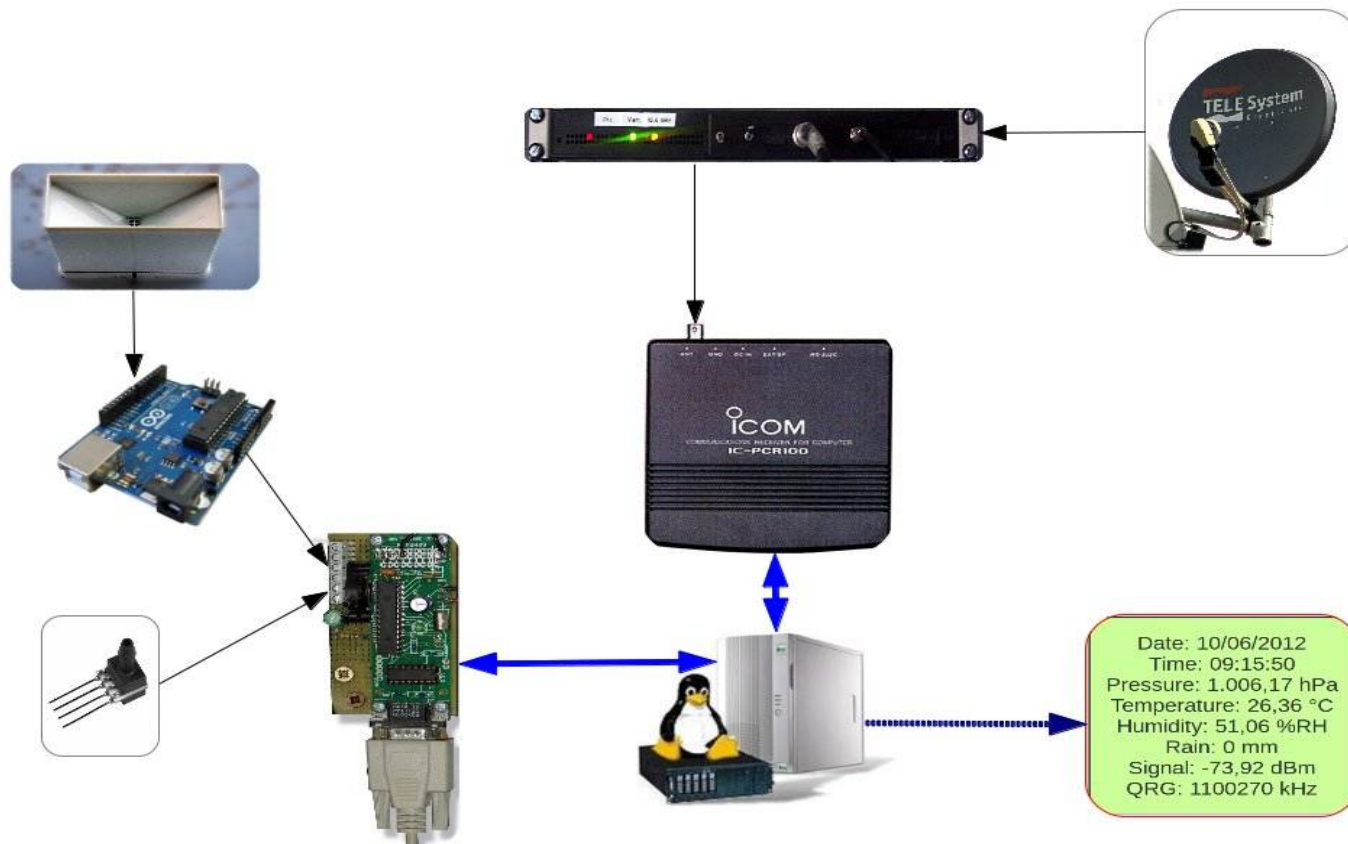
Il secondo tentativo: la costellazione Hyspasat

- 1) Posizione “stabile” nel cielo: **SI, Az220°, El23°**
- 2) Impiego di una frequenza prossima ad una banda amatoriale assegnata anche al traffico d'amatore via satellite: **SI, 11700MHz**
- 3) Frequenza nota e stabile: **SI, pura portante continua in banda X (11,7GHz), tutte le specifiche di potenza e stabilità sono disponibili in rete**
- 4) Potenza d'uscita (ERP) nota e stabile: **SI, (web)**
- 5) Noto e stabile footprint: **SI, (web)**
- 6) Nota e stabile polarizzazione: **SI, (web)**
- 7) Capace di produrre in condizioni standard un buon S/N su un ricevitore di tipo amatoriale: **SI, con 40cm di parabola e un LNB commerciale >20dB S/N**
- 8) Bassa elevazione: percorso in atmosfera più lungo

Quali fenomeni che possiamo misurare “a casa” possono interferire col segnale nel suo percorso dallo spazio a Terra?

