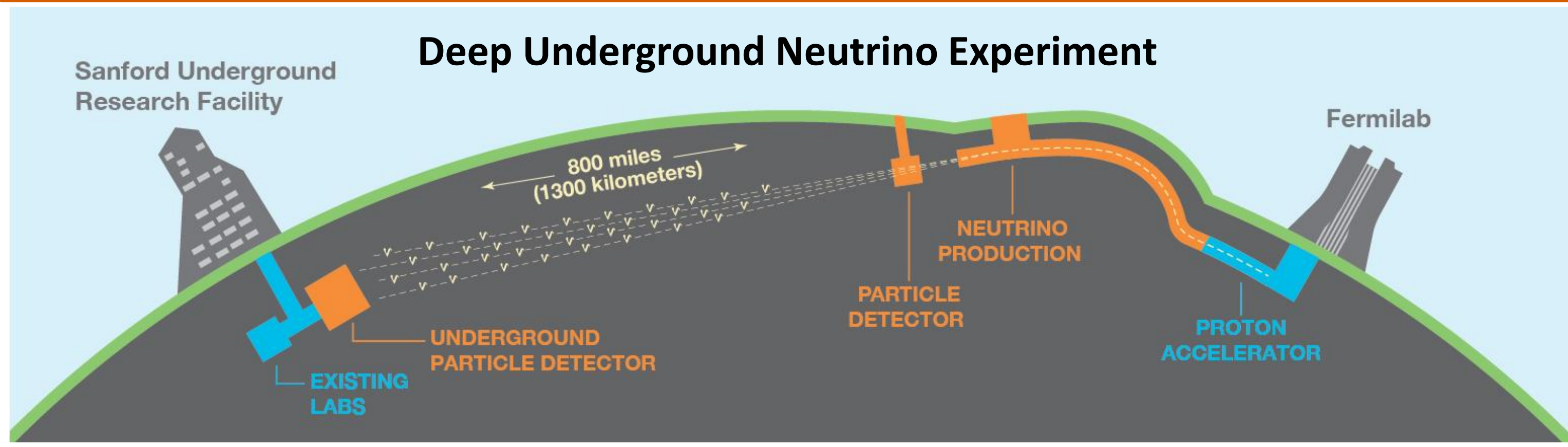


Il Photon Detection System del Far Detector di DUNE

L. Meazza per la collaborazione DUNE @ IFAE 2024, Firenze

Università degli studi di Milano Bicocca, Dipartimento di Fisica "G. Occhialini" - INFN sezione di Milano Bicocca

