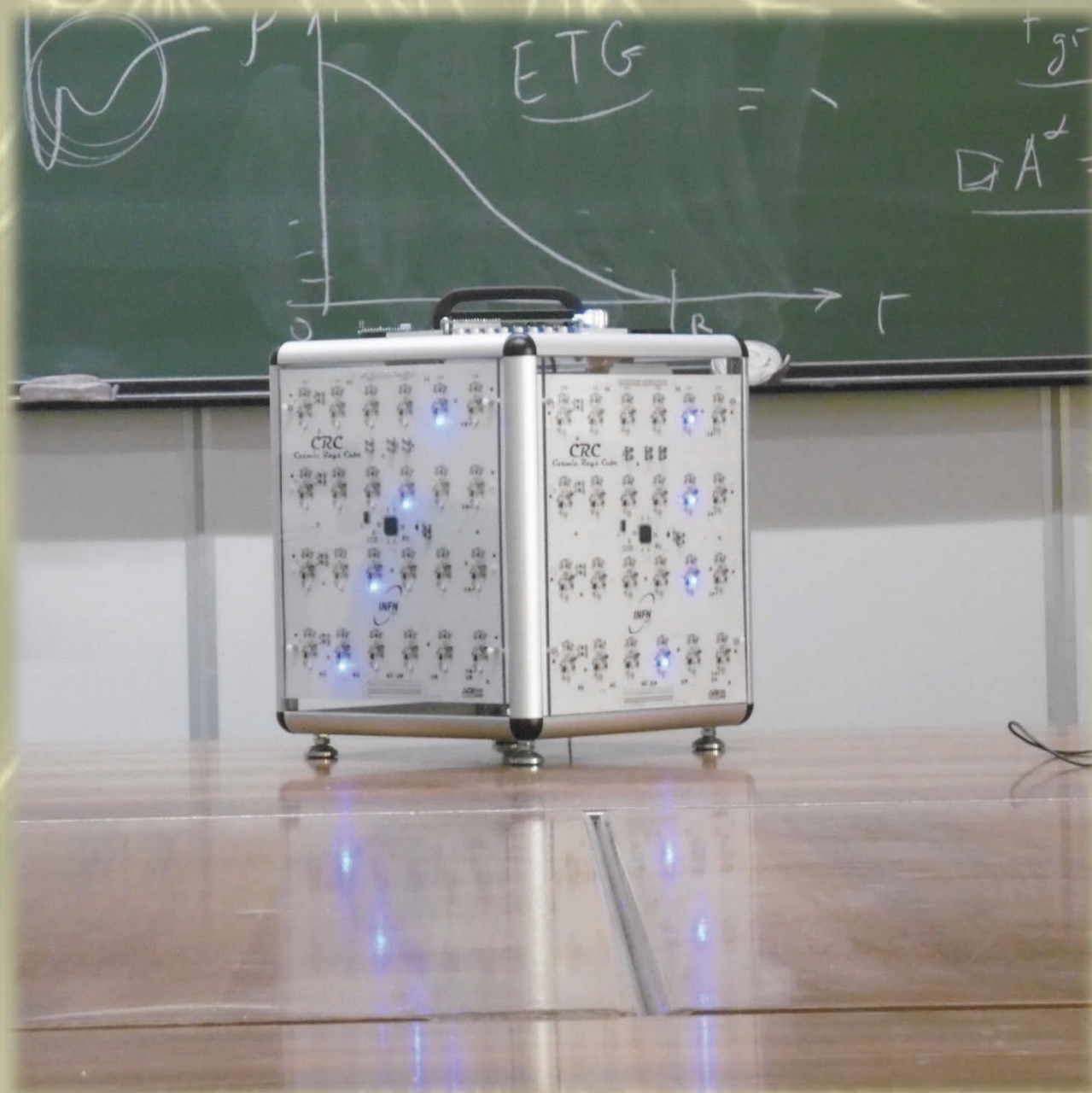


Osserviamo i Raggi Cosmici...



*Attanasio Candela
Laboratori Nazionali del Gran Sasso
ICD - 4 Novembre 2020*

Dove ci troviamo?

Laboratorio
di
Elettronica





OVEST

EST

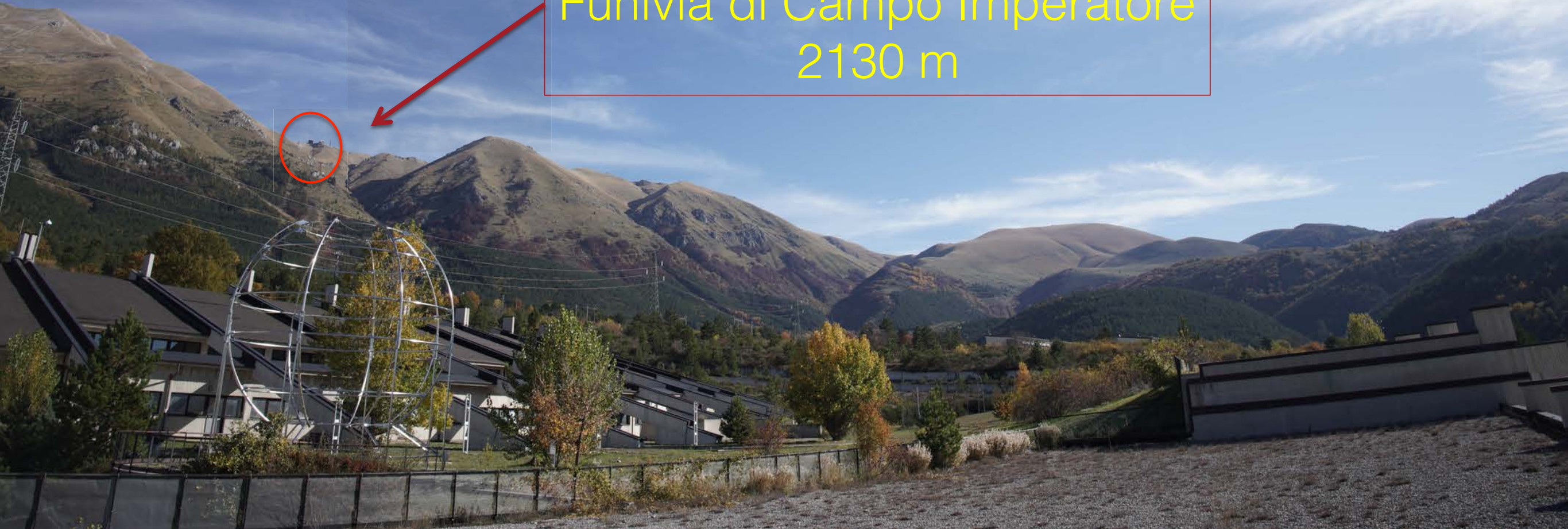
VISTA OVEST

Autostrada A24



VISTA EST

Funivia di Campo Imperatore
2130 m



Ma è possibile osservare i muoni?