- **Pressione atmosferica** (*hPa*)
- **Temperatura aria** (*°C*)
- **Umidità relativa (assoluta)** (*RH%*)
- **Pioggia (idrometeore)** (*mm / h*)

La mia “ground station”





Il data logger: un PC con Linux

In realtà, tutto iniziò con un vecchio i386/16 col DOS 5.0 e il codice scritto in C++ Borland

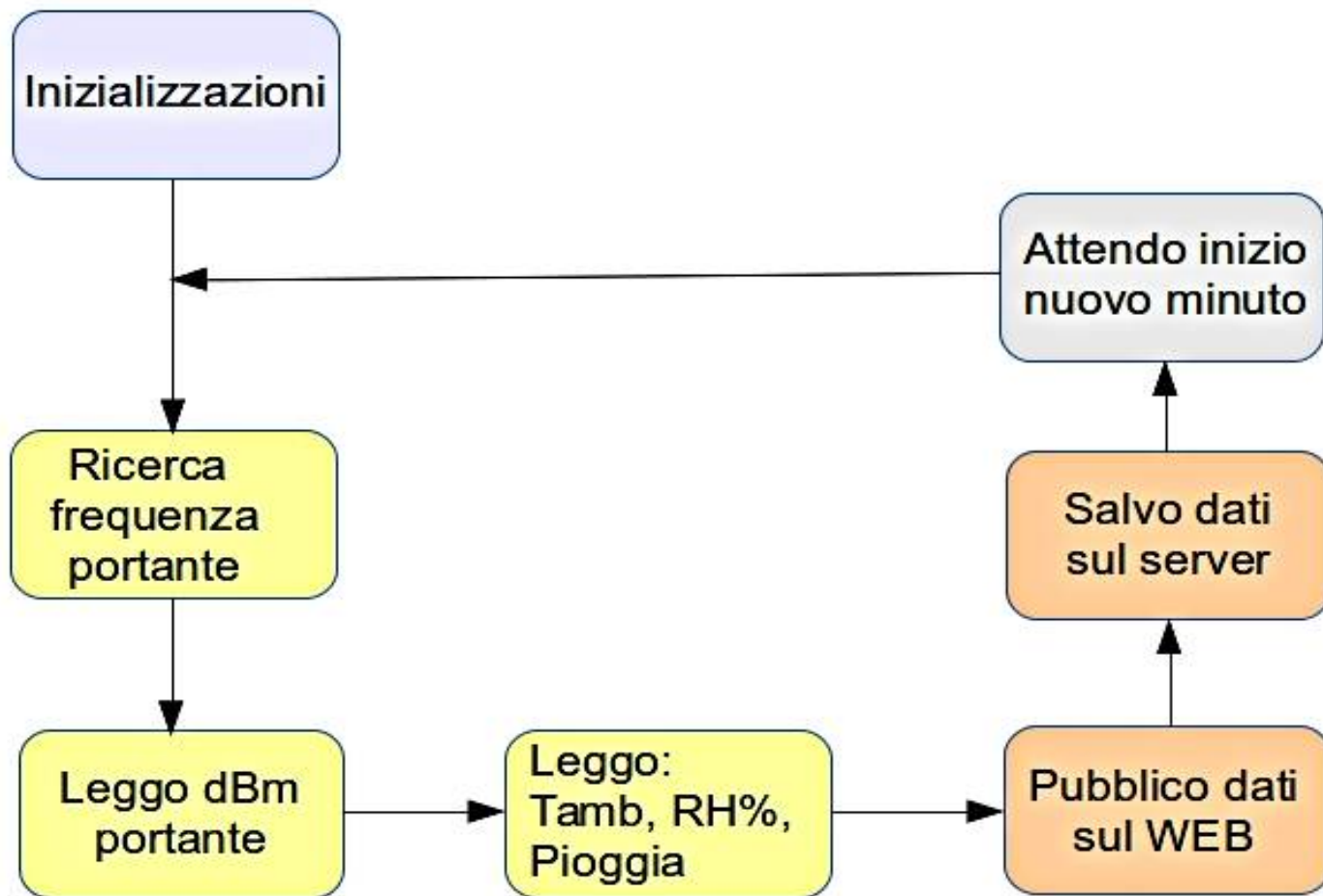


Poi, ho “modernizzato” la postazione, con un “top-performer” quale un P3/800 con Debian 6.0.4 e codice scritto in PHP da Piero IZ1ERR





Il codice





Che cosa si ottiene?

Una lunga sequenza di stringhe di dati, come ad esempio questa:



```
"Data" "Time" "dBm" "dBm_ave" "i" "kHz" "MT"" "hPa" "°C" "RH%" "Rain"
```

```
04/01/2012 14:10:50 -72,26 -72,28 19 1100712 75671 1013,22 6,49 78,76 0,08
```

```
04/01/2012 14:11:50 -72,26 -72,28 20 1100712 75731 1013,48 6,47 78,77 0,13
```

```
04/01/2012 14:12:50 -72,26 -72,28 20 1100712 75791 1013,62 6,49 78,65 0,11
```

**In altre parole.. 525600 righe di
dati per solo UN anno di
registrazioni...**



Come analizzare una tal mole di dati?

I fogli elettronici convenzionali vanno rapidamente in crisi, ovvero diventano lentissimi..