DUNE



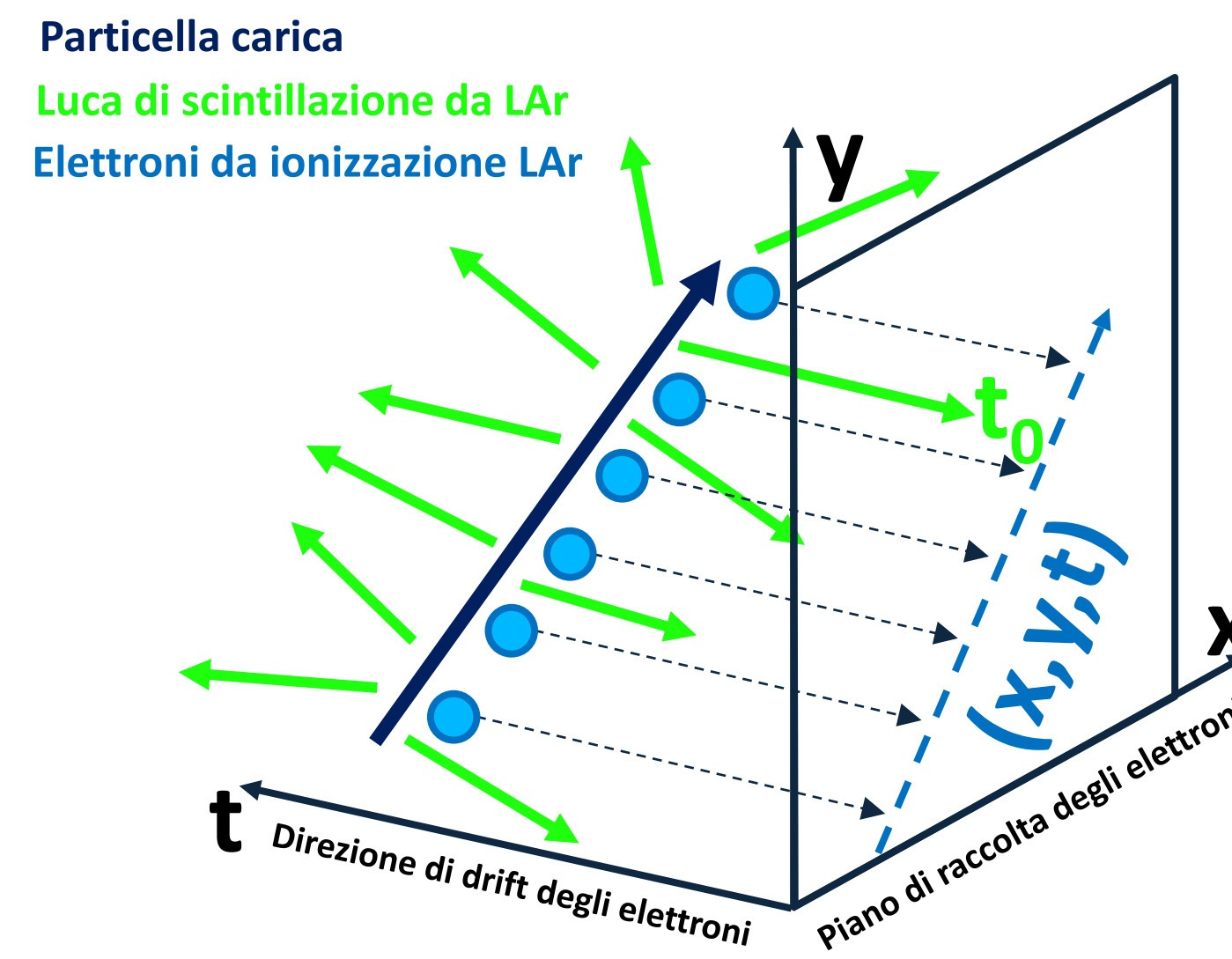
- Esperimento **Long baseline** (1300km)
- Fascio di neutrini **wide band**
- **Near Detector (ND)** situato a FNAL
 - Caratterizzazione e fisica del fascio
- **Far Detector (FD)** situato a SURF
 - tecnologia LArTPC
 - **1500m di profondità**
 - **1300km di distanza dal ND**

- **Obiettivi principali:**
 - Parametri di oscillazione dei neutrini
 - Gerarchia di massa dei neutrini
 - δ_{cp}
- **Supernova neutrino bursts**
- Osservazione di **neutrini solari**
- Fisica **Beyond Standard Model**
 - Violazione del numero barionico,
 - Neutrini sterili,
 - ...



Fotografia di una delle due caverne che ospiteranno i moduli del Far Detector nella Sanford Underground Research Facility

Il Photon Detection System



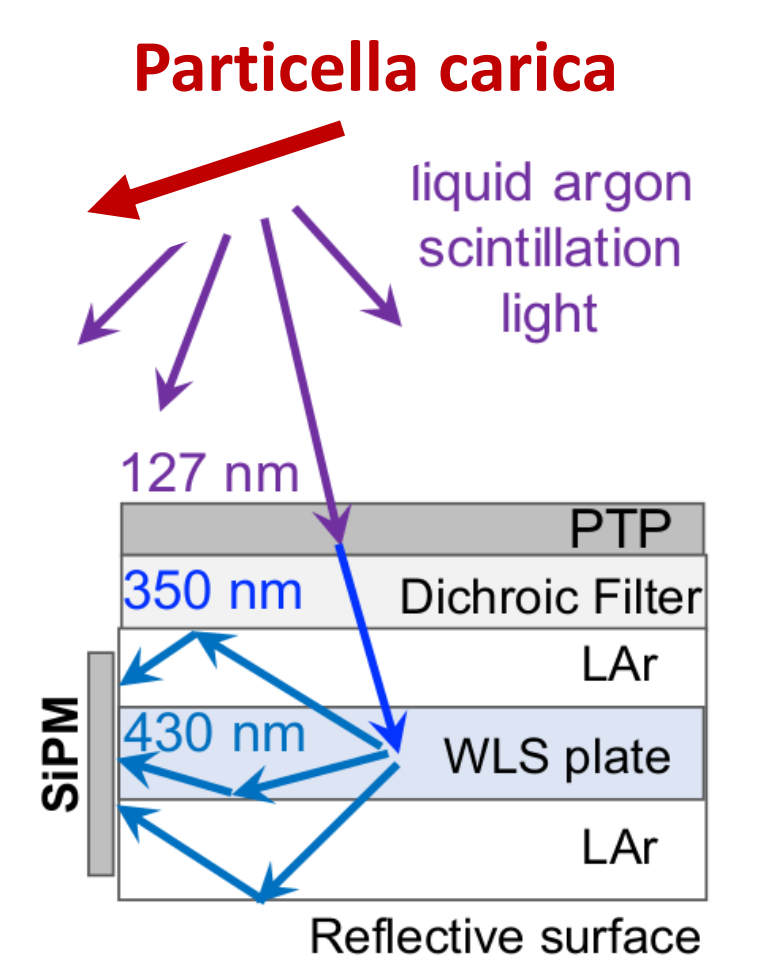
LArTPC – Liquid Argon Time Projection Chamber