Una particolare tecnologia ci permette di osservare i muoni



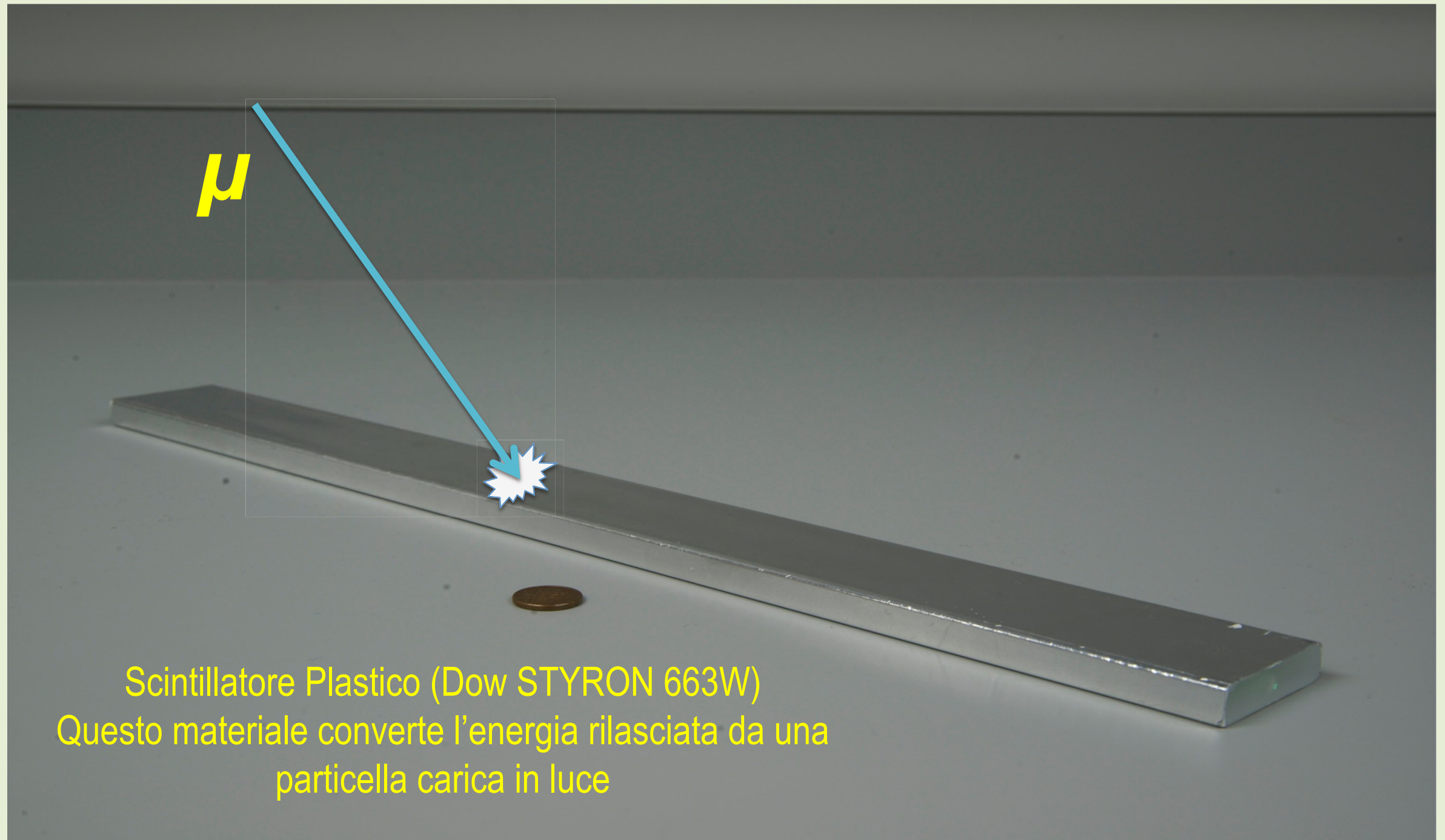
INFN

Laboratori Nazionali del Gran Sasso

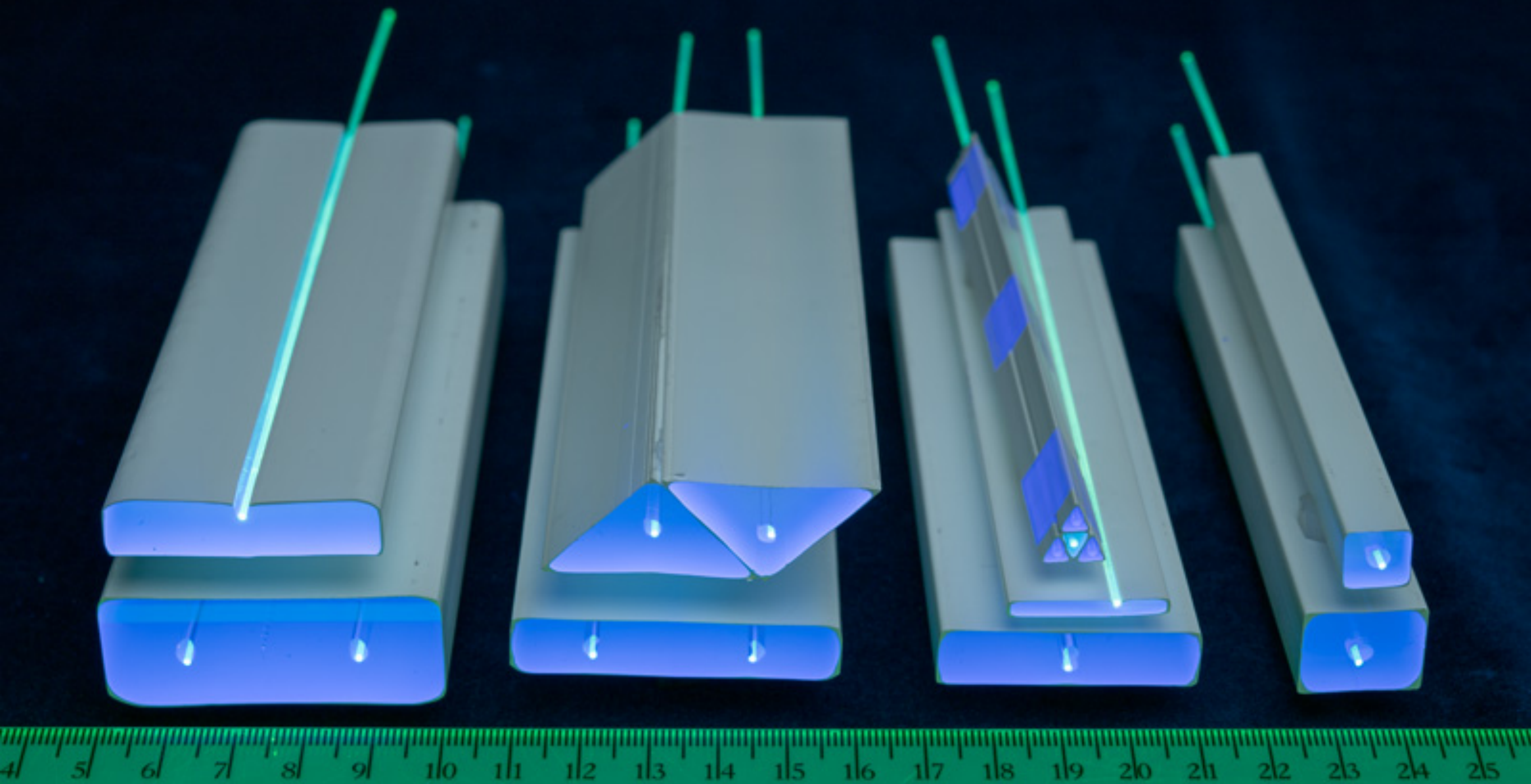
*Vediamo gli ingredienti per
realizzare un telescopio
per Raggi Cosmici*

LO SCINTILLATORE PLASTICO

- ✓ Lo scintillatore organico di tipo plastico estruso impiega polistirene in granuli, costo circa 2 \$/kg).
- ✓ Già dotato di materiale riflettente (biossido di titanio TiO_2).

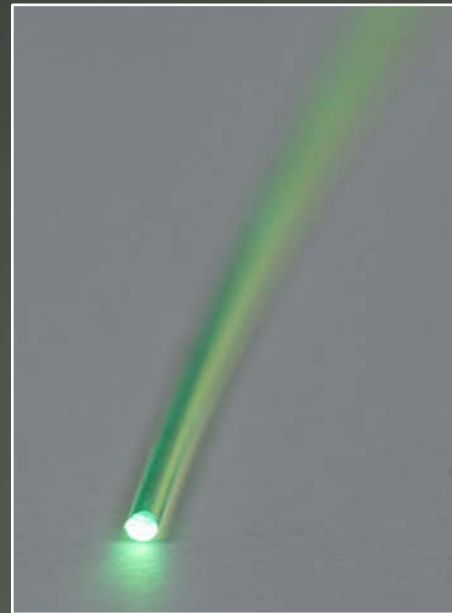


DIVERSE FORME DI SCINTILLATORE PLASTICO ESTRUSO

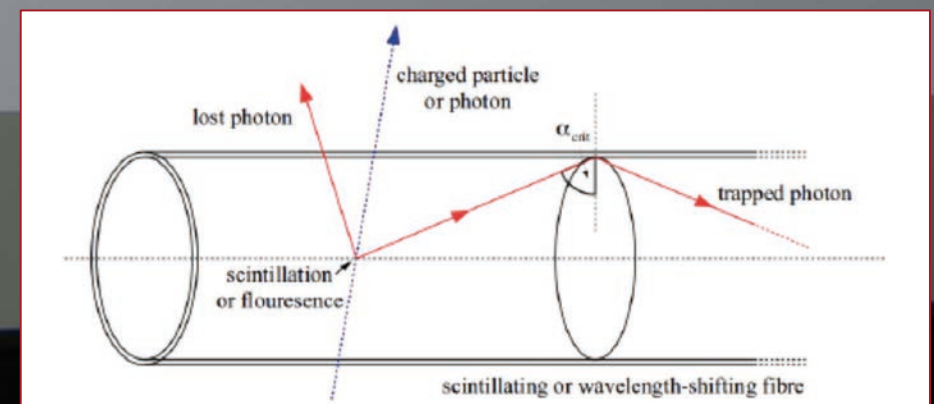
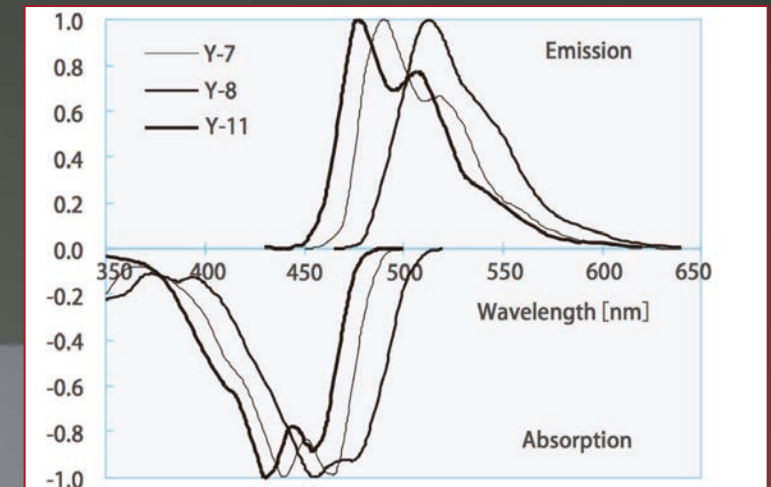


UN PARTICOLARE FIBRA

- ✓ Usiamo particolari fibre simili alle fibre ottiche, chiamate **WLS (Wave Length Shifter)**, in grado di raccogliere la luce in ogni punto dello scintillatore e convertirla in luce di diversa lunghezza d'onda (dal blu al verde).

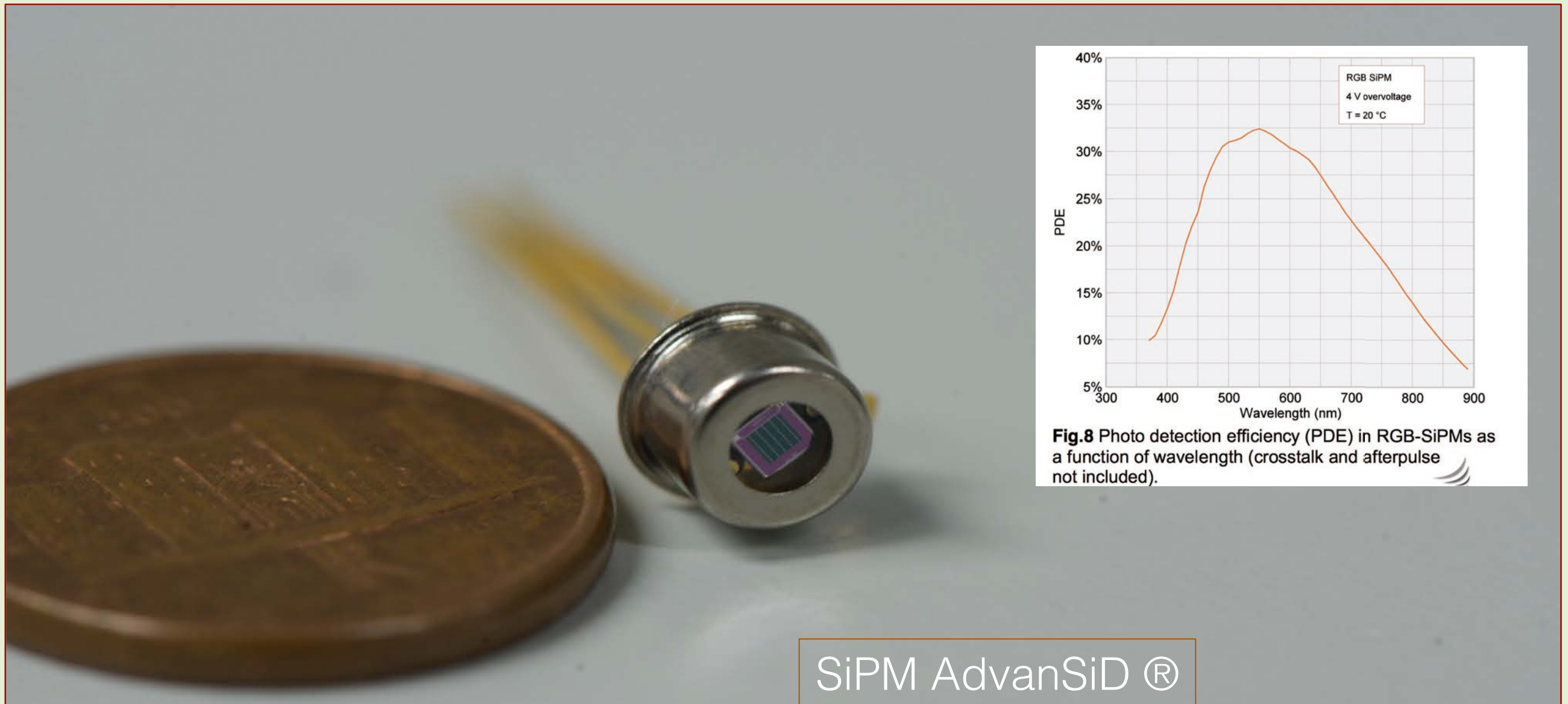


Wavelength shifter fibre
Kuraray Y-11 - 2 mm



COME LEGGERE LE FIBRE

- ✓ dispositivi in grado di convertire la luce raccolta dalle fibre in un segnale elettrico (*Silicon PhotoMultiplier* – SiPM).