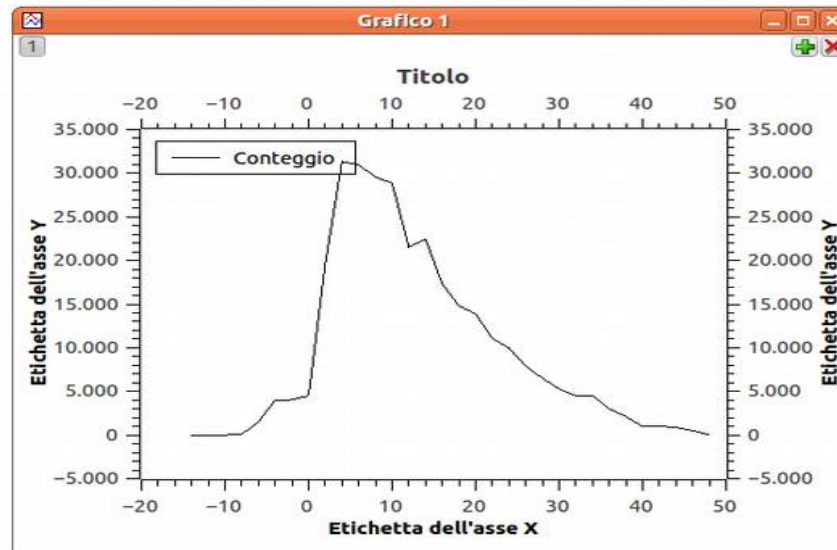
Una buona soluzione, efficace, facile da usare e gratuita è:

QtiPlot

QtiPlot è capace di calcolare rapidamente e con un semplice click tutti i parametri statistici di una popolazione di dati

[10 Jun 2012 15:27:26 "Totale"]
 Statistiche su Totale_C:
 Media = 12,8727915831465
 Deviazione standard = 9,5952960236310
 Mediana = 10,8100000000000
 Numero di campioni = 302821

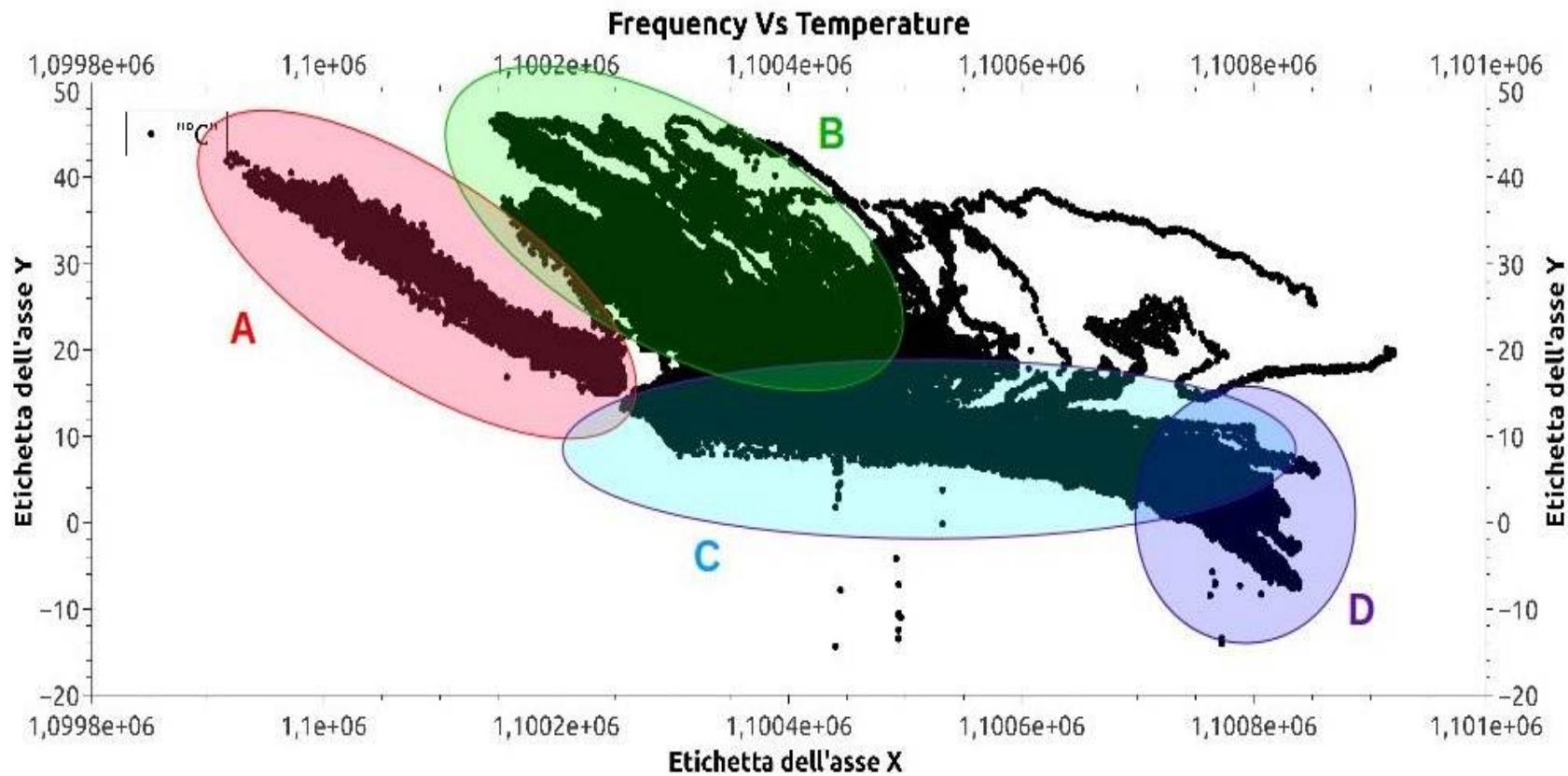
BinCtr - centr	Conteggio [Y]	BinEnd - fine i	Sum - totale ir
1	7	-14	7
2	1	-12	8
3	3	-10	11
4	86	-8	97
5	1.531	-6	1.628
6	3.984	-4	5.612
7	4.036	-2	9.648
8	4.507	0	14.155
9	19.649	2	33.804
10	31.339	4	65.143
11	30.970	6	96.113
12	29.563	8	125.676
13	28.865	10	154.541
14	21.547	12	176.088
15	22.454	14	198.542
16	17.319	16	215.861
17	14.804	18	230.665
18	13.881	20	244.546
19	11.083	22	255.629
20	9.966	24	265.595
21	7.900	26	273.495
22	6.517	28	280.012
23	5.278	30	285.290
24	4.516	32	289.806
25	4.492	34	294.298
26	3.016	36	297.314
27	2.117	38	299.431
28	983	40	300.414
29	1.038	42	301.452
30	858	44	302.310
31	500	46	302.810
32	11	48	302.821

