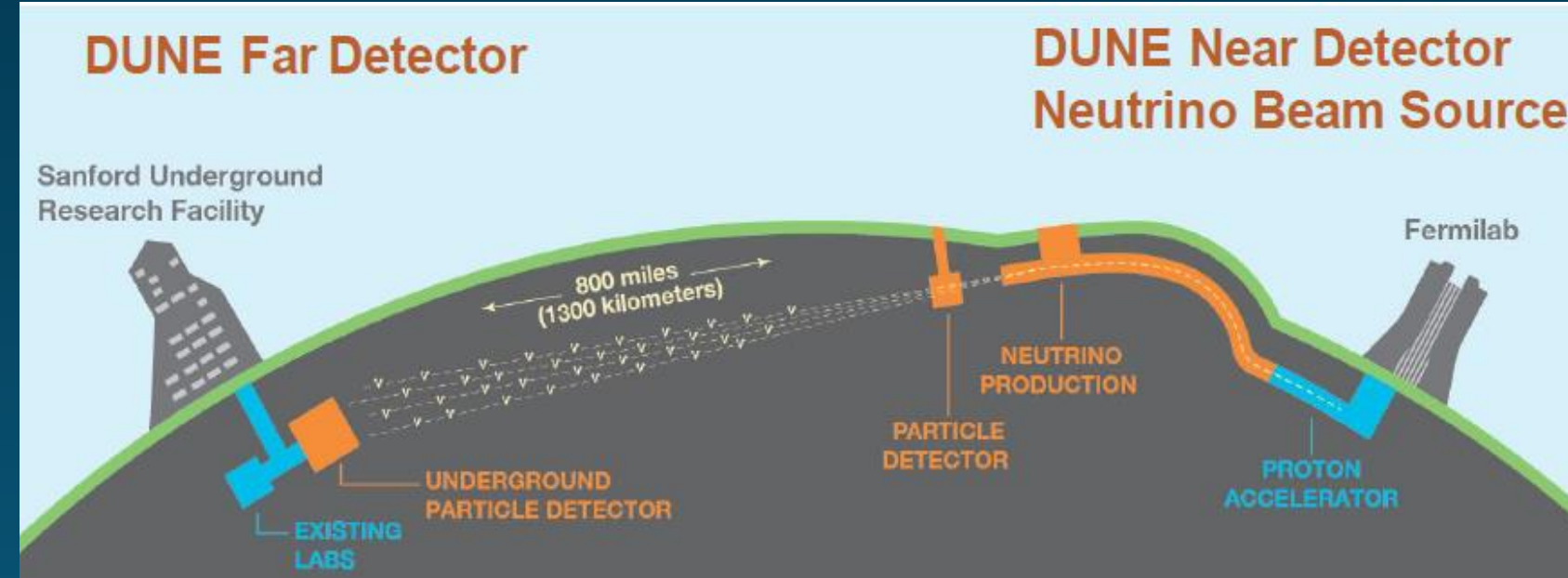


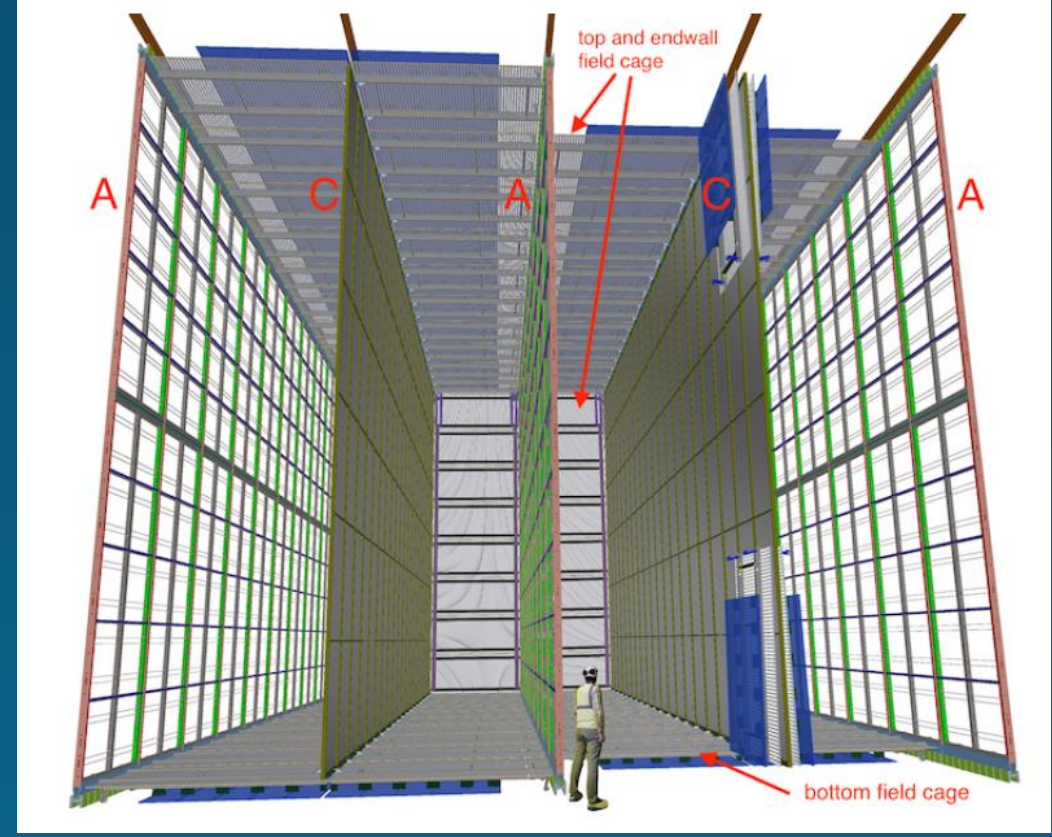
Il Deep Underground Neutrino Experiment (DUNE)

DUNE sarà un esperimento di nuova generazione volto allo studio dell'oscillazione di neutrini.



Il suo design di tipo longbaseline prevede due complessi sperimentali di **Near Detector** e **Far Detector** posti ad una distanza di ~1300 km.