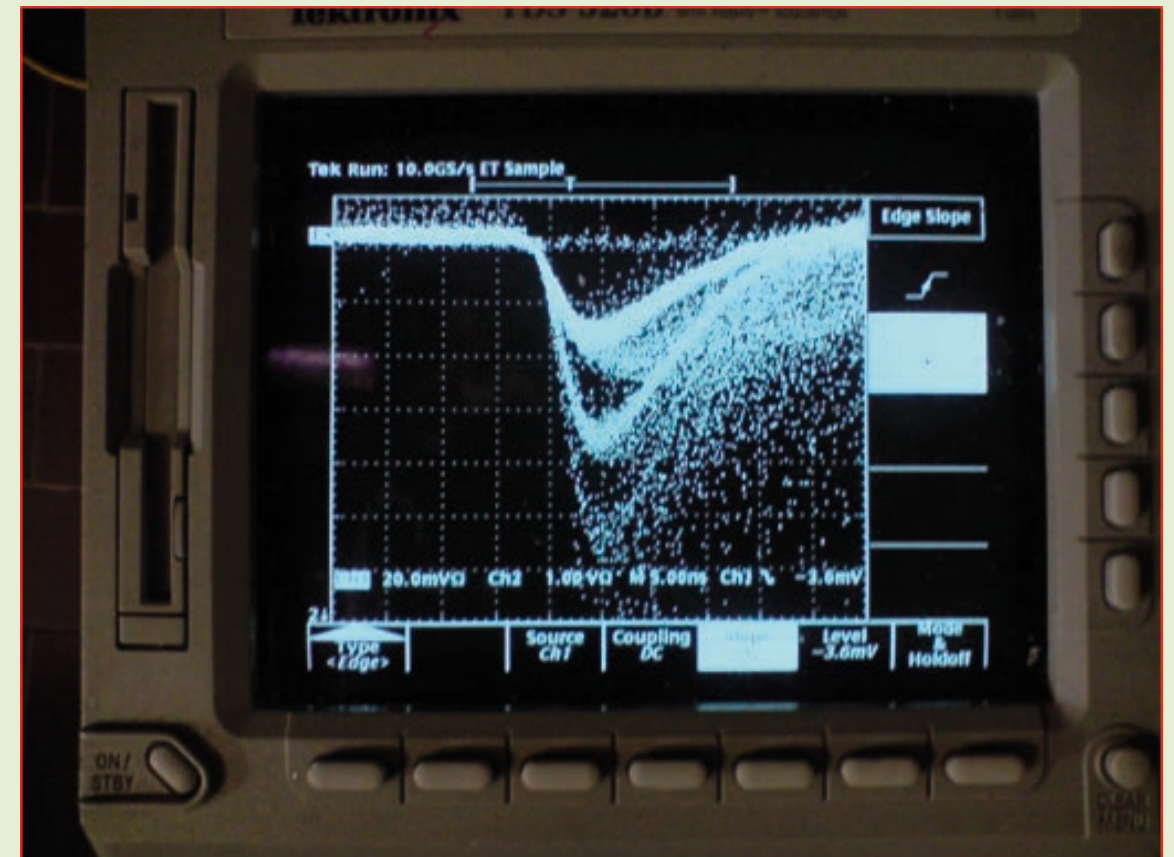
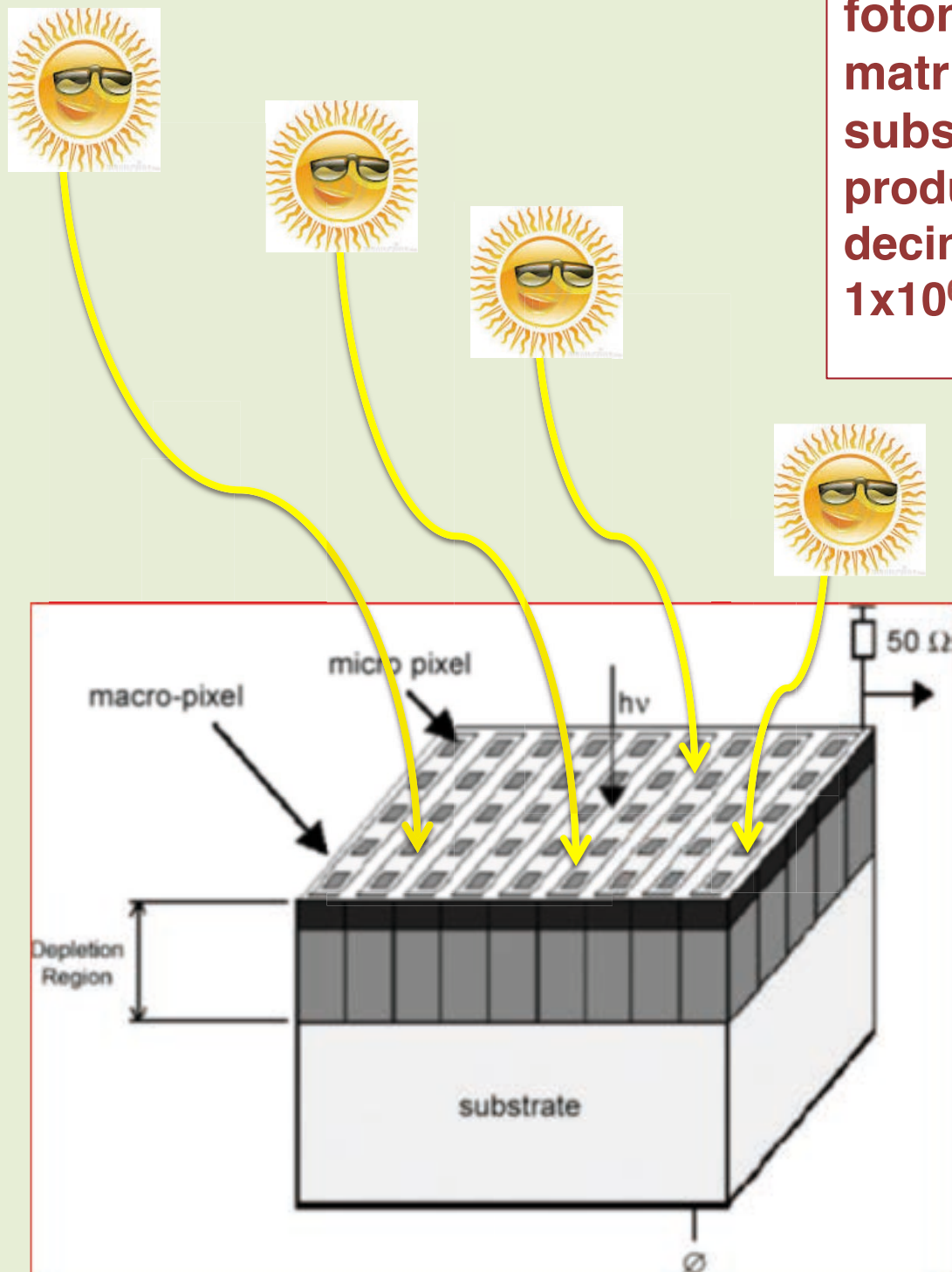
SiPM AdvanSiD ®

**SiPM characteristics: 1,13 mm² area, 40x40 μm² cell size, cells number: 673
gain: 2,7x10⁶, dark count: 200 kHz/mm², PDE: 32,5%, TO 18 metallic package**

COME FUNZIONA UN SiPM

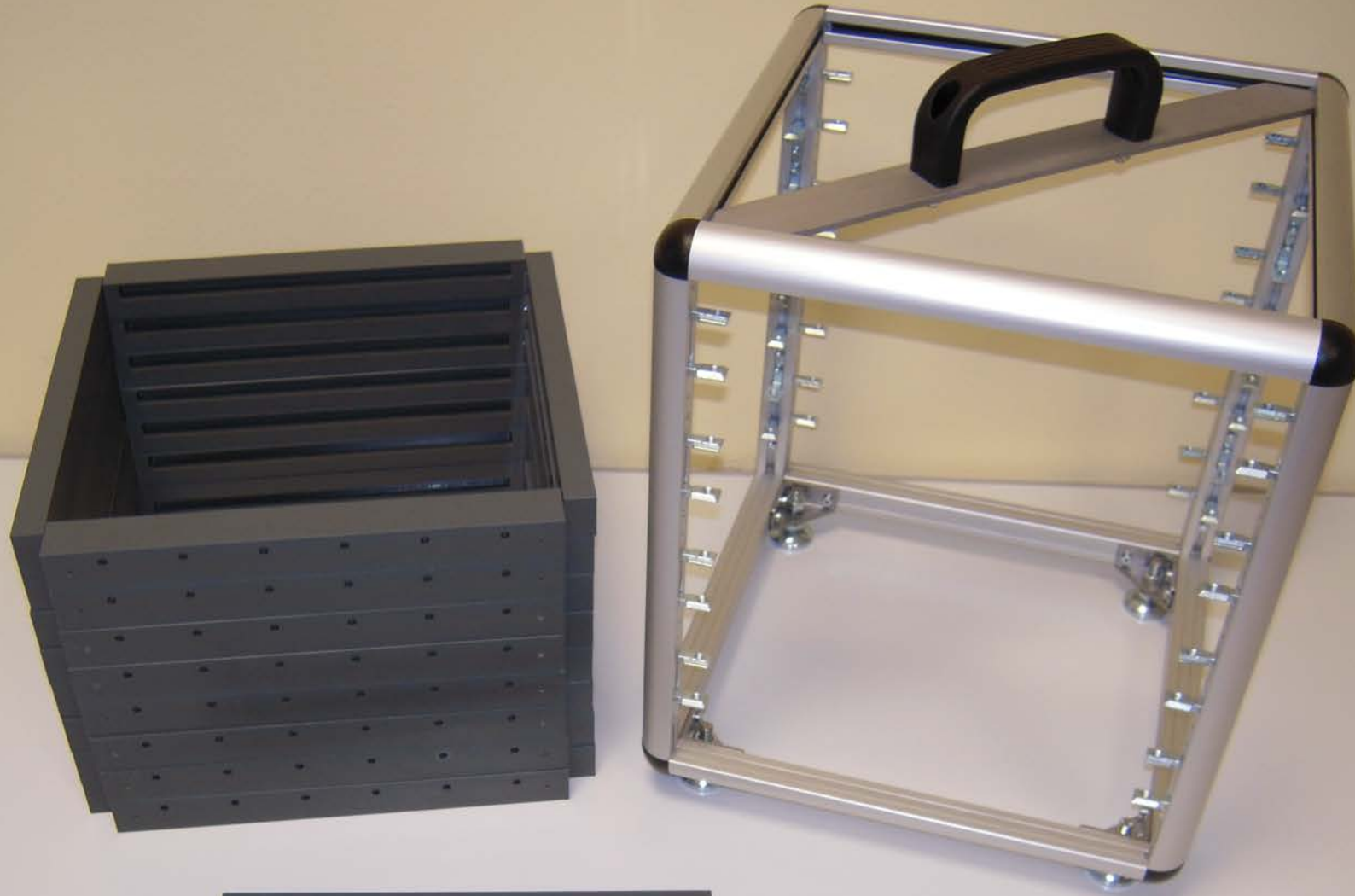


I SiPM sono dispositivi in grado di contare i fotoni. Sono essenzialmente realizzati con una matrice di diodi connessi in parallelo su un substrato di silicio. Quando rivelano 1 fotone producono un impulso di corrente della durata di decine di nanosecondi contenenti da 1×10^5 a 1×10^6 elettroni. Perciò un SiPM ha un guadagno!!!