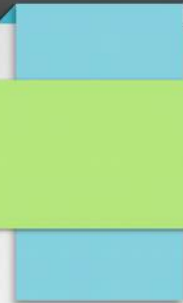



Quindi, un po' di statistiche...

	<i>Min</i>	<i>Media</i>	<i>Max</i>	<i>Max-Min</i>
Rx dBm	-92,1	-73,14	-70,2	21,9!
QRG kHz (+10,6GHz)	1099773	1100467	1100920	1147
Pressione atm. hPa	982	1013,9	1036	54
Temperatura aria °C	-14,3	15,7	47,4	61,7
Umidità relativa RH%	23,9	61,4	84,5	60,6
Precipitazioni mm/h	0	0,29	101	n.a.

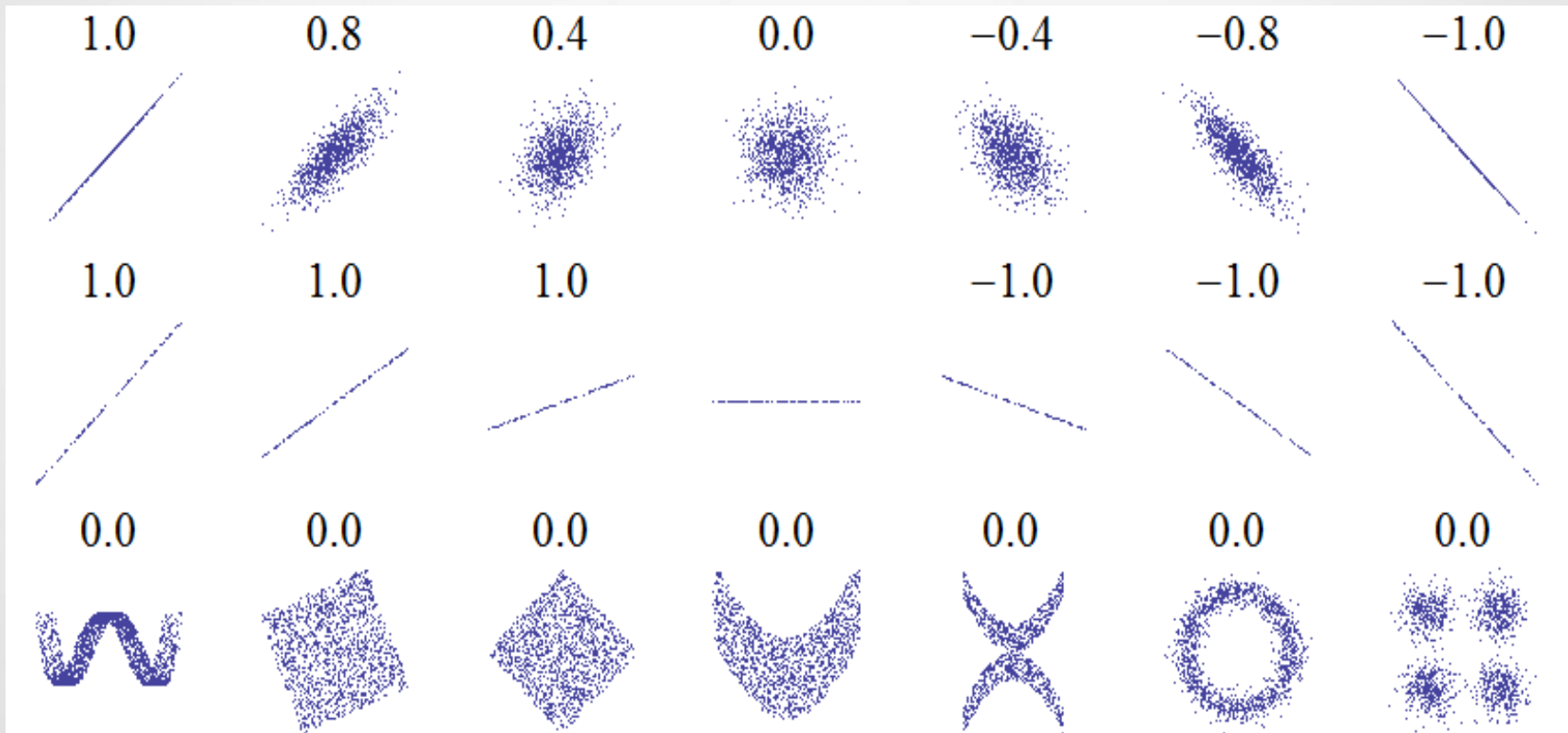
Frequenza Vs Temperature: il drift dell'OL