- Gli **elettroni (x,y,t)** forniscono la traccia 3D della particella, la **luce di scintillazione** fornisce il t_0 per determinare la posizione della traccia lungo la direzione di drift (z).
- La luce raccolta può essere inoltre utilizzata per calorimetria, in combinazione con la raccolta di carica, migliorando la risoluzione energetica della LArTPC

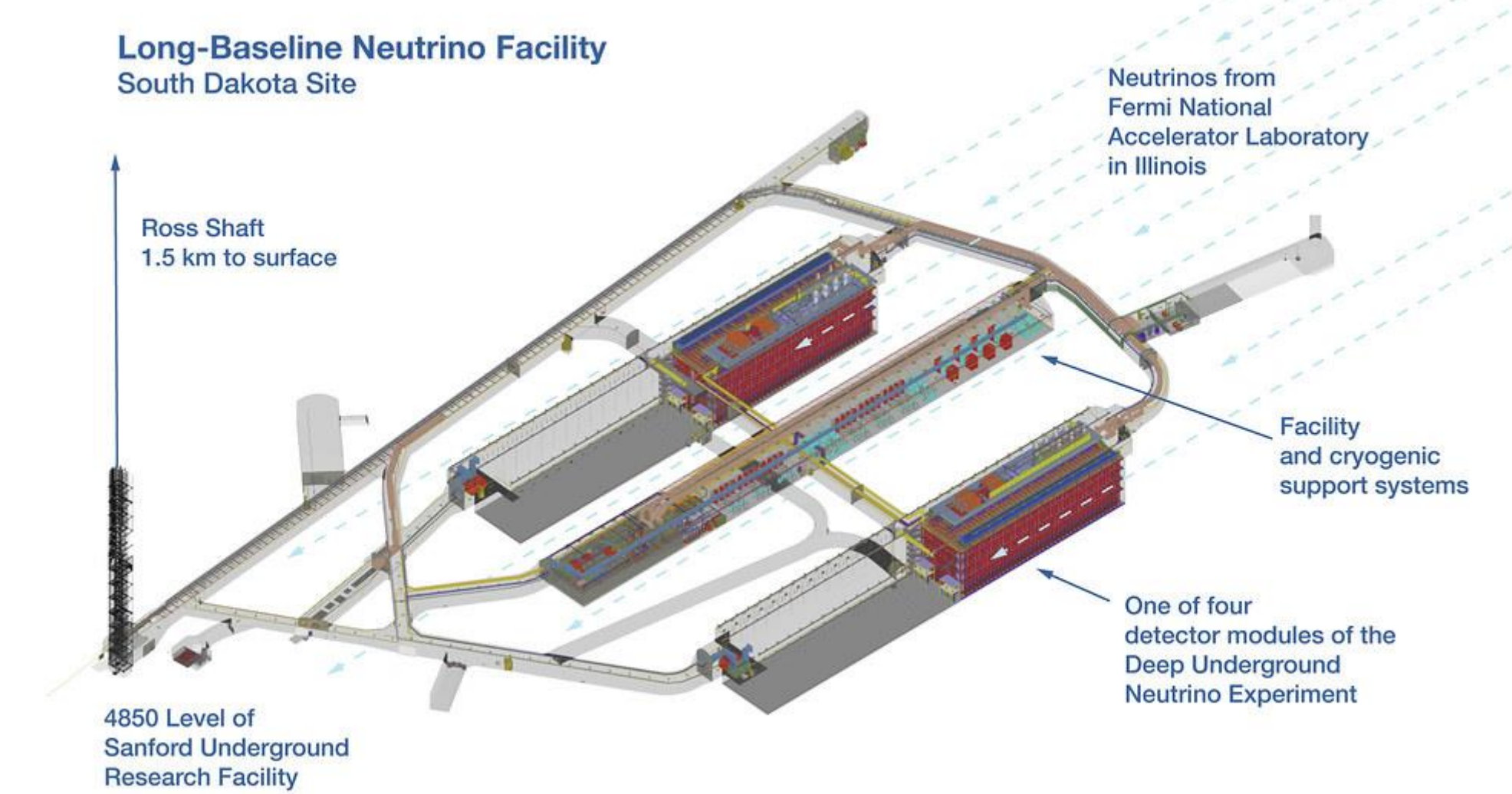
- Il modulo base del PDS è l'**XArapuca**
- Raccolta di **fotoni VUV (127nm)**, **efficienza ~3%**
- Design adattato ai diversi moduli del FD