Il segnale in uscita da un SiPM è la somma analogica dei segnali prodotti da ciascuna cella. Un SiPM perciò fornisce un segnale elettrico proporzionale al numero di fotoni incidenti.

REALIZZAZIONE PRATICA DEL TELESCOPIO



Frame di alloggiamento
dello scintillatore
e dei SiPM

Profilati di alluminio
di tipo commerciale

REALIZZAZIONE PRATICA DEL TELESCOPIO



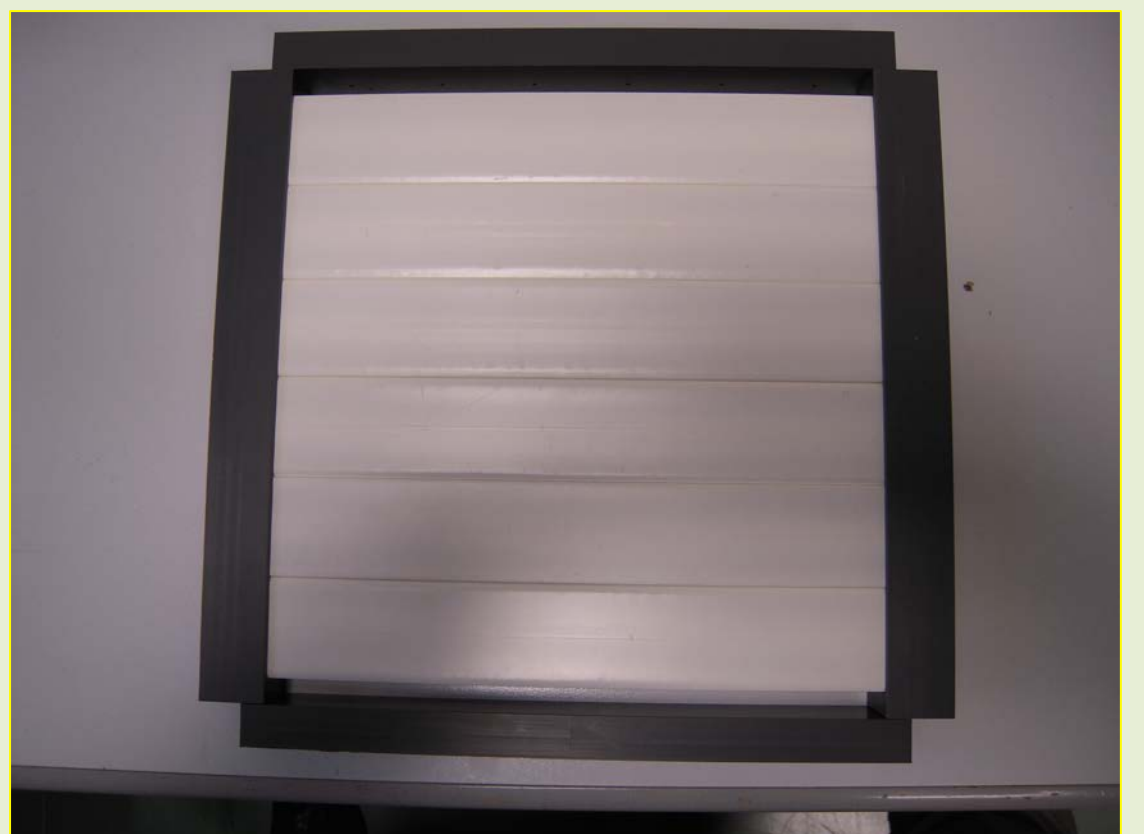
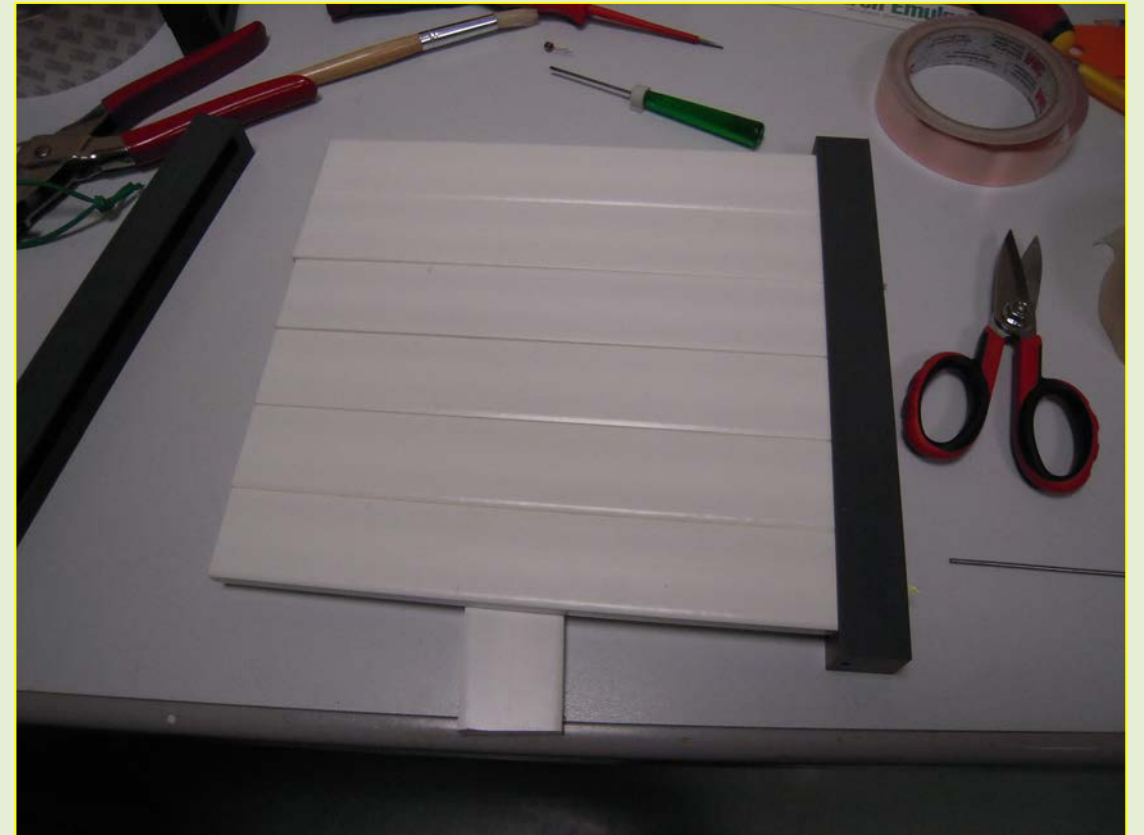
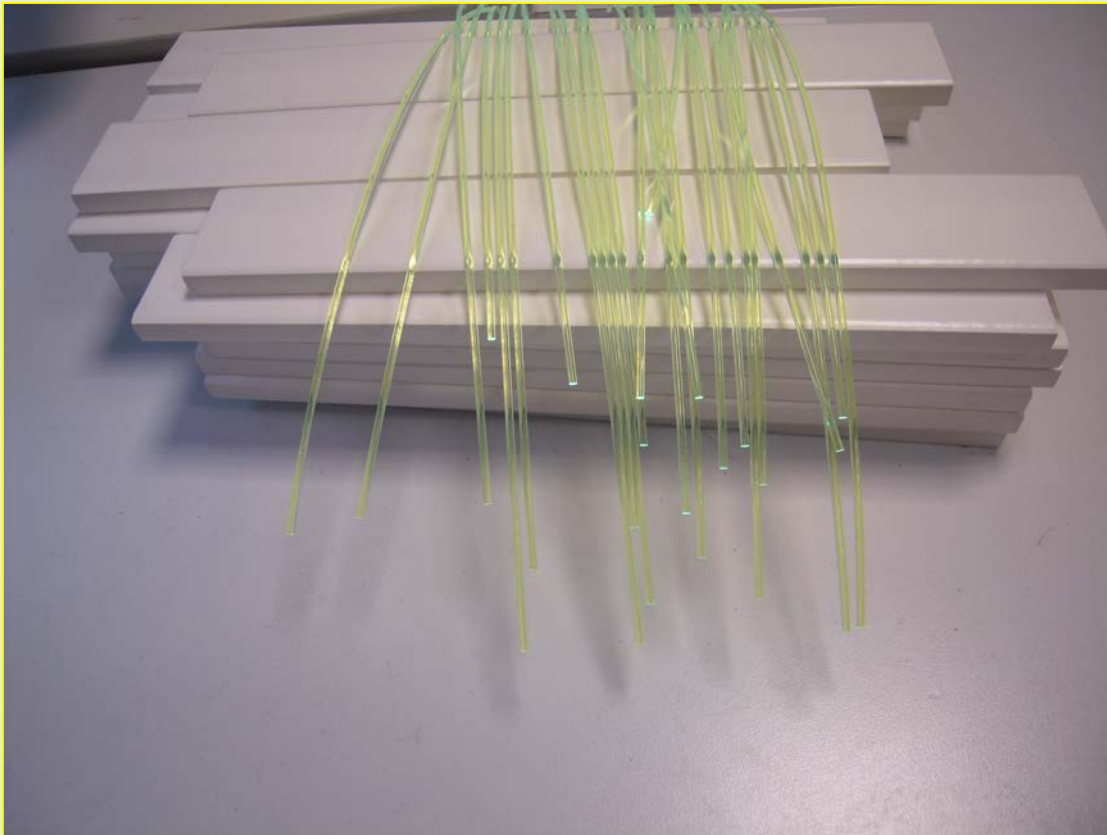
REALIZZAZIONE PRATICA DEL TELESCOPIO