Il **Far Detector** prevede quattro moduli di rivelatore a camera a proiezione temporale ad argon liquido (LAr TPC) [1].

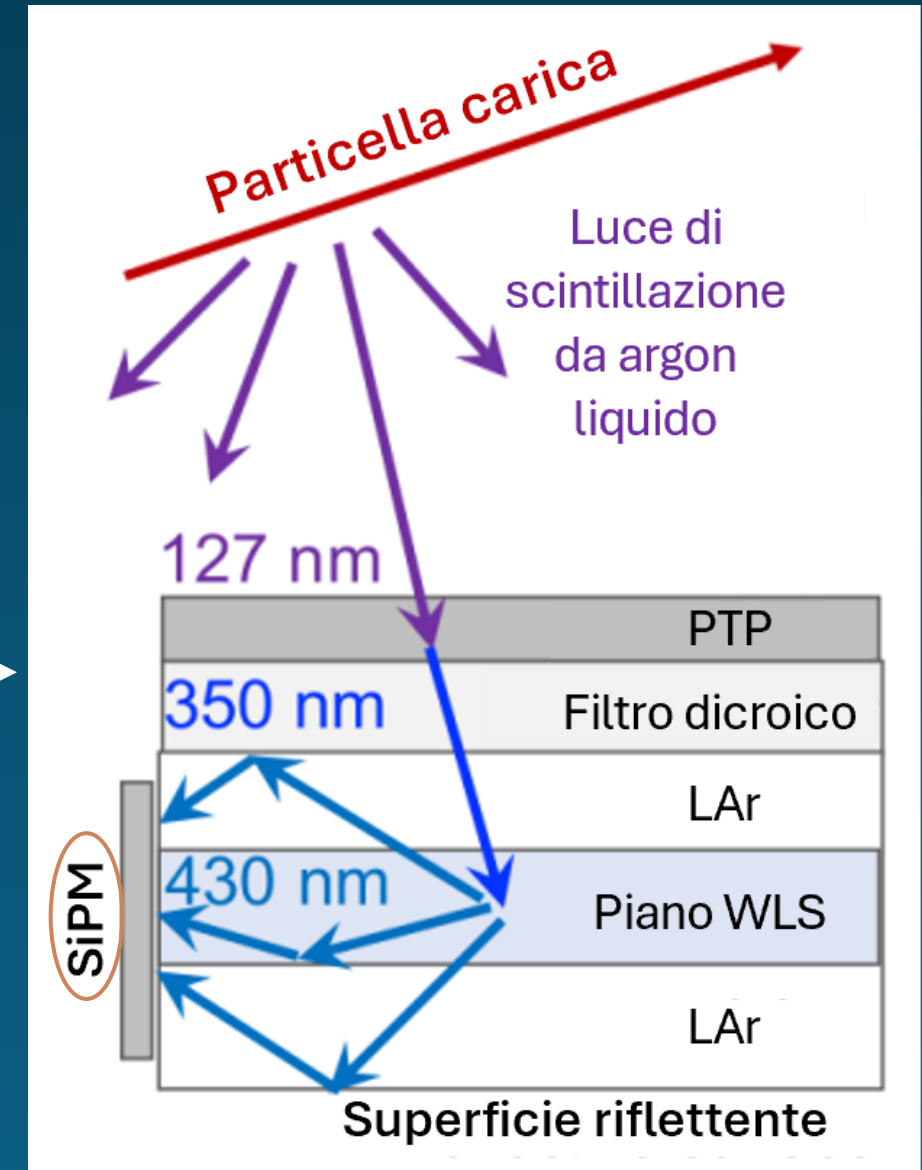


Il sistema di fotorivelazione di DUNE

La luce di scintillazione prodotta all'interno del **Far Detector** sarà rivelata da un sistema di fotorivelazione immerso in Argon Liquido (LAr).

La luce viene intrappolata all'interno di un dispositivo con superfici riflettenti e indirizzata su **fotomoltiplicatori al silicio (SiPM)** [2].

Gruppi di 48 SiPMs sono elettricamente connessi in parallelo sommando i loro segnali, per diminuire il numero totale di canali di readout dell'esperimento.