Meccanismo di **raccolta della luce di scintillazione:**

- fotoni a **127nm convertiti a 350nm** da un cromoforo (pTP) depositato su di un substrato in vetro
- fotoni **ulteriormente convertiti a 430nm** all'interno di una guida di luce in PMMA drogata con un secondo cromoforo (BBT)
- I fotoni sono **intrappolati grazie alla riflessione interna totale** tra guida di luce e LAr, i fotoni emessi oltre all'angolo critico sono riflessi da un filtro dichroico
- I fotoni intrappolati sono rivelati da SiPM

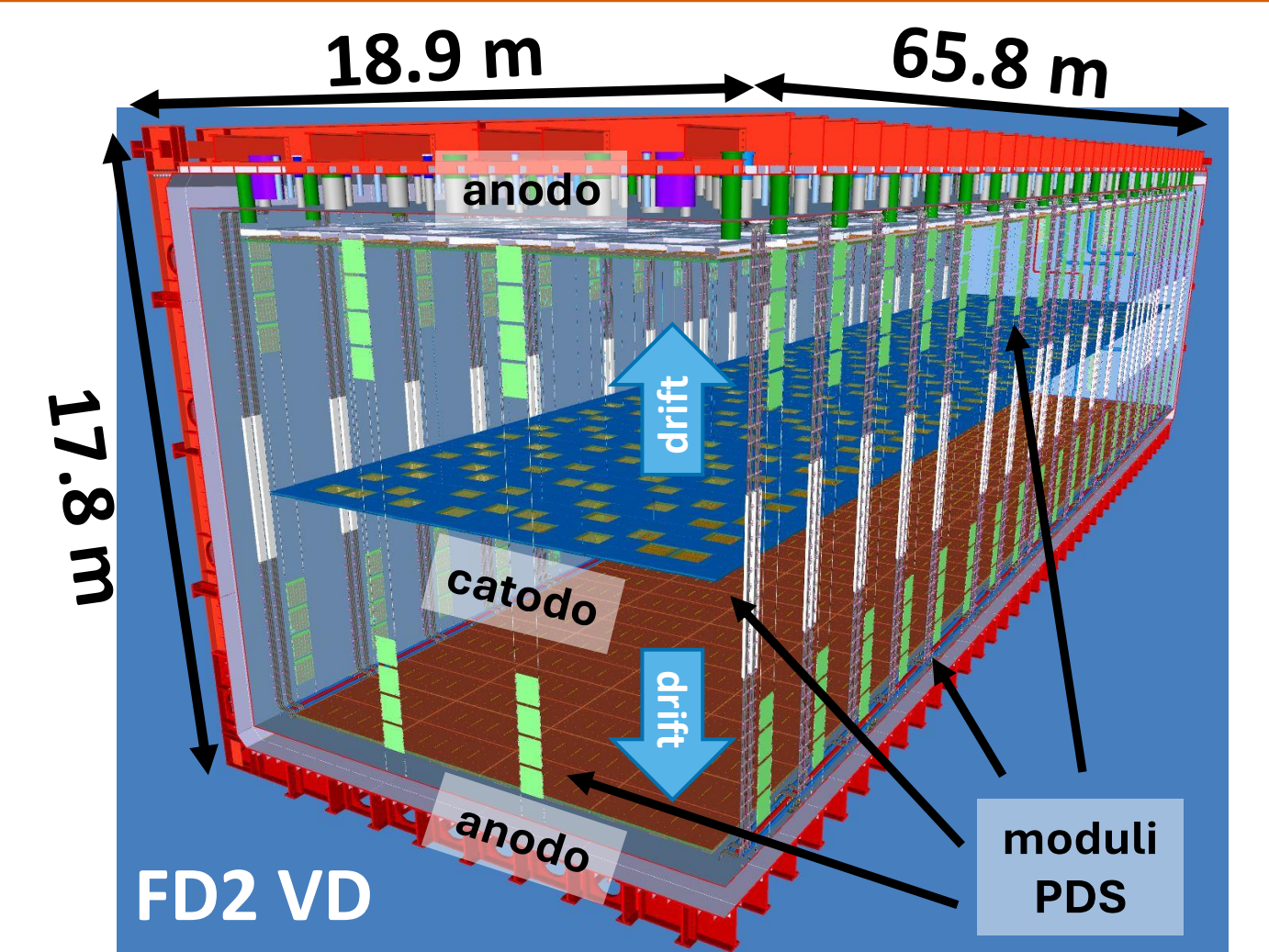
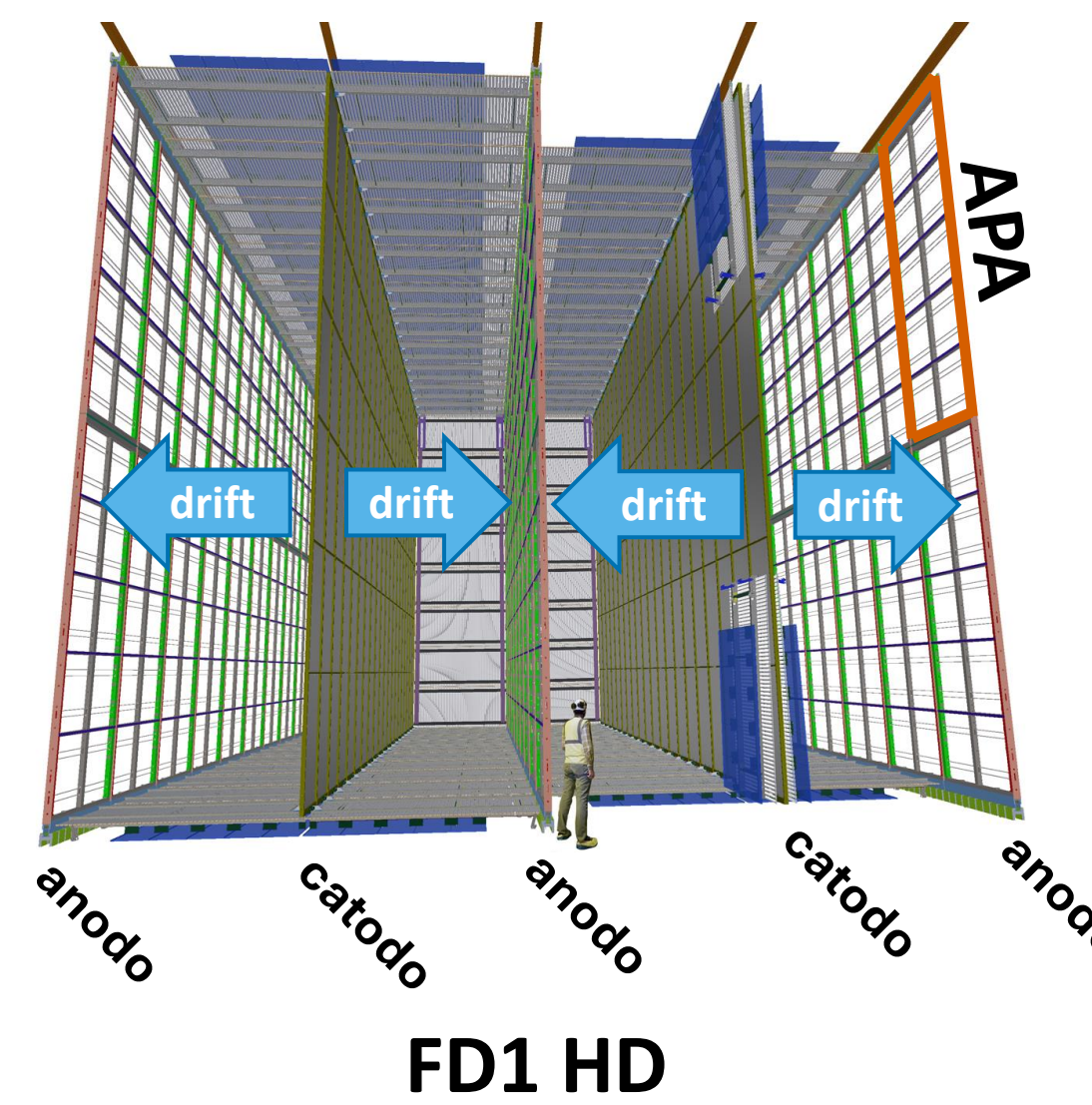