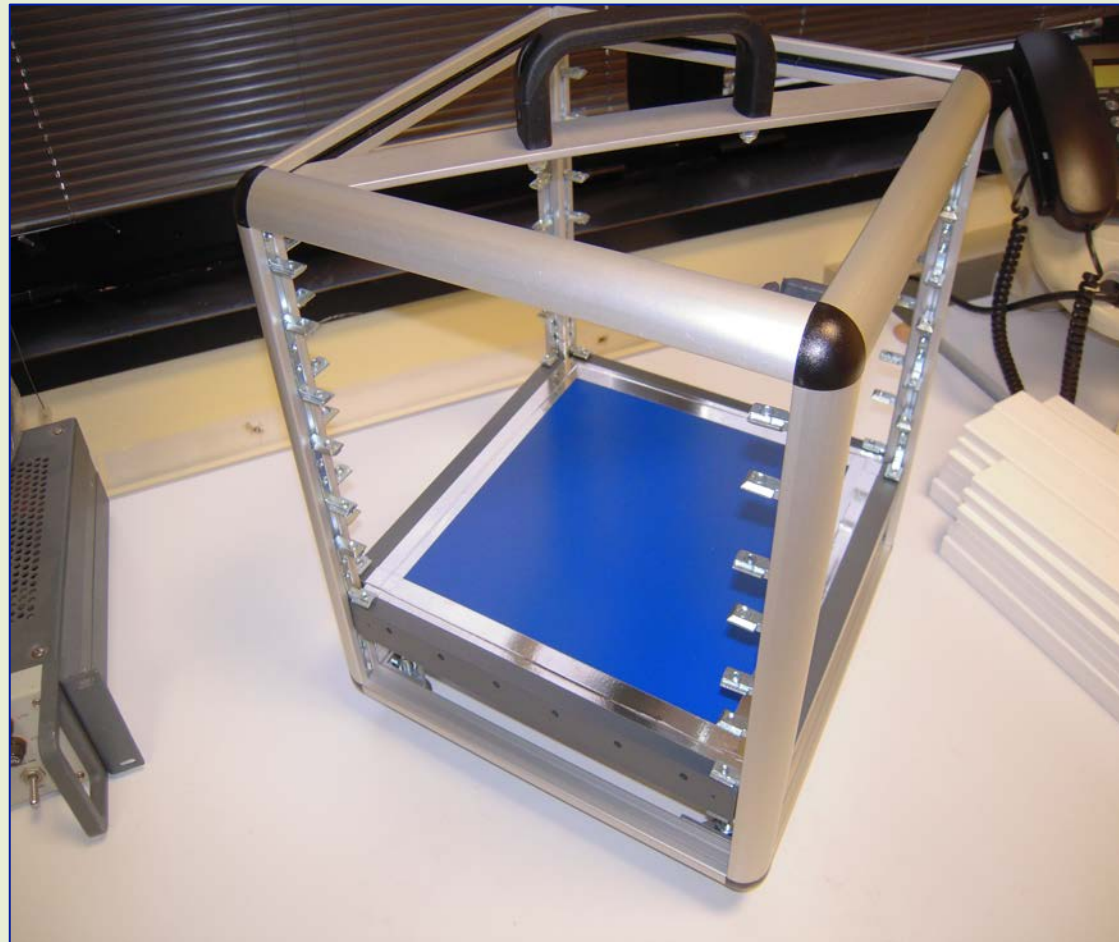
fori da 2,1 mm in cui si inserisce la WLS