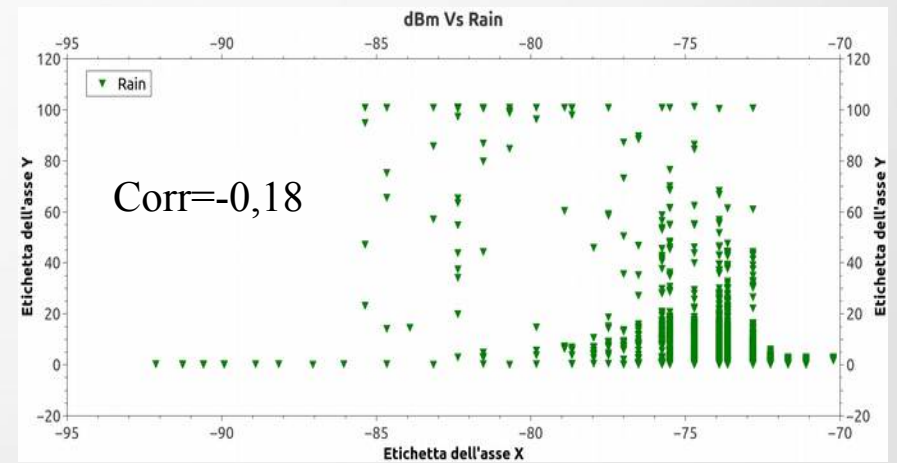
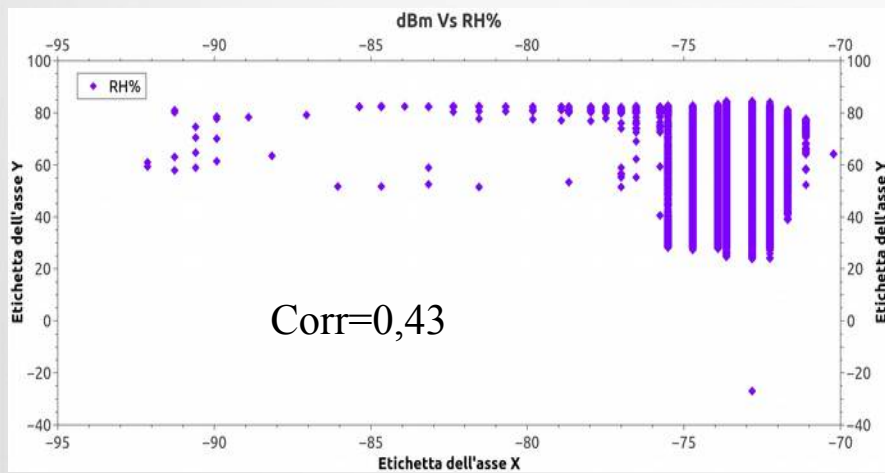
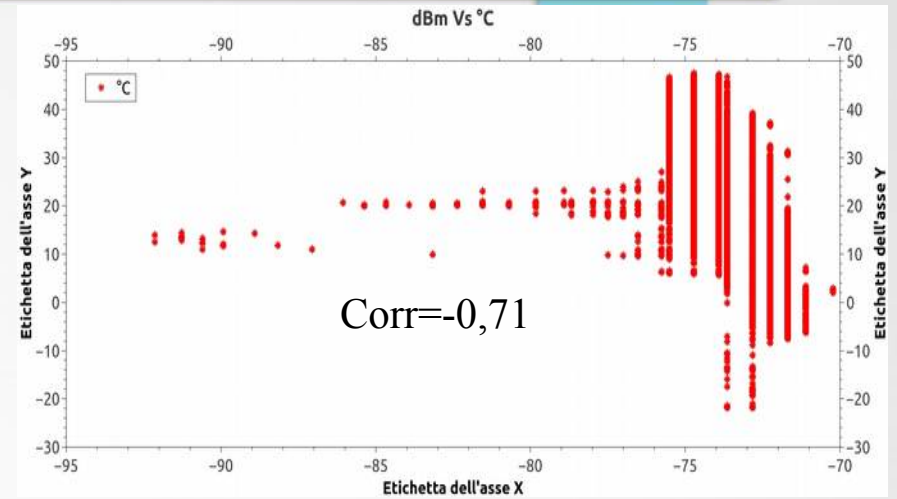
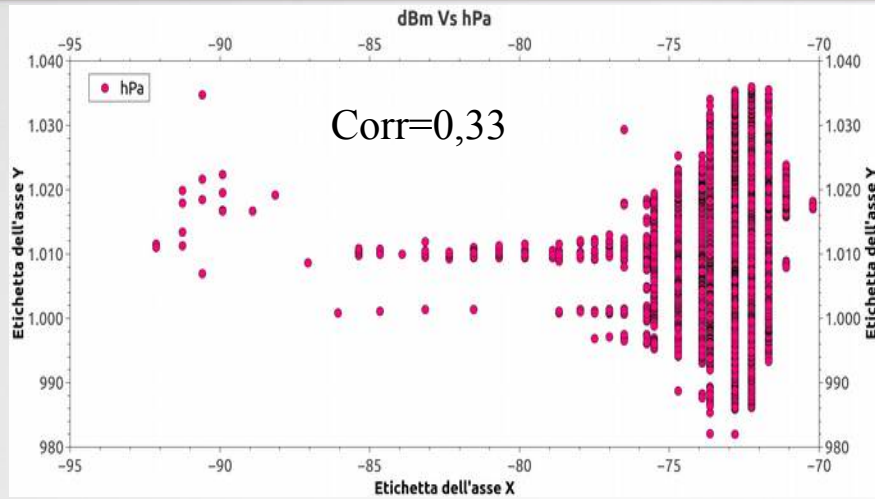