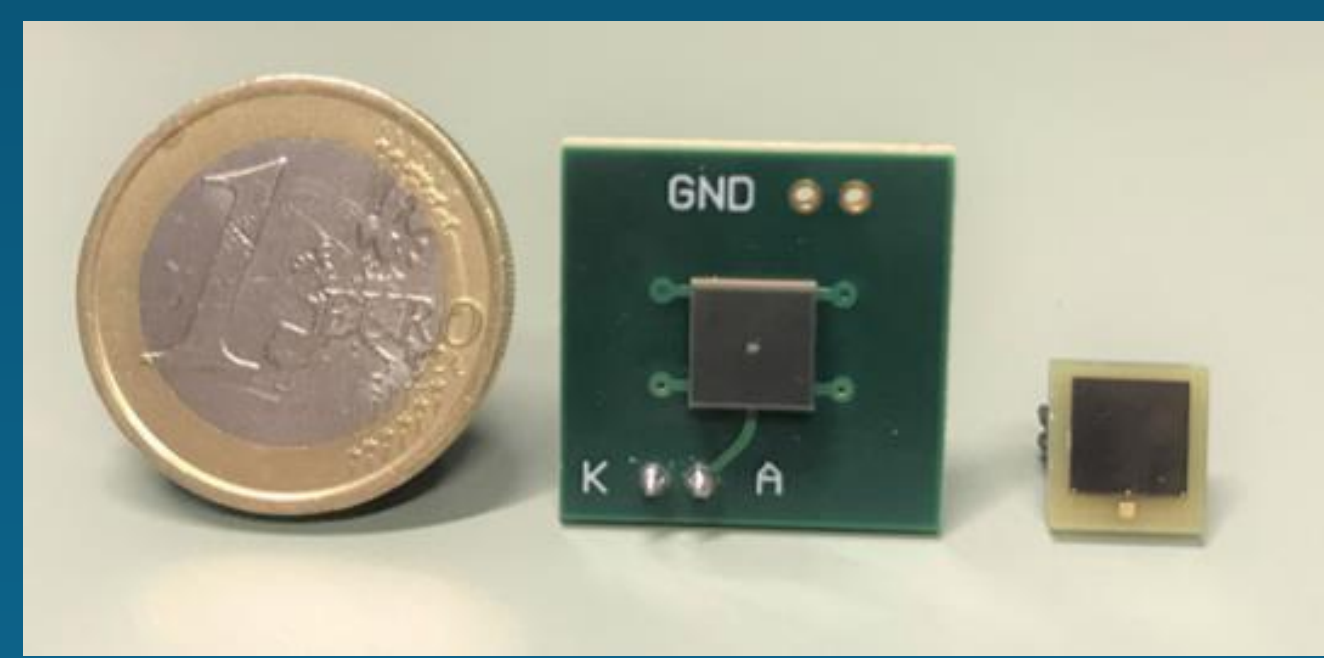
Selezione dei SiPMs

Caratterizzazione completa di campioni con diverse tecnologie prodotte da: **Hamamatsu Photonics K.K. (HPK)** e **Fondazione Bruno Kessler (FBK)**.

Modelli valutati:

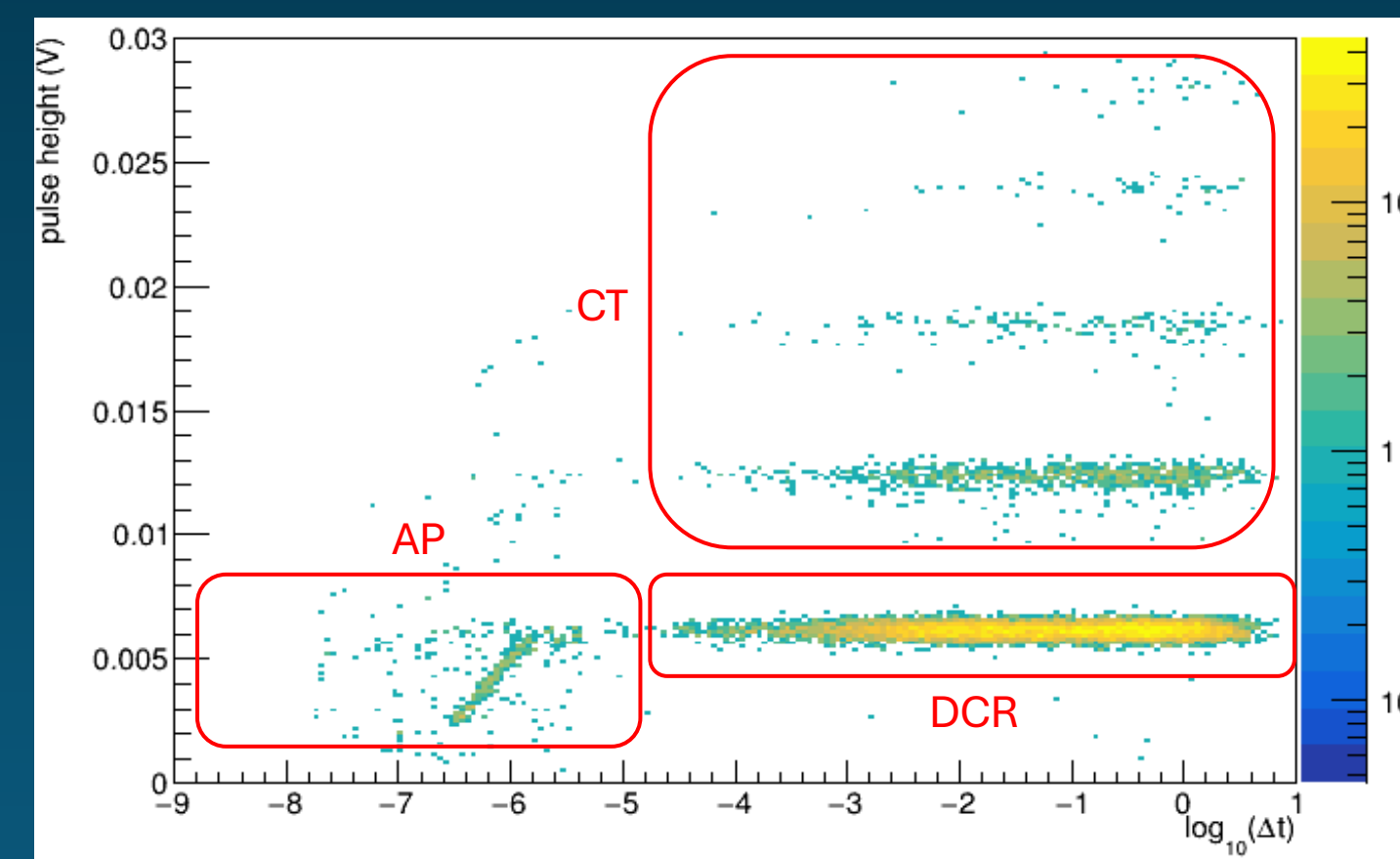
- **HPK Hole Wire Bond** technology (dimensione cella 50 e 75 μm);
- **FBK Near Ultra Violet-High Density-Cryo** (dimensione cella 30 e 50 μm)

Requisiti verificati in LN_2 :



recovery time τ_{rec}	200 - 1000 ns
spread massimo globale per V_{bd}	<2 V
Dark Count Rate (DCR)	<200 mHz/mm ²
probabilità di Crosstalk (CT)	<35%
probabilità di Aterpulsing (AP)	<5%
cicli stress termici	>20

Risultati della selezione



cella (μm)	R_q (Ω)	$V_{bd}(\text{max-min})$ (V)	DCR (mHz/mm ²)	AP (%)	CT (%)
HPK 50	98.5 \pm 0.7	0.2 \pm 0.4	34 \pm 0.7	4.3 \pm 0.2	7.2 \pm 0.3
HPK 75	93.9 \pm 0.4	0.4 \pm 0.4	38 \pm 0.4	4.6 \pm 0.1	14.3 \pm 0.2

cella (μm)	R_q (Ω)	$V_{bd}(\text{max-min})$ (V)	DCR (mHz/mm ²)	AP (%)	CT (%)
FBK 30	112 \pm 0.7	0.1 \pm 0.4	40.8 \pm 0.7	2.8 \pm 0.1	16.9 \pm 1.1
FBK 50	334.6 \pm 0.4	0.1 \pm 0.4	53.4 \pm 0.4	4.1 \pm 0.1	14.2 \pm 0.2