Il Far Detector



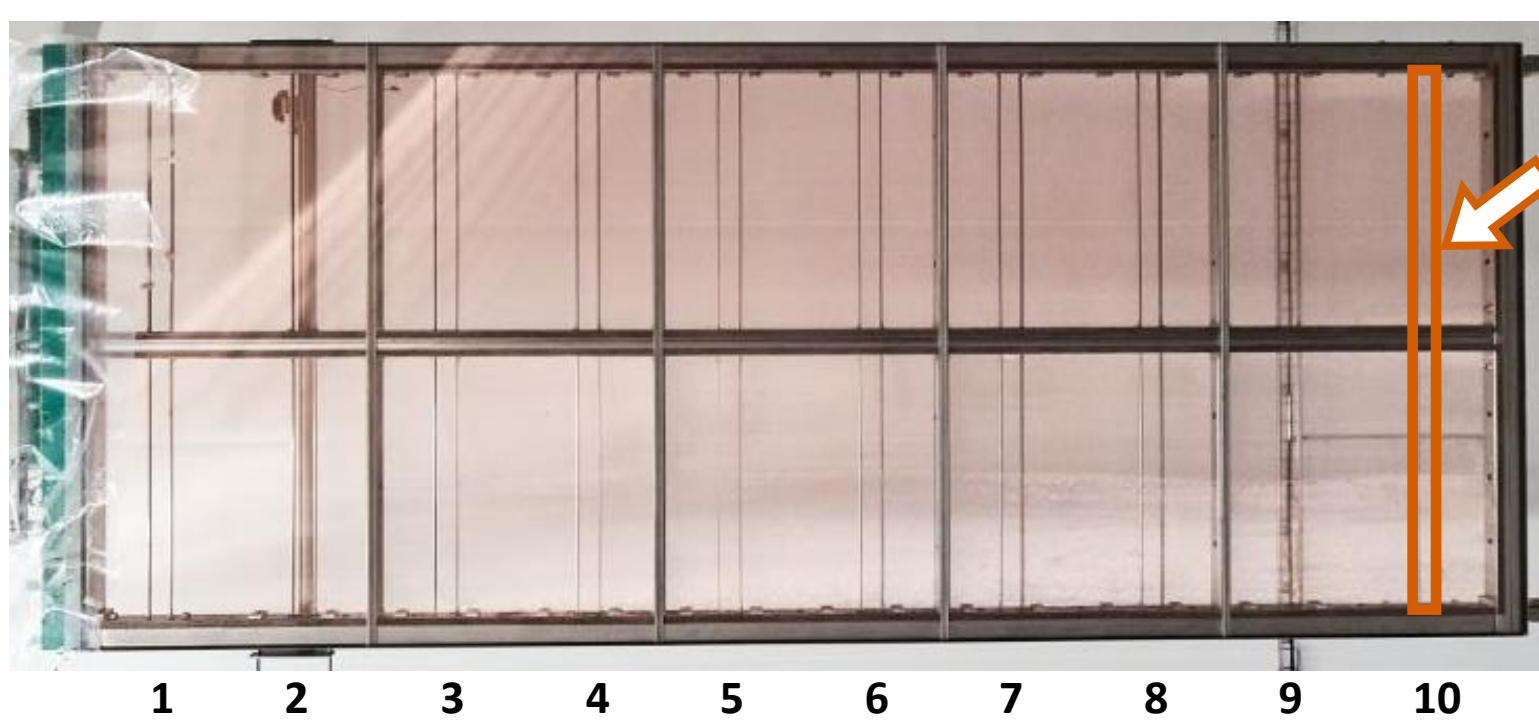
Il Far Detector di DUNE verrà realizzato con un **design modulare:**