**Ma, come possiamo capire
“chi è responsabile di cosa”?
Un buon metro in questi casi è il:
*fattore di correlazione..***

Il fattore di correlazione: un rapido indicatore di “legame lineare” fra variabili





Segnale Vs Pressione Atmosferica
nessuna o molto piccola correlazione,
come atteso

Segnale Vs Temperatura:
chiara correlazione, dovuta al drift
del guadagno del LNB
 $K = -0,11 \text{ dB}/^\circ\text{C}$

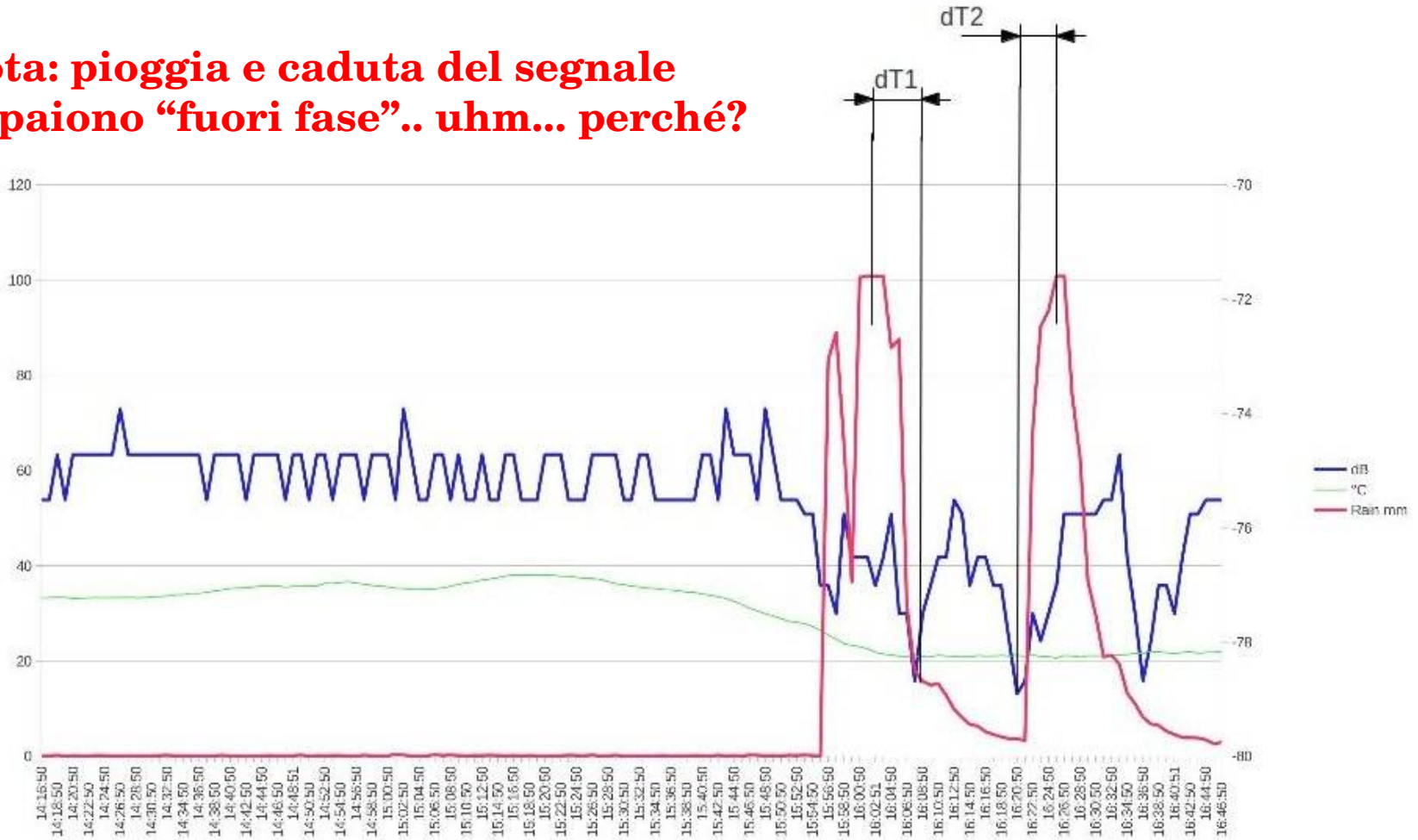
Segnale Vs Uminidità Relativa:
bassa correlazione, probabilmente
mascherata dalle instabilità della
catena di misura

Segnale Vs PIOGGIA:
Apparentemente nessun legame..
MA NE SIAMO SICURI?