Modelli selezionati:

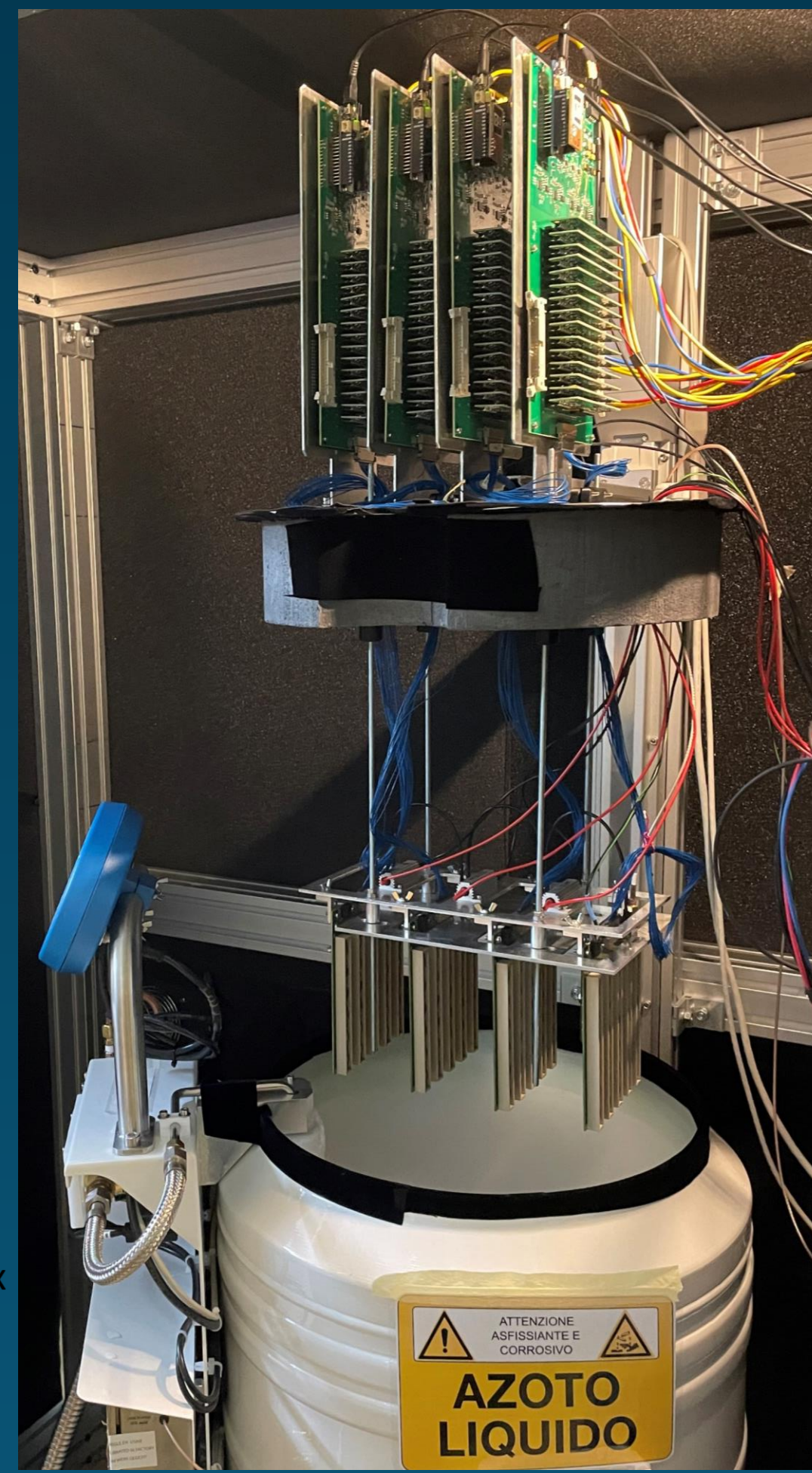
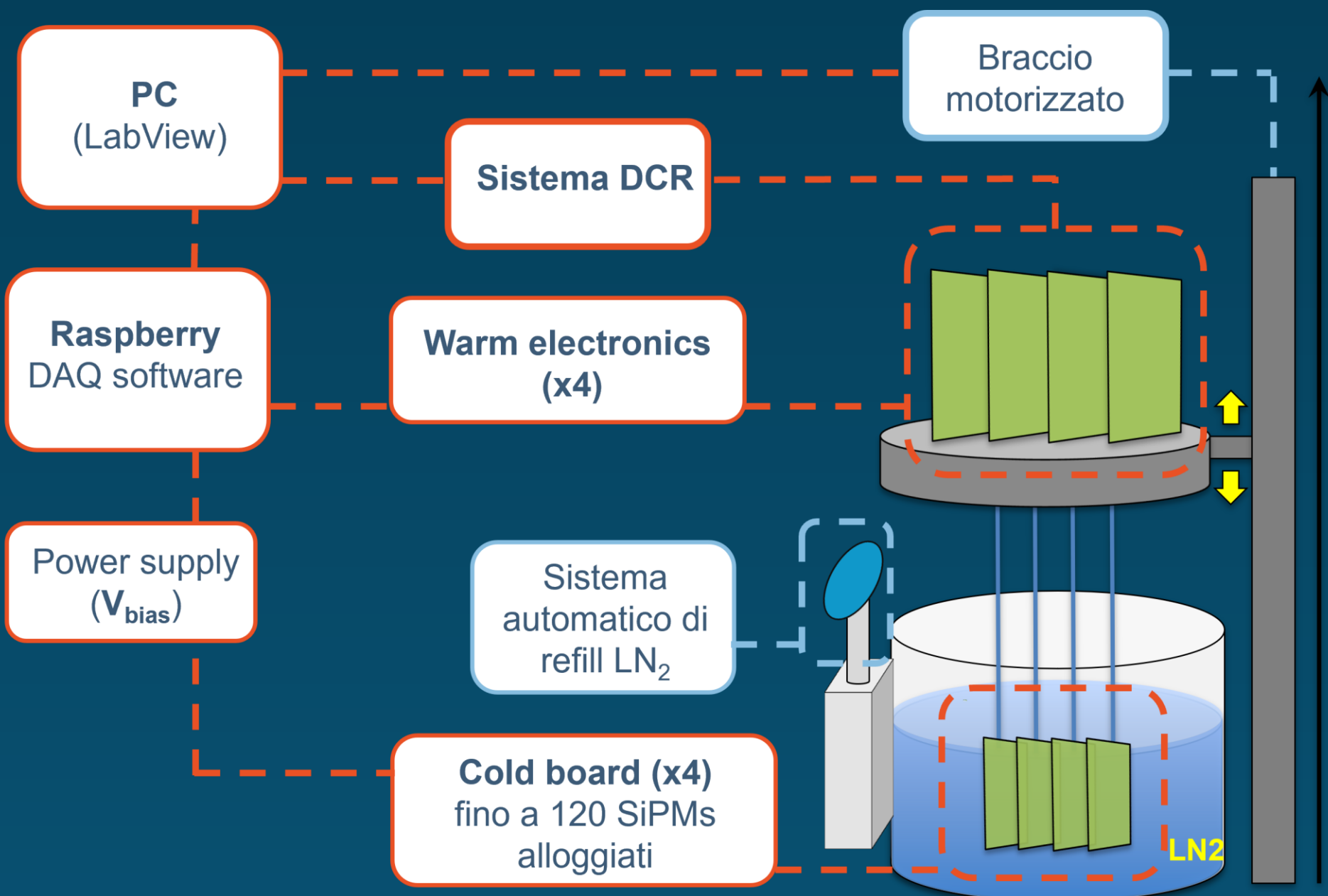
- HPK con cella da 75 μm [2]
- FBK con cella da 30 μm .