REALIZZAZIONE PRATICA DEL TELESCOPIO



REALIZZAZIONE PRATICA DEL TELESCOPIO



Tutti i piani devono essere a tenuta di luce

Scheda
di FRONT_END
lato LED

CRC
Cosmic Rays Cube

LED

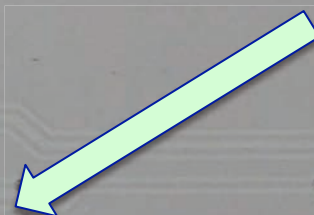
INFN
LNGS



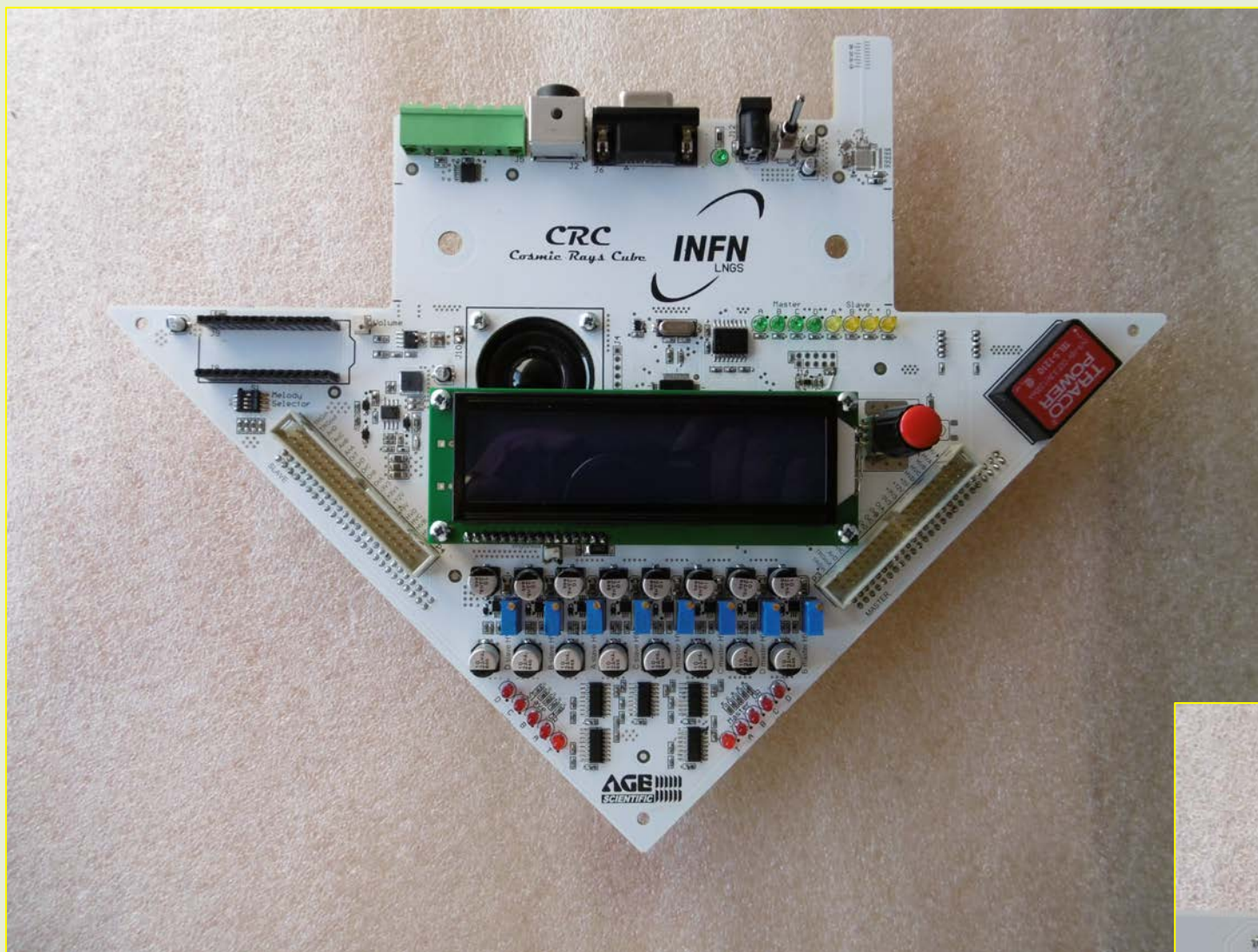
Rev. 1.0

Scheda di FRONT_END
lato affacciato alle WLS

SiPM



Scheda di Controllo

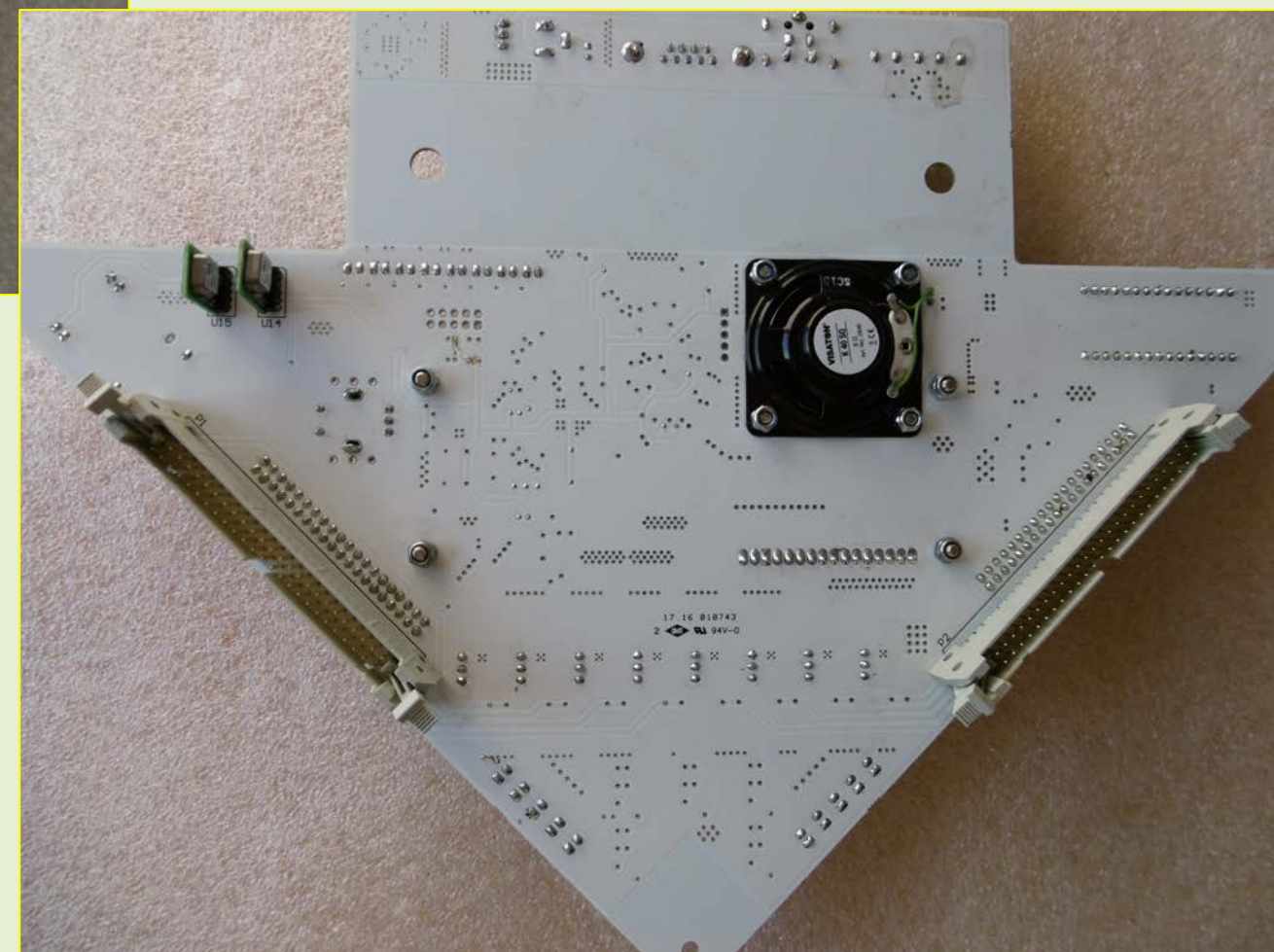


Alimentazione SiPM (V_{bias}) = 32 V cc

Alimentazioni del telescopio: +12,+5, +3,3, -3,3 V

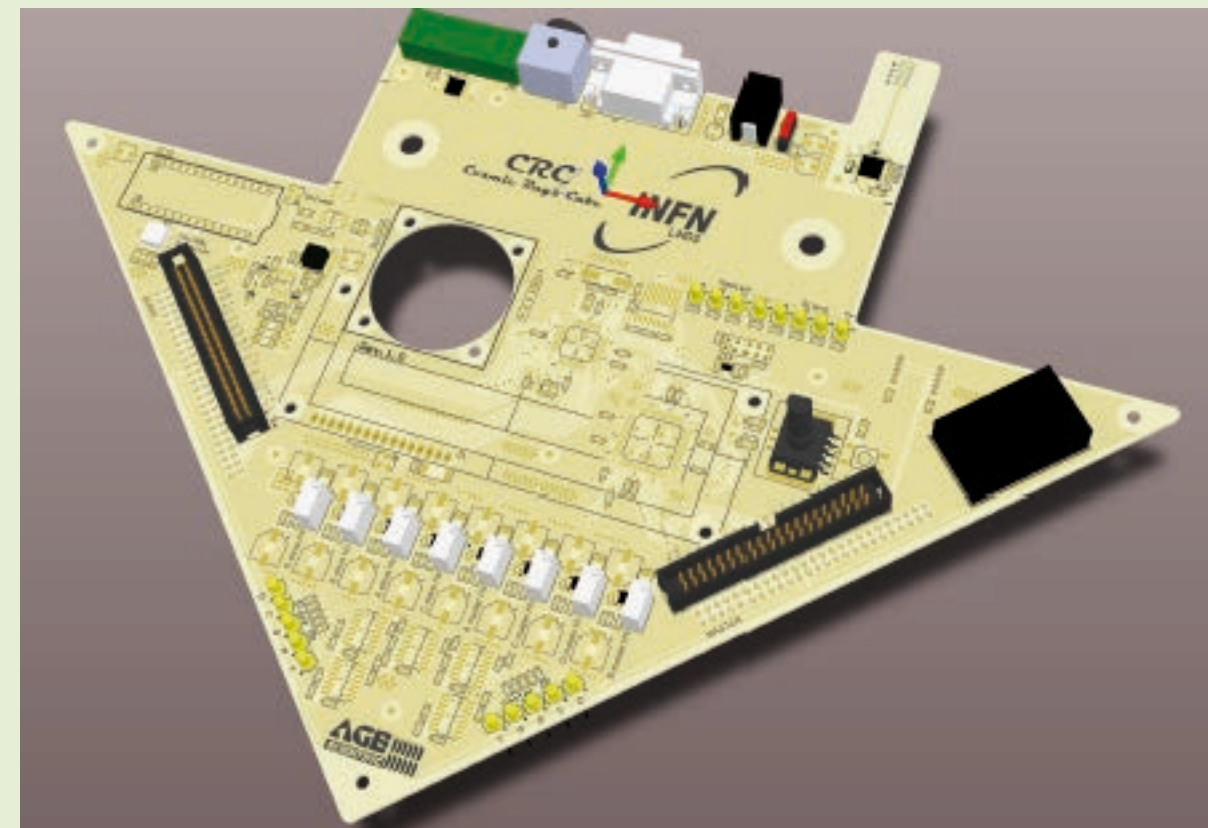
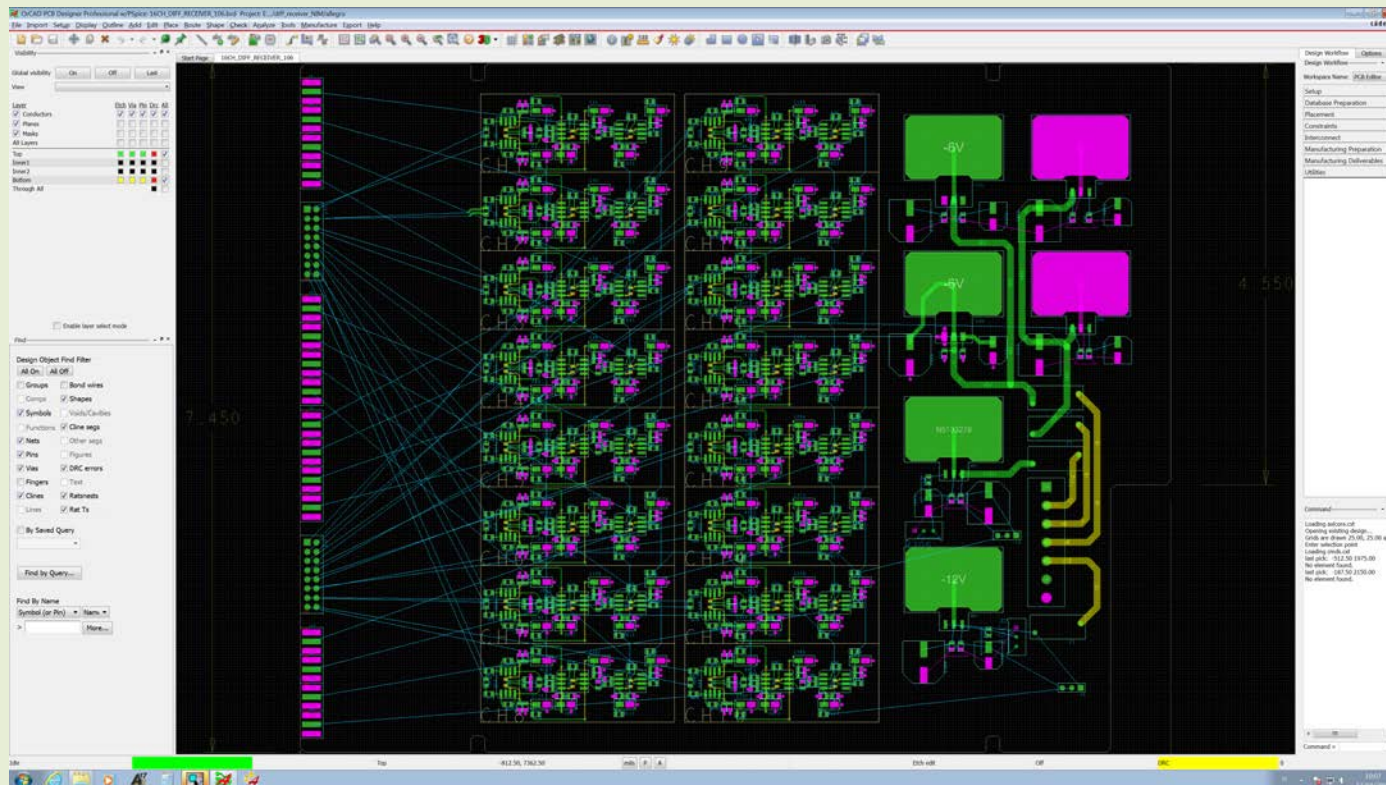
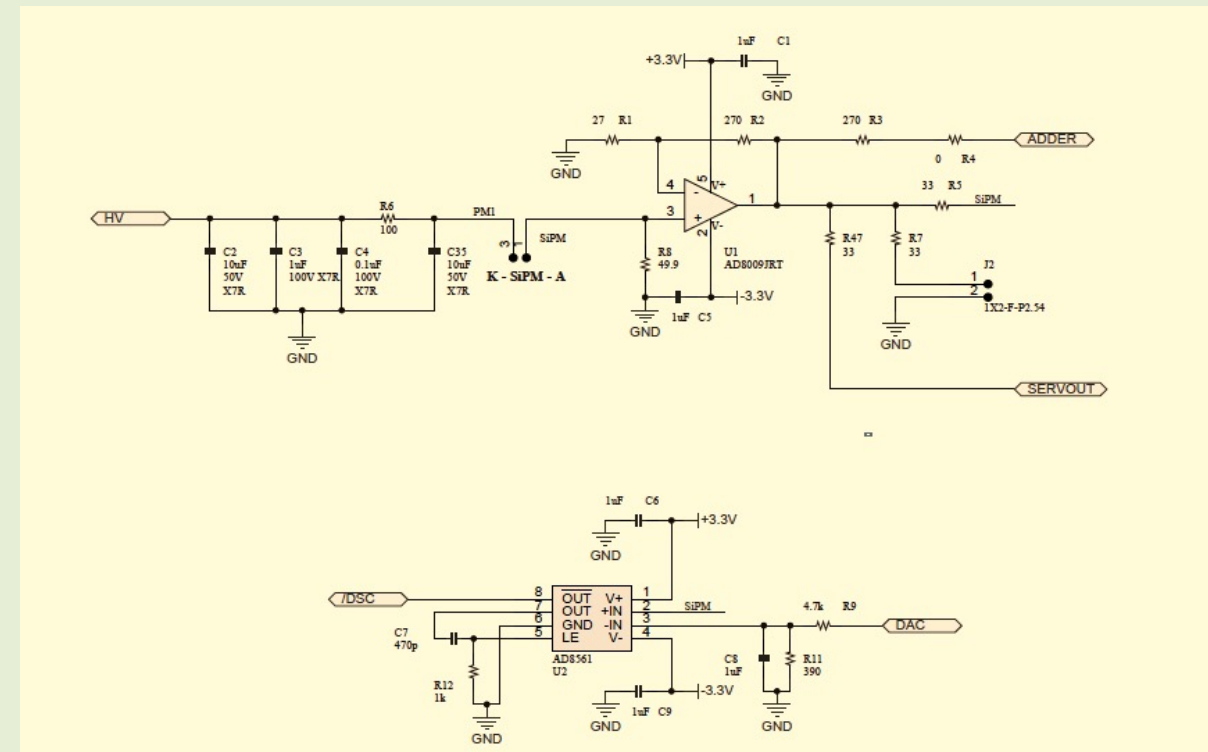
Tutto con un unico alimentatore commerciale a 12 V

**Collegamento tra schede di front end e controller
con soli 2 flat-cable**



Nel progetto di una scheda di elettronica... ...c'è il lavoro di tante persone !!!