Segnale Vs pioggia:

Apparentemente non c'è correlazione, ma..
NE SIAMO VERAMENTE SICURI?

**Nota: pioggia e caduta del segnale
appaiono “fuori fase”.. uhm... perché?**

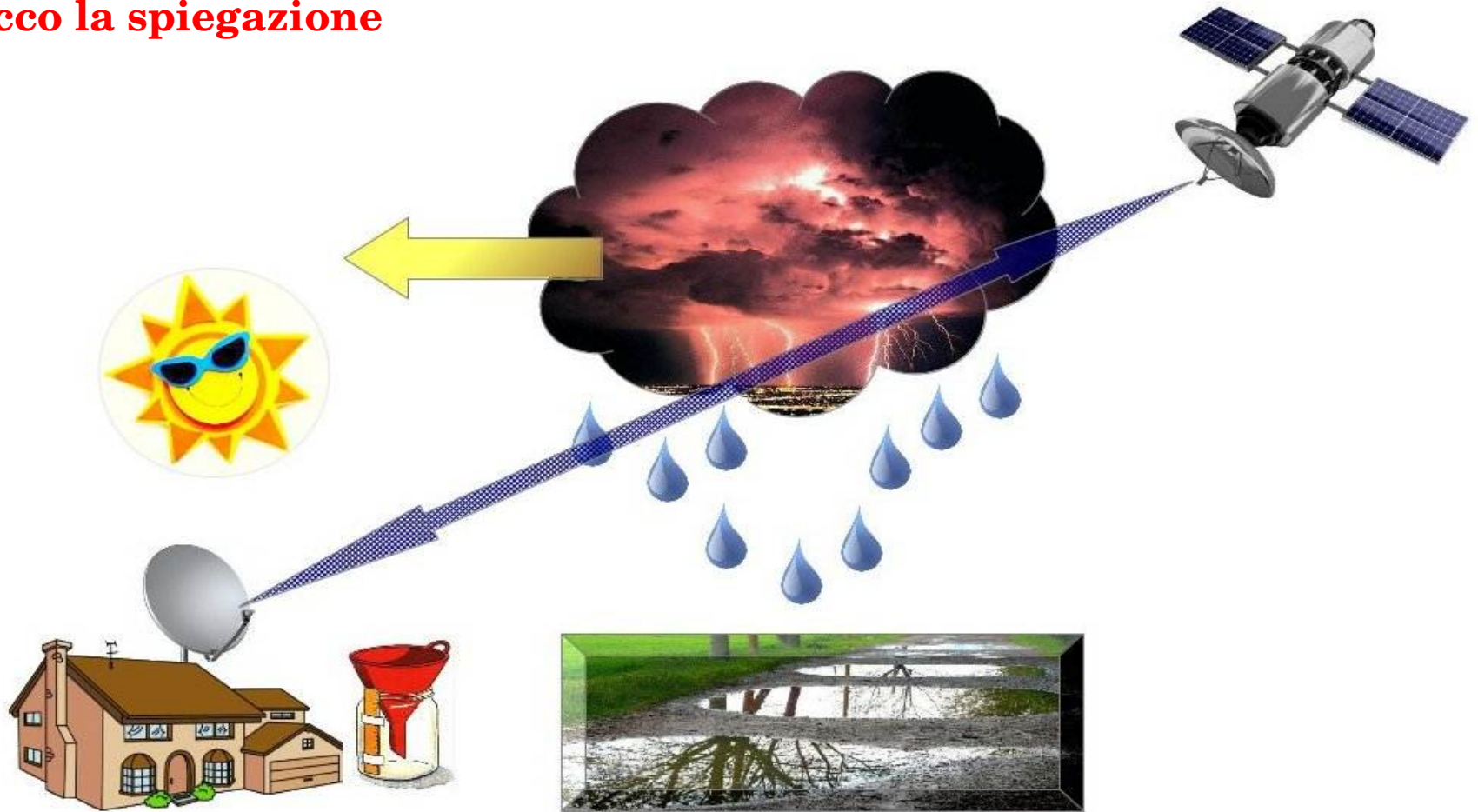


Segnale Vs pioggia:

Apparentemente non c'è correlazione, ma..

NE SIAMO VERAMENTE SICURI?

Ecco la spiegazione



Quindi, qual è la disponibilità del satellite? (riferita al best case)

Signal level	% Time	Minutes/year	Cumulative time with signal lower than (minutes/year)
0..-3dB	8,7	45500	525610
-3..-6dB	91	478139	480100
-6..-9dB	0,35	1820	1961
-9..-12dB	0,01	54	141
-12..-15dB	0,0077	41	87
-15..-18dB	0,0041	22	46
-18..-21dB	0,00077	5	24
-21..-24dB	0,0036	19	19

Finora abbiamo visto risultati per un determinato puntamento nel cielo. Ma che accadrebbe nelle altre direzioni?