Produzione su larga scala dei ~300000 SiPMs per il primo modulo di Far Detector



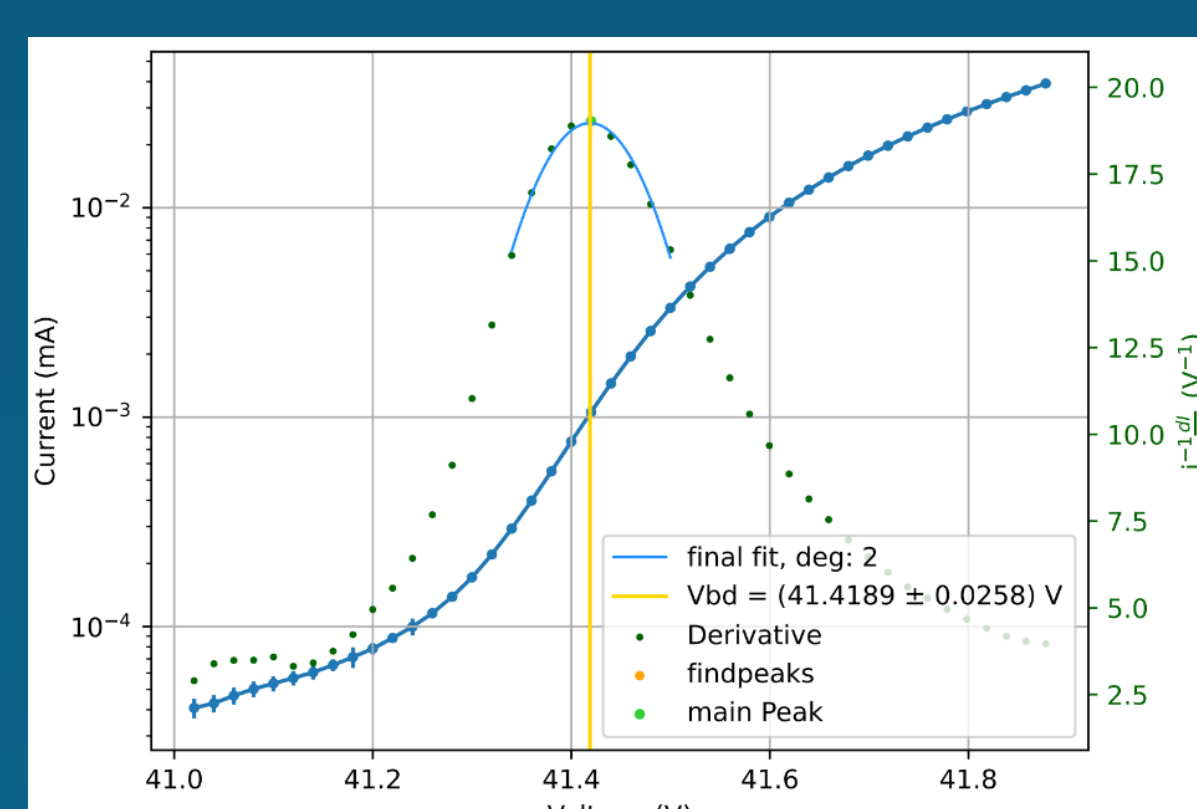
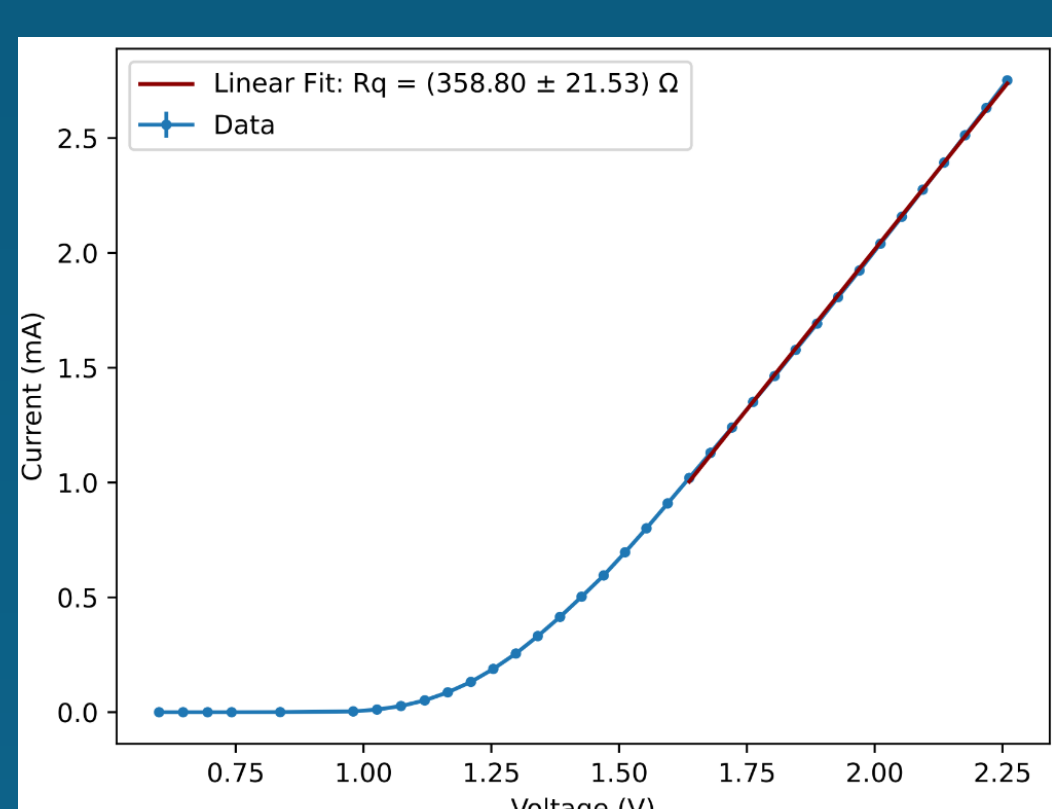
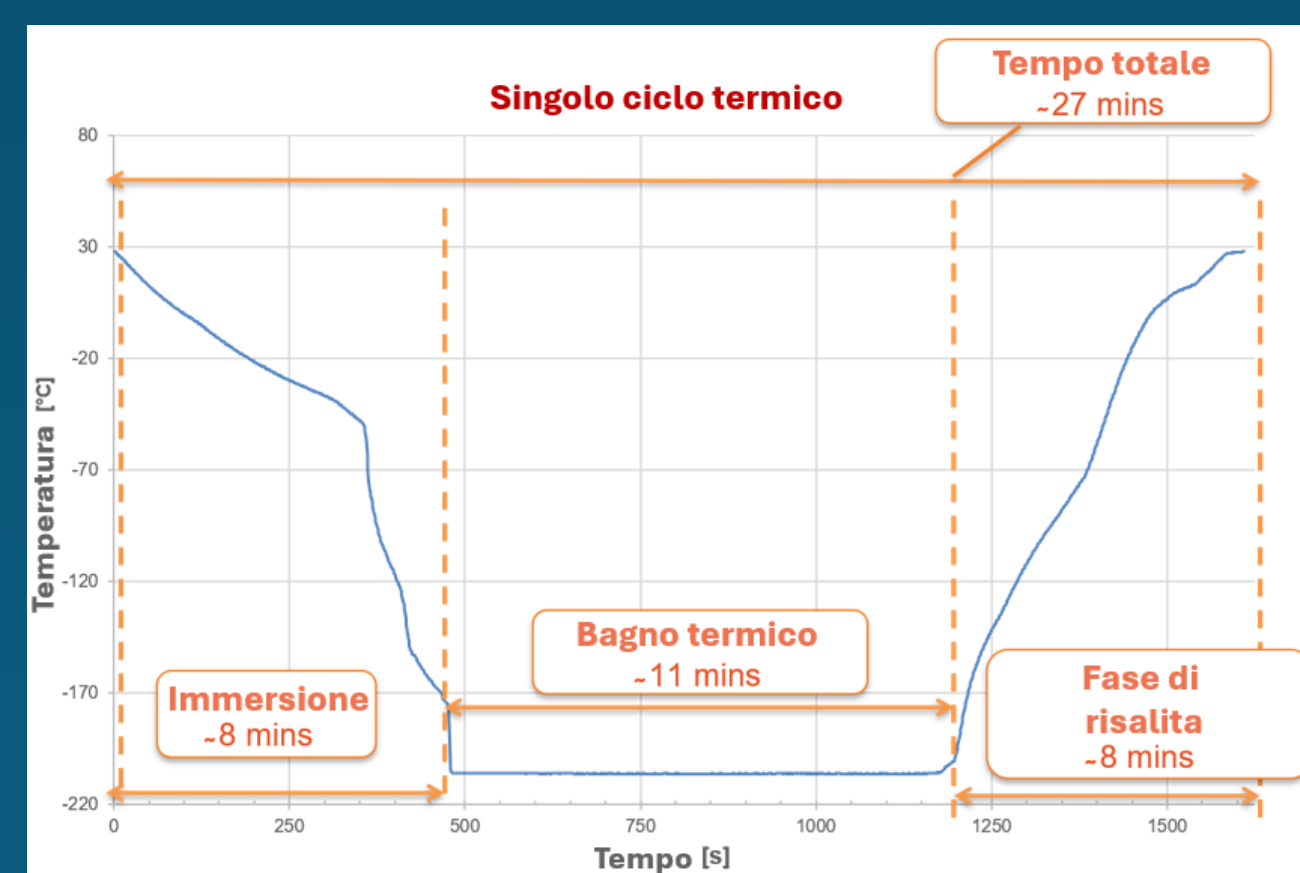
Sistema criogenico per validazione SiPMs

Sistema semi automatico per test di validazione in criogenia di SiPMs per il sistema di fotorivelazione del primo modulo di FD.