- I **primi due moduli** (di 4 definiti) sono basati su tecnologia LArTPC
- Ogni criostato contiene **17kton di LAr**
- **FD1: direzione di drift orizzontale**, 4 volumi, piani anodici a fili (APA)
- **FD2: direzione di drift verticale**, 2 volumi, piani anodici a circuiti stampati forati (Charge Readout Plane)



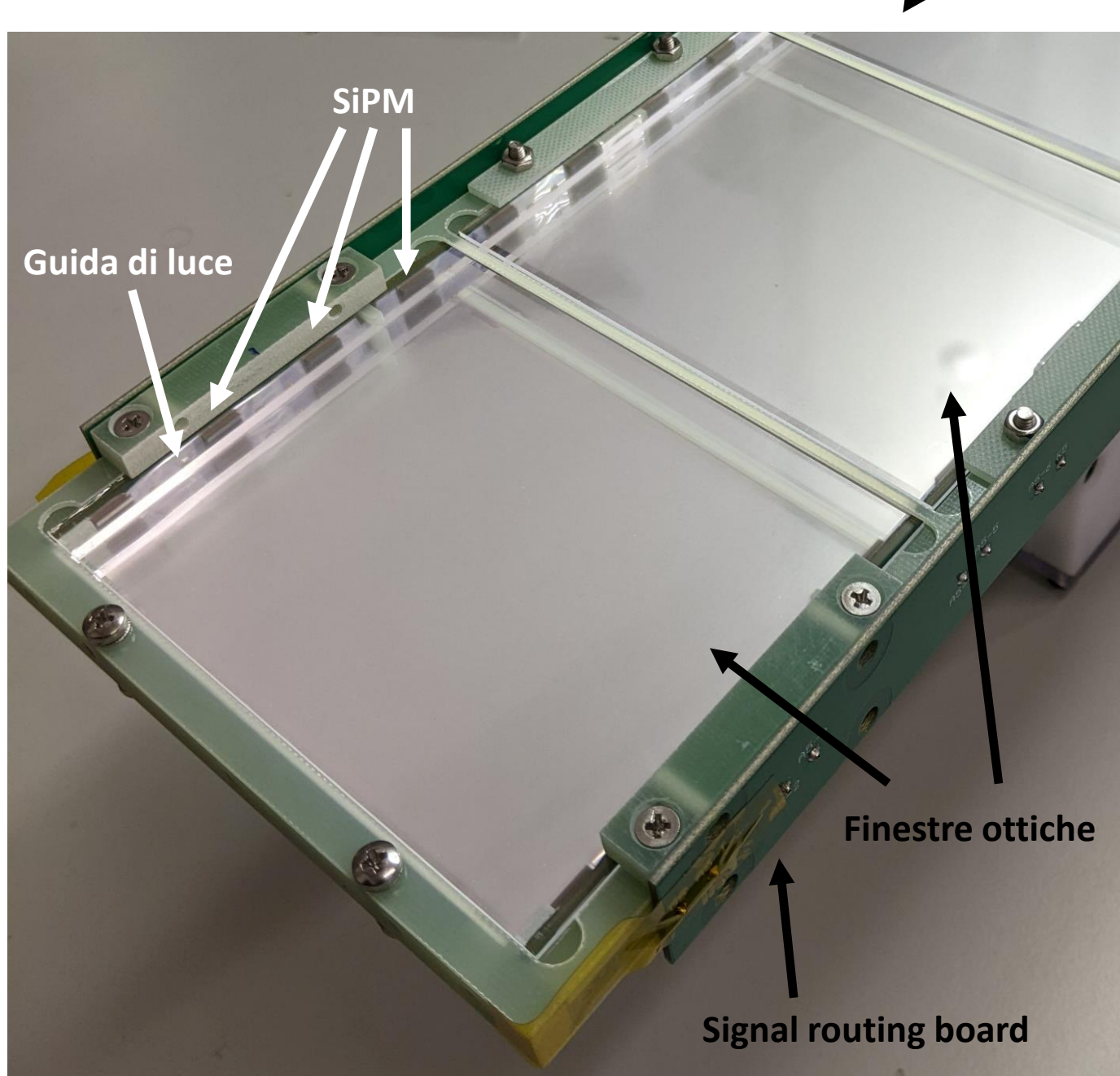
Far Detector 1 - Horizontal Drift

Nel primo modulo del Far Detector, il PDS è integrato all'interno degli anodi della TPC. Il modulo base degli anodi è l'**Anode Plane Assembly (APA)**, ogni APA ospita **10 moduli del PDS**, a sua volta costituito da **quattro celle ottiche** chiamate «SuperCell», lette individualmente.