Il solo, o meglio il principale, fenomeno che incide sull'entità del segnale in banda X è la pioggia

Uno studio serio e completo è sicuramente complicato, **MA, SE possiamo considerare:**

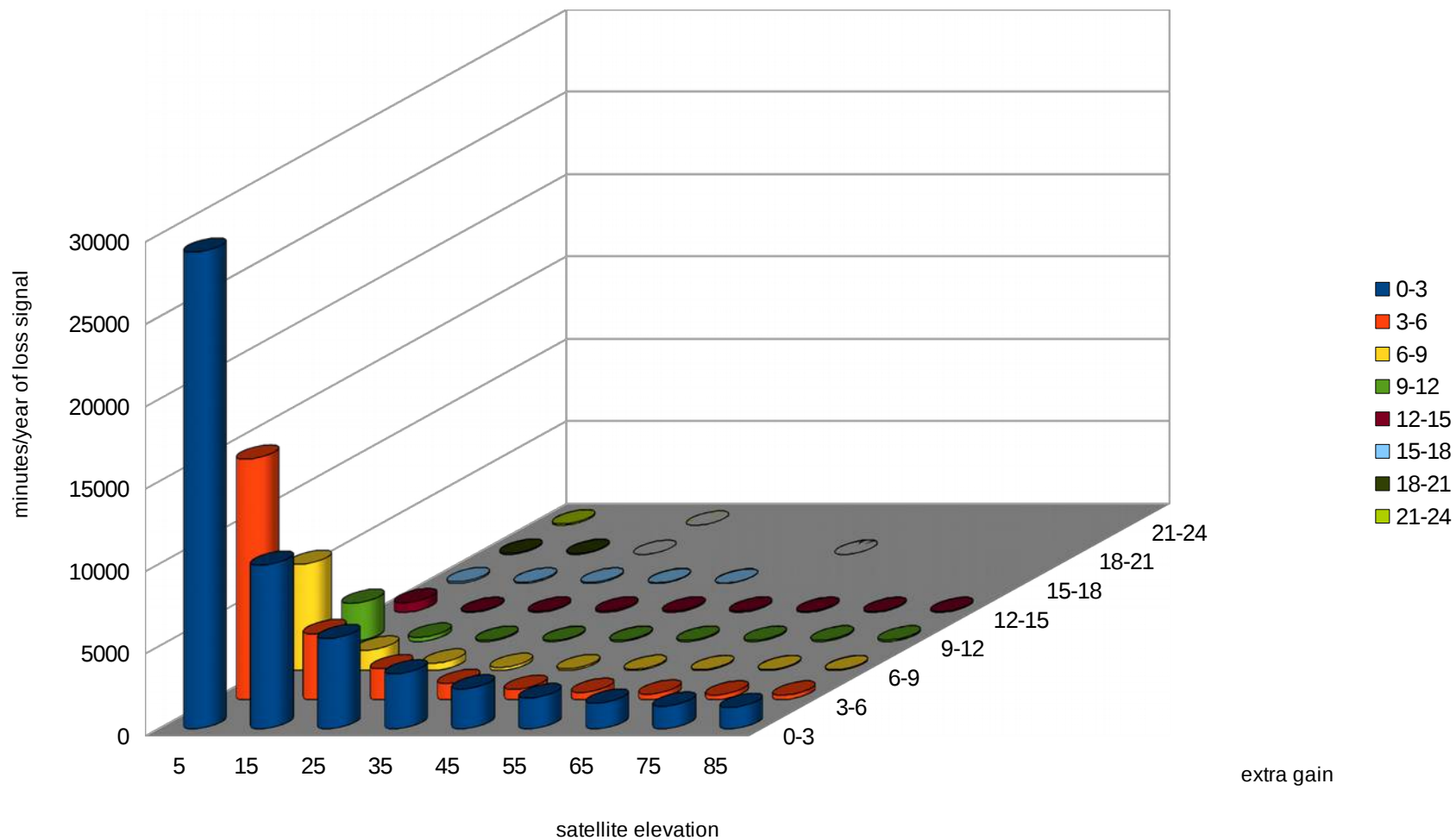
- **Pioggia generata a circa 6000m di quota**
- **Tasso di precipitazione e dimensione delle gocce circa costante da cielo a terra**

Allora, possiamo stimare la satellite availability a varie elevazioni come segue...

Ma che accadrebbe nelle altre direzioni?

Extra-Margine dB VS perdita di segnale (minuti/Year) ed elevazione

	0-3	3-6	6-9	9-12	12-15	15-18	18-21	21-24
5			22656	2733	406	102	58	30
15		7329	1052	178	75	43	22	20
25	14557	1943	296	89	53	26	21	0
35	5154	750	141	69	38	21	18	0
45	2918	433	104	59	30	21	11	0
55	1930	294	89	52	26	21	0	0
65	1440	228	81	48	24	21	0	0
75	1205	198	77	45	23	21	0	0
85	1104	185	76	43	23	20	0	0



Bene.. e quindi? Che si fa ora?

- **Migliorare la precisione e sensibilità del sistema in modo da mettere in luce eventuali altre dipendenze ora mascherate dall'incertezza del sistema**
- **Studiare cosa realmente accade alla portante durante la pioggia: il livello medio cambia, ma cosa accade agli altri parametri?**
- **Verificare l'esistenza di legami non lineari fra le variabili considerate**
- **Ridurre il consumo della ground station (>300kWh/anno ora!)**
- **Semplificare la ground station (ad esempio Arduino fa tutto?)**

Any questions?