- Realizzazione dello schema e simulazioni
- Realizzazione al CAD della scheda (produzione di file gerber)
- Produzione finale in collaborazione con aziende che producono PCB



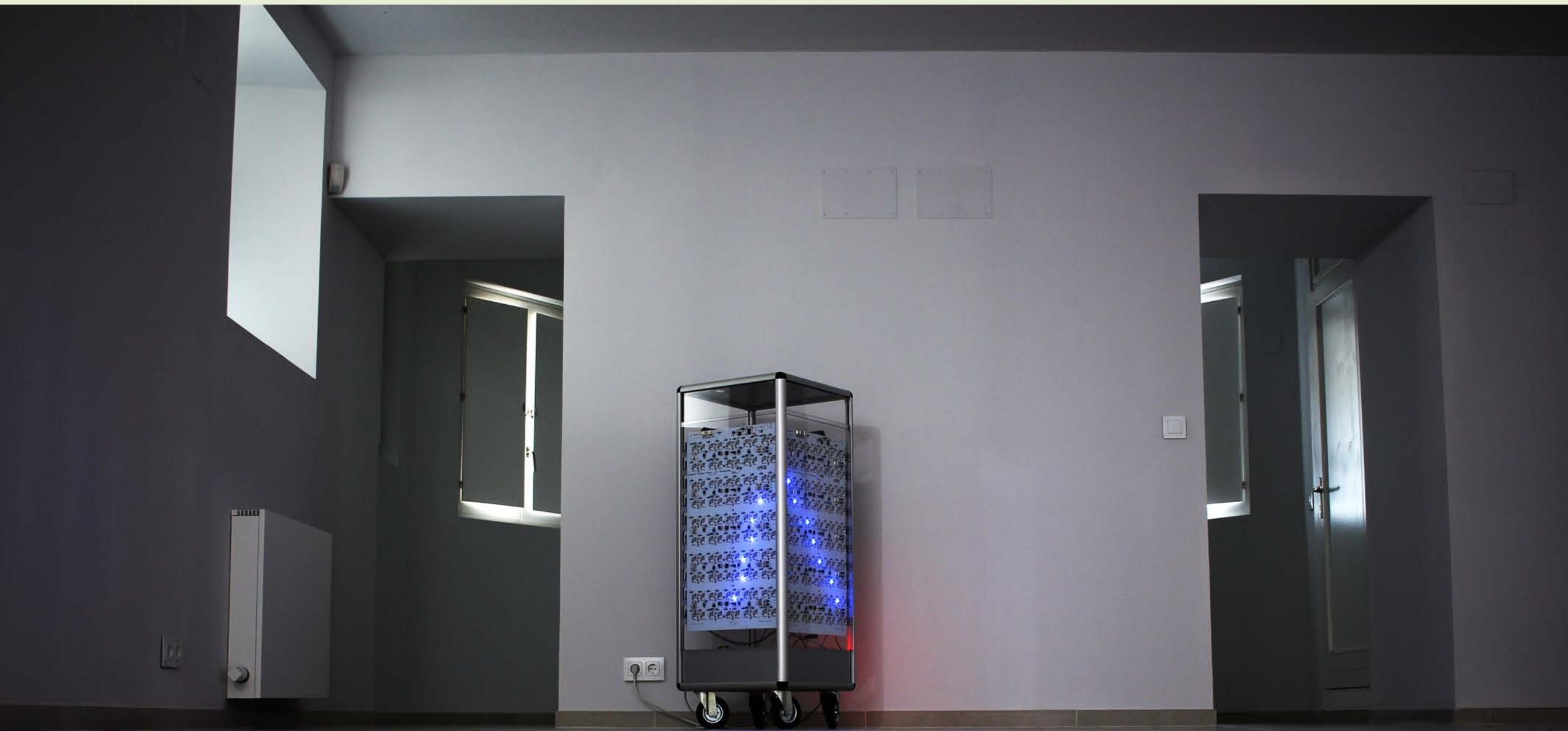


Rivelatore alla stazione Toledo della metropolitana di Napoli (30 m profondità)





Rivelatori costruiti per la NYU di Abu Dhabi



Sala espositiva in allestimento
presso i Laboratori di Canfranc (Spagna)

AVETE UNO SMARTPHONE???

Cosmic Rays Live



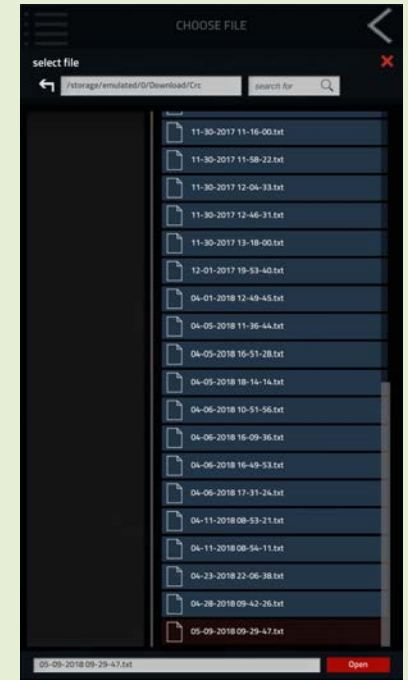
Cosmic Rays Live: «muoni» in un'APP

Disponibile su
App Store

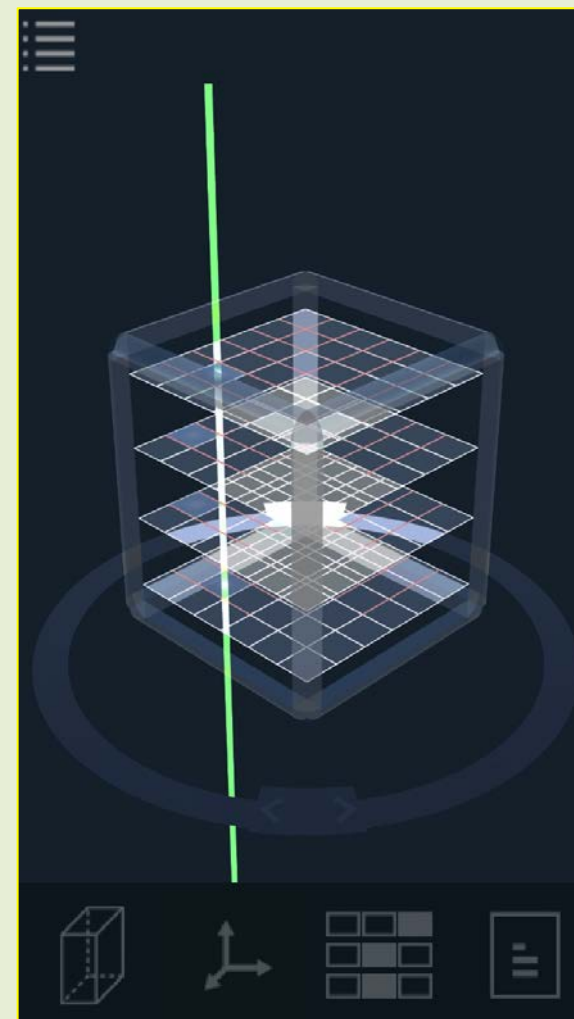
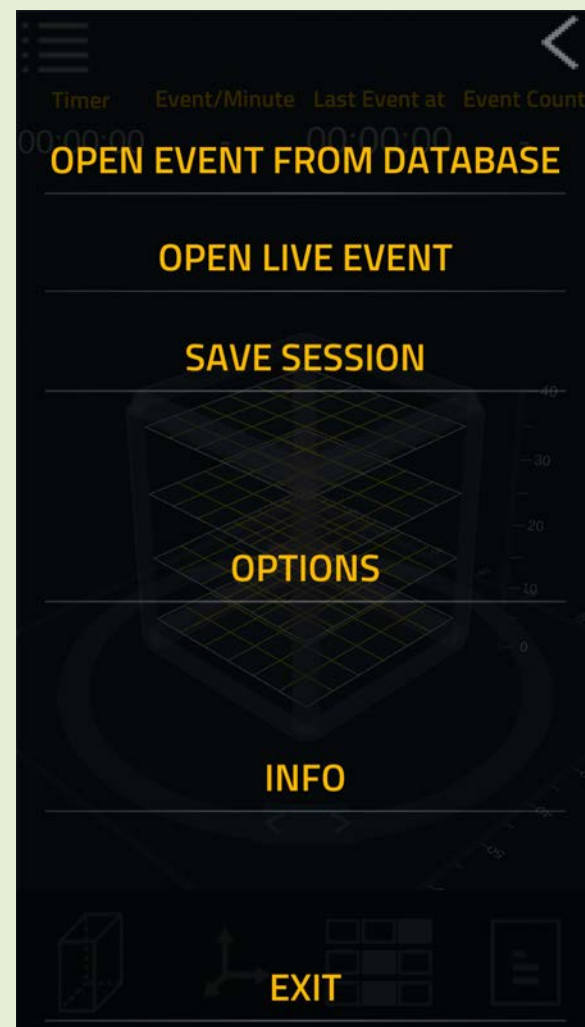
Disponibile su
Google play

Abbiamo in rete 5 telescopi:

- ❑ 1 ai laboratori esterni dei LNGS – Assergi (AQ)
- ❑ 1 ai laboratori esterni dei LSC - Canfranc - Spagna
- ❑ 1 ai laboratori sotterranei dei LSC - Canfranc - Spagna;
- ❑ 1 alla New York University di Abu Dhabi (UAE)
- ❑ altri in costruzione per Kamioka, SnoLab, GSSI