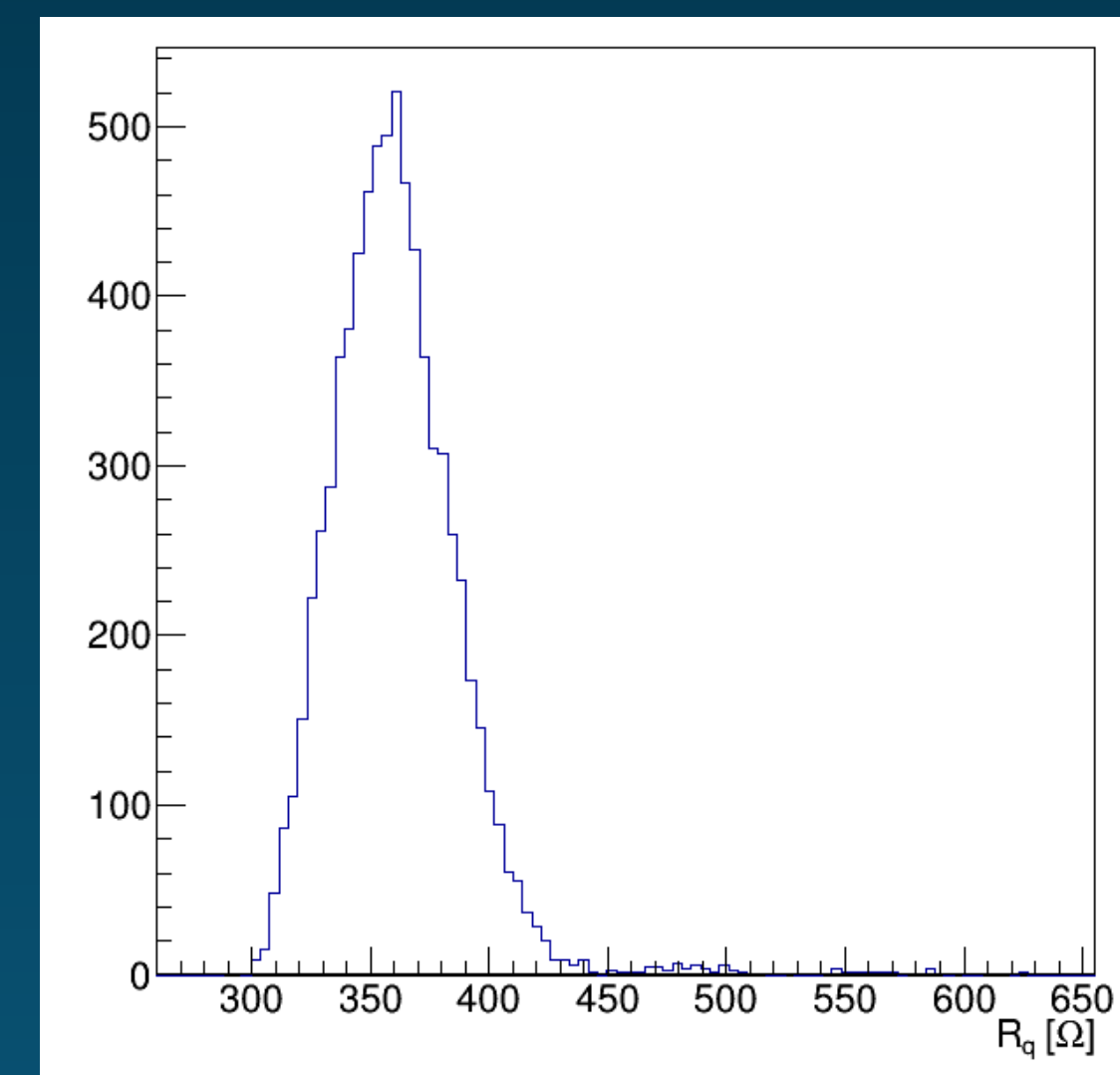


Procedura di validazione:

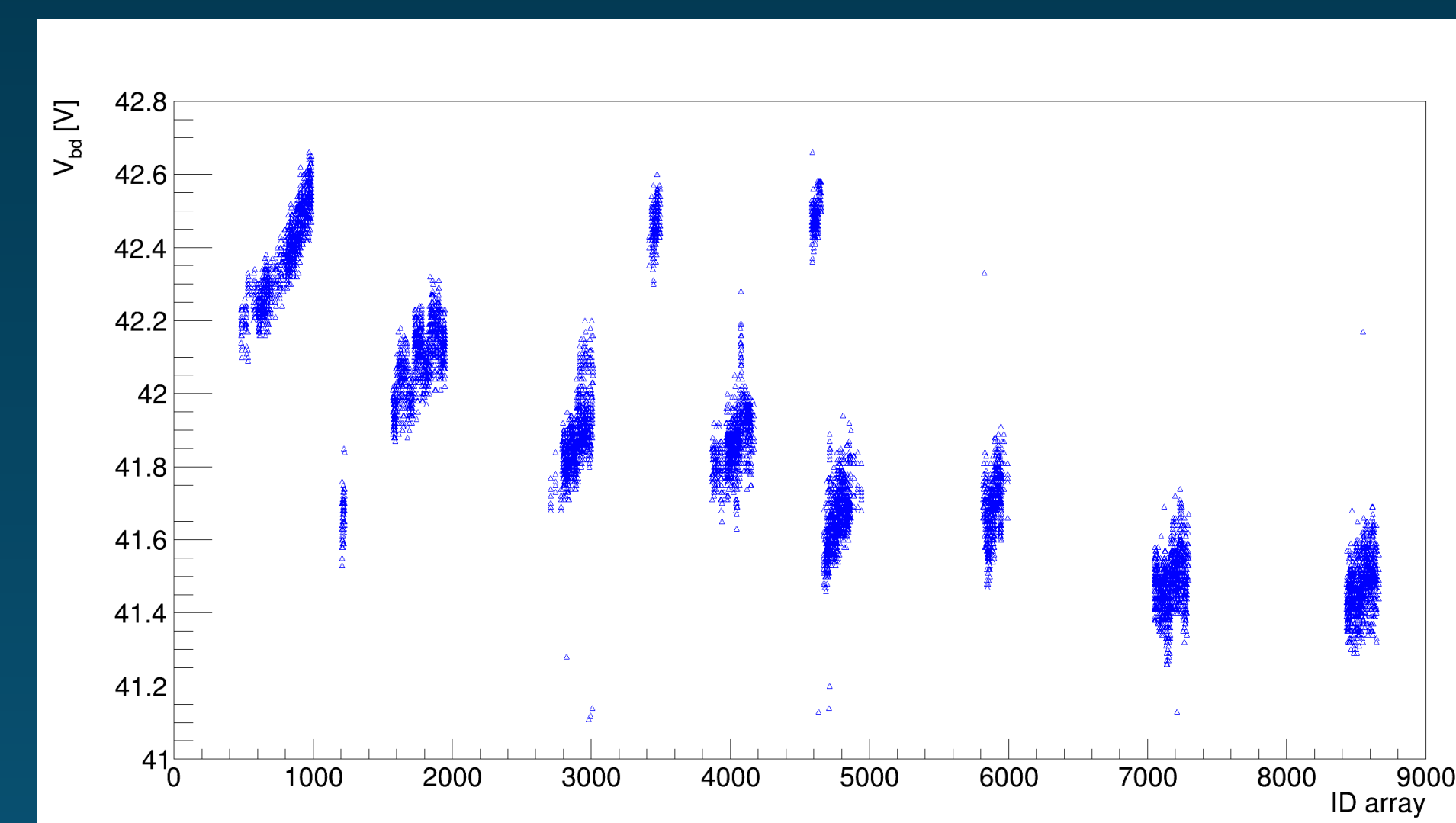
- caratteristiche I-V a T_{amb} e T_{LN2} (77 K);
- stress termici di resistenza meccanica packaging;
- studio del Dark Count Rate (DCR).