La carica è letta grazie a quattro set di fili, l'APA risulta quindi sufficientemente **trasparente alla luce di scintillazione** ed i **moduli del PDS** possono essere **inseriti al suo interno**.

Ogni cella ottica è **instrumentata con 48 SiPM** distribuiti uniformemente sui lati lunghi. Il PDS del FD1 è costituito da **6000 celle ottiche** per un totale di **288000 SiPM**.



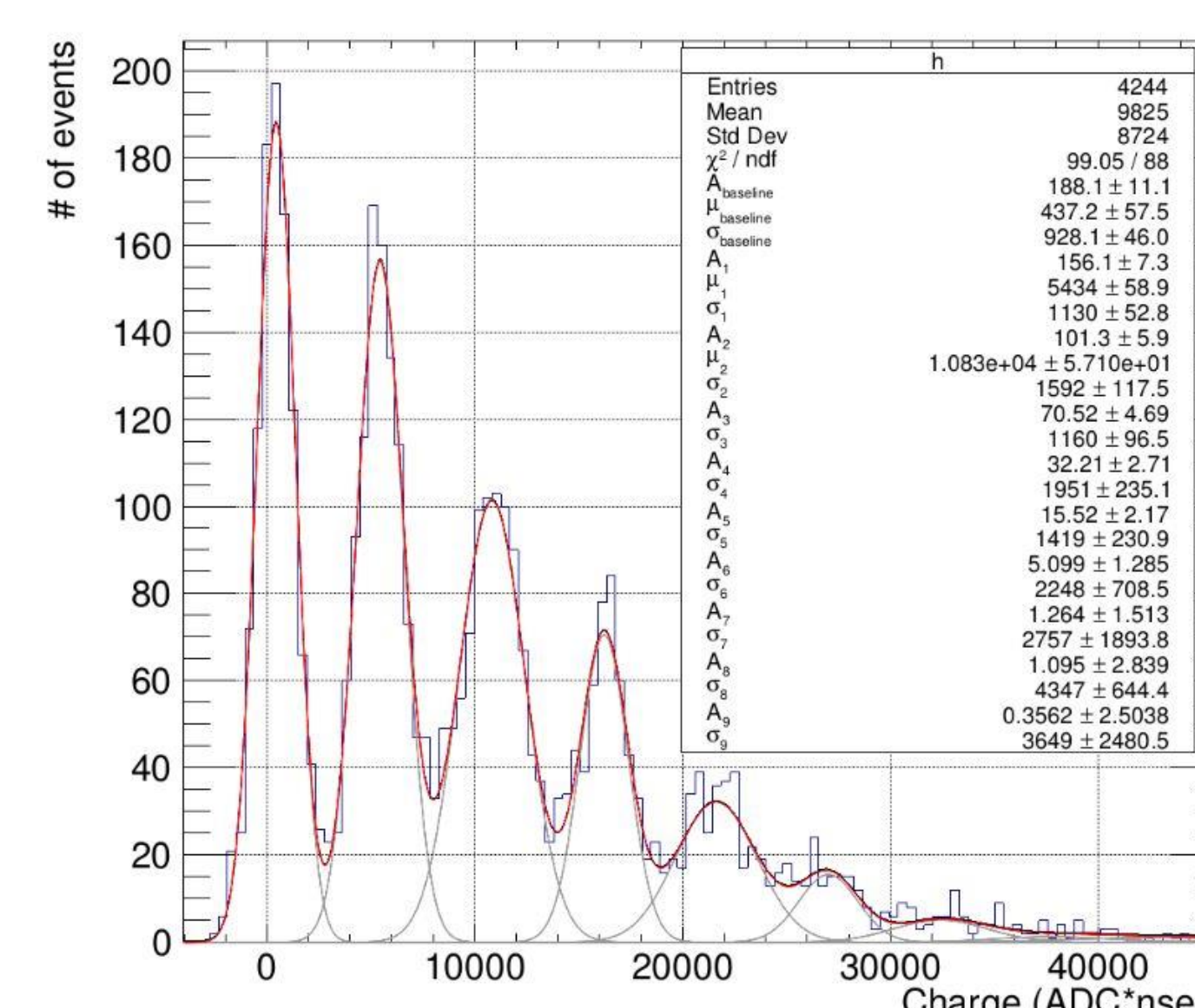