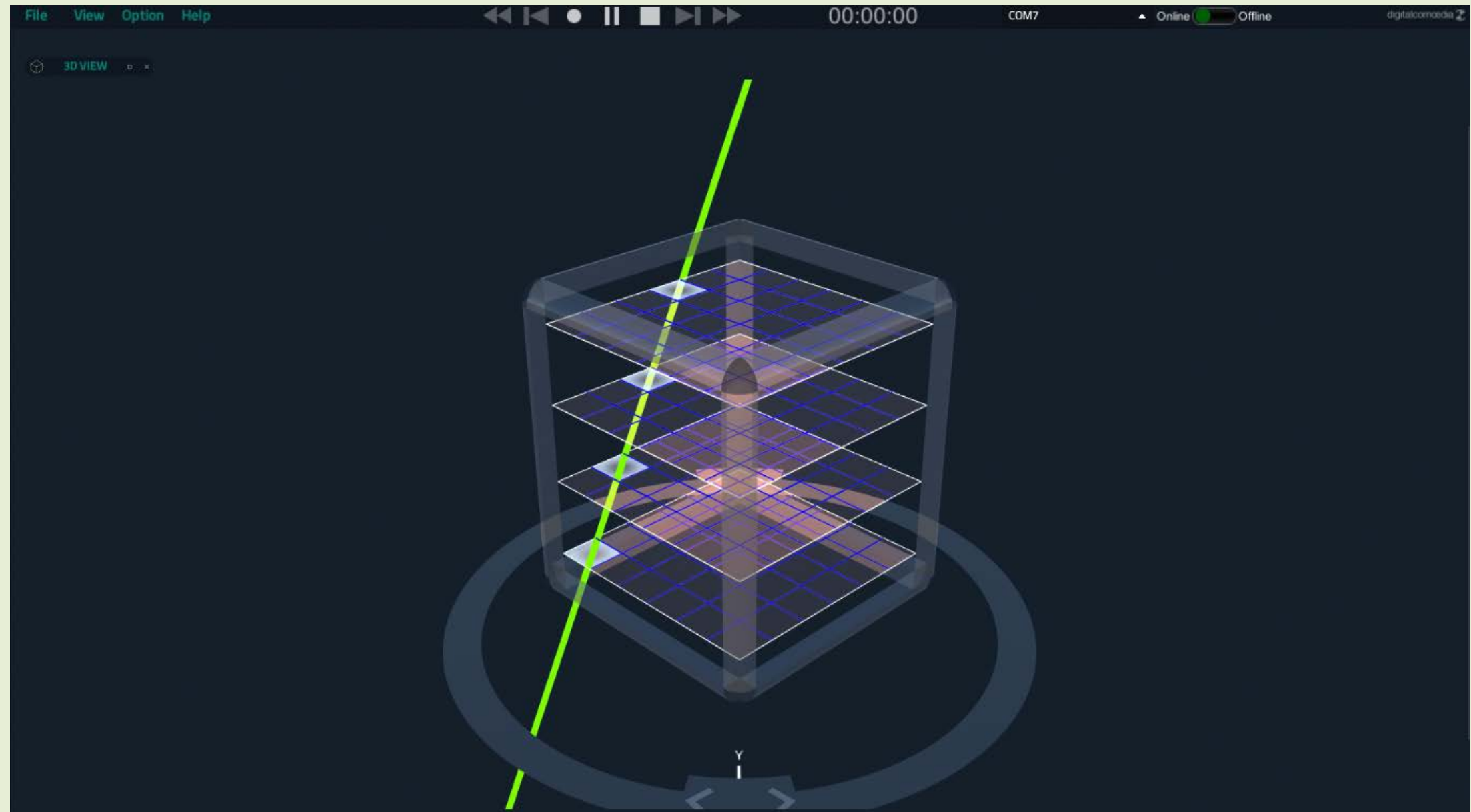


Dati salvati sullo smartphone

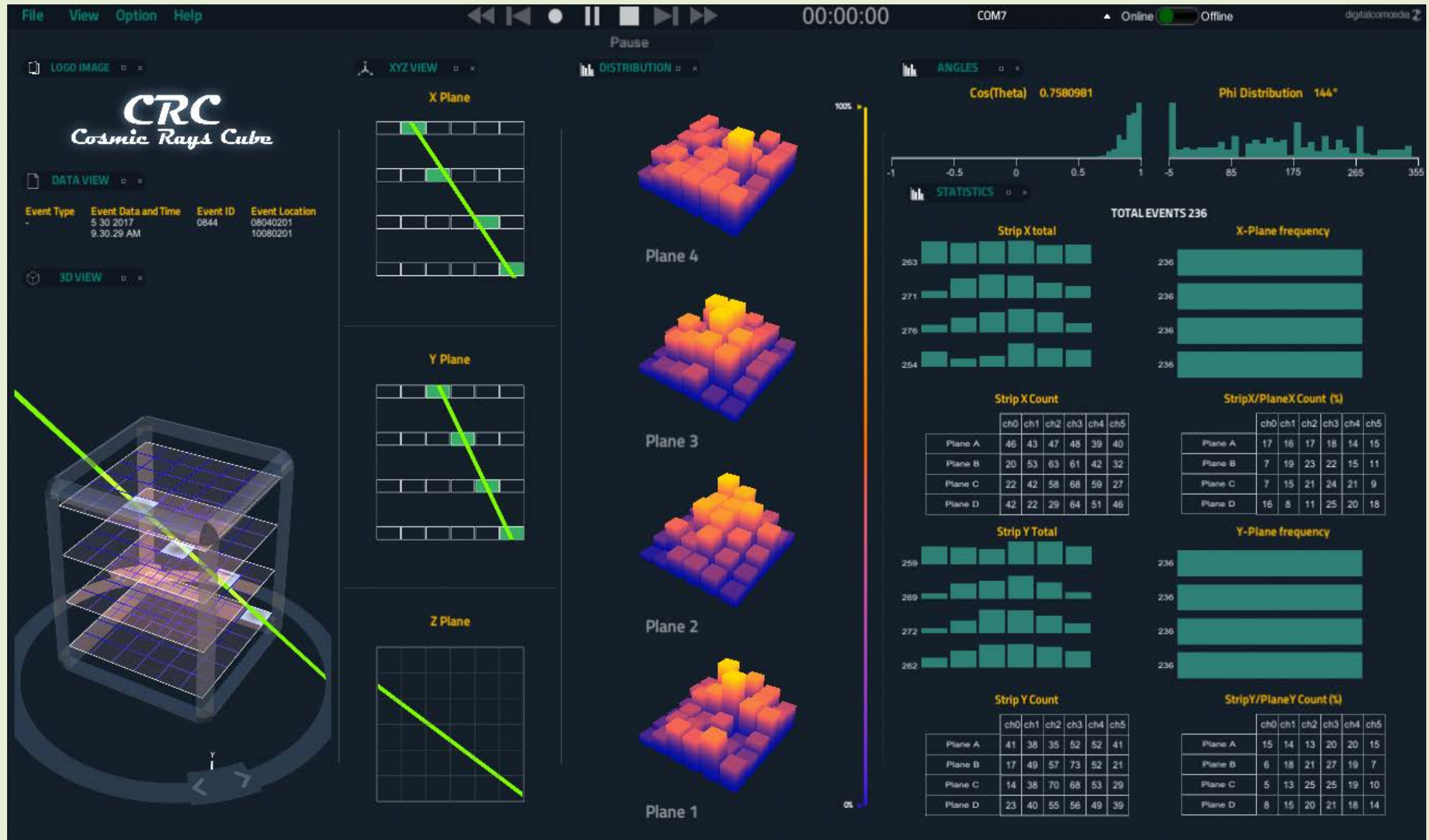


1149	01020408	20101010
1150	00040810	04020202
1151	00040808	10080804
1152	04040404	00080804
1153	02040808	00080808
1154	00081020	00010410
1155	00040404	00100401
1156	00010101	00200802
1157	00010204	00010204
1158	00060201	00201008
1159	00040404	00201004
1160	00100802	08081020
1161	00020101	00200802
1162	08080810	20080401
1163	100C0201	01020810
1164	00040201	00010202
1165	10080402	04020101
1166	00040808	02020101
1167	00040404	02020606
1168	00040201	00010101
1169	04040402	00100804
1170	00010204	00080804

Telescopio e “*muoni*” visti dall’App



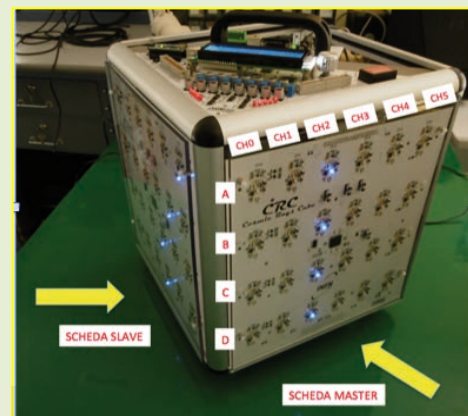
Schermata completa dell'App



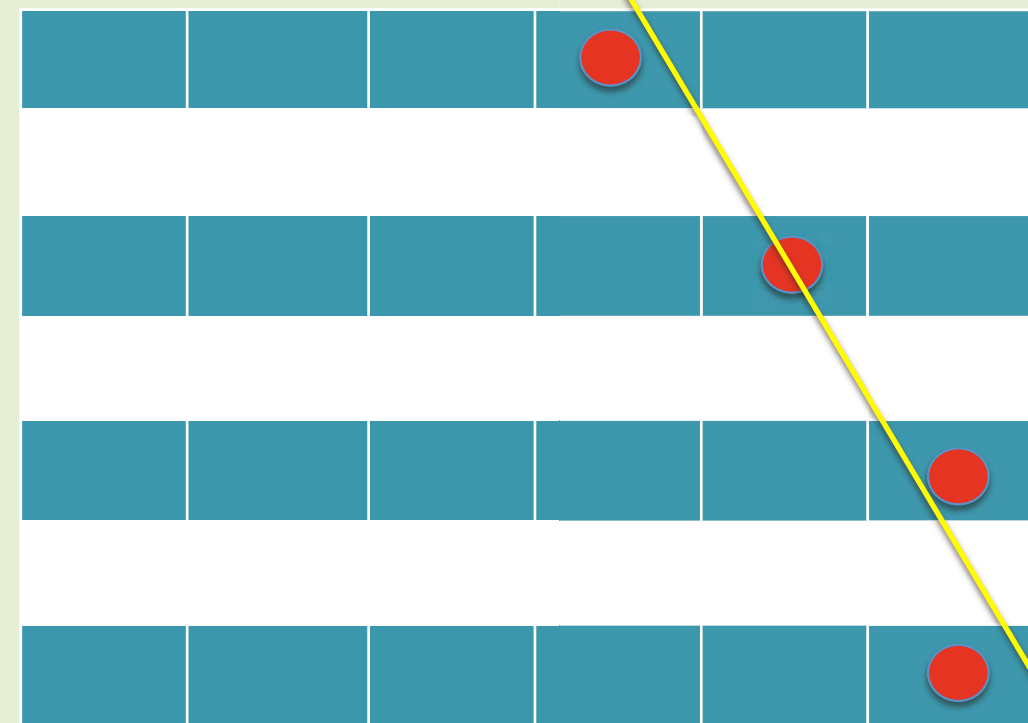
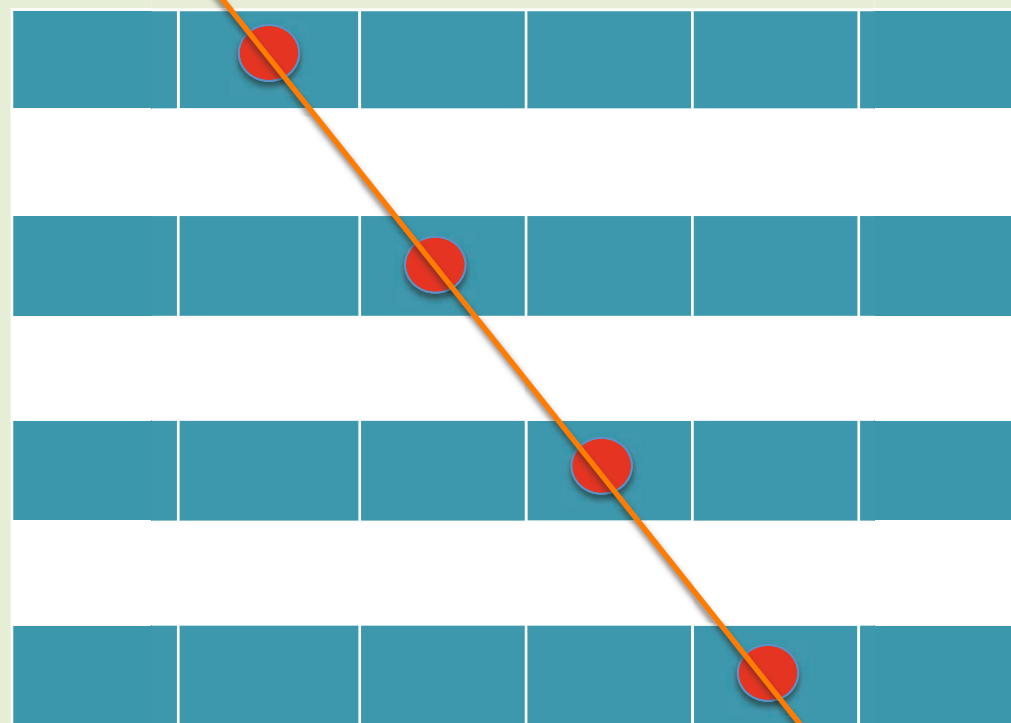
Decodifica dei dati

0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1
A	1	0	1	0
B	1	0	1	1
C	1	1	0	0
D	1	1	0	1
E	1	1	1	0
F	1	1	1	1

Scheda SLAVE



Scheda MASTER



1165 10080402 04020101
n. evento dati scheda slave dati scheda master

PIANO	HEX Scheda SLAVE	BINARIO Scheda SLAVE	HEX Scheda MASTER	BINARIO Scheda MASTER
A	10	0001 0000	04	0000 0100
B	08	0000 1000	02	0000 0010
C	04	0000 0100	01	0000 0001
D	02	0000 0010	01	0000 0001

Tabella di conversione hex-binario

Il numero binario che si ottiene da ogni coppia di numeri esadecimali va considerato eliminando il MSB e ed il successivo bit

E adesso... passiamo alle misure