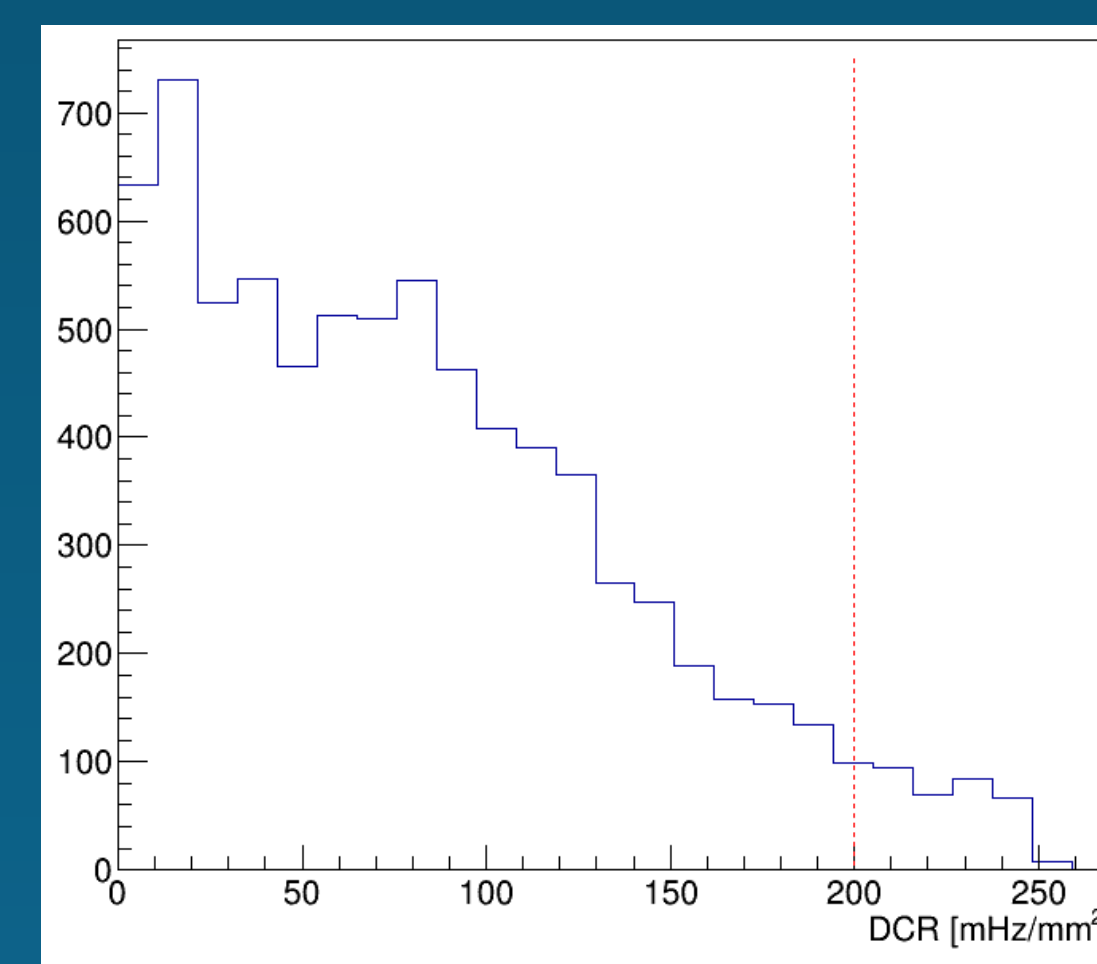
Risultati ottenuti



Distribuzione resistenza di quenching (R_q) misurata a 77 K



Tensione di breakdown (V_{bd}) misurata a 77 K dopo stress termici, in funzione dell' ID dell'array (6 SiPMs su stesso PCB) \rightarrow spread tensioni <2 V



Studio della corrente di buio (DCR) come sorgente di rumore nei SiPMs testati

\rightarrow i campioni con DCR > 200 mHz/mm² sono spediti ad altri siti sperimentali per una caratterizzazione completa

Conclusioni e prospettive future

Tramite la valutazione di diversi campioni proposti è stato individuato il modello di SiPM che meglio soddisfa i requisiti dell'esperimento per ciascun produttore.

Sulla base di questi risultati è stata avviata la produzione e validazione dei ~300000 SiPMs per il FD di DUNE.

Referenze [1] B. Abi et al. Deep Underground Neutrino Experiment (DUNE), Far Detector Technical Design Report, Volume IV: Far Detector Single-phase Technology. 2020

[2] E. Segreto et al. "Liquid argon test of the ARAPUCA device". In: Journal of Instrumentation 13.08 (Aug. 2018),

[2] M. Andreotti et al. "Cryogenic characterization of Hamamatsu HWB MPPCs for the DUNE photon detection system". In: Journal of Instrumentation 19.01 (Jan. 2024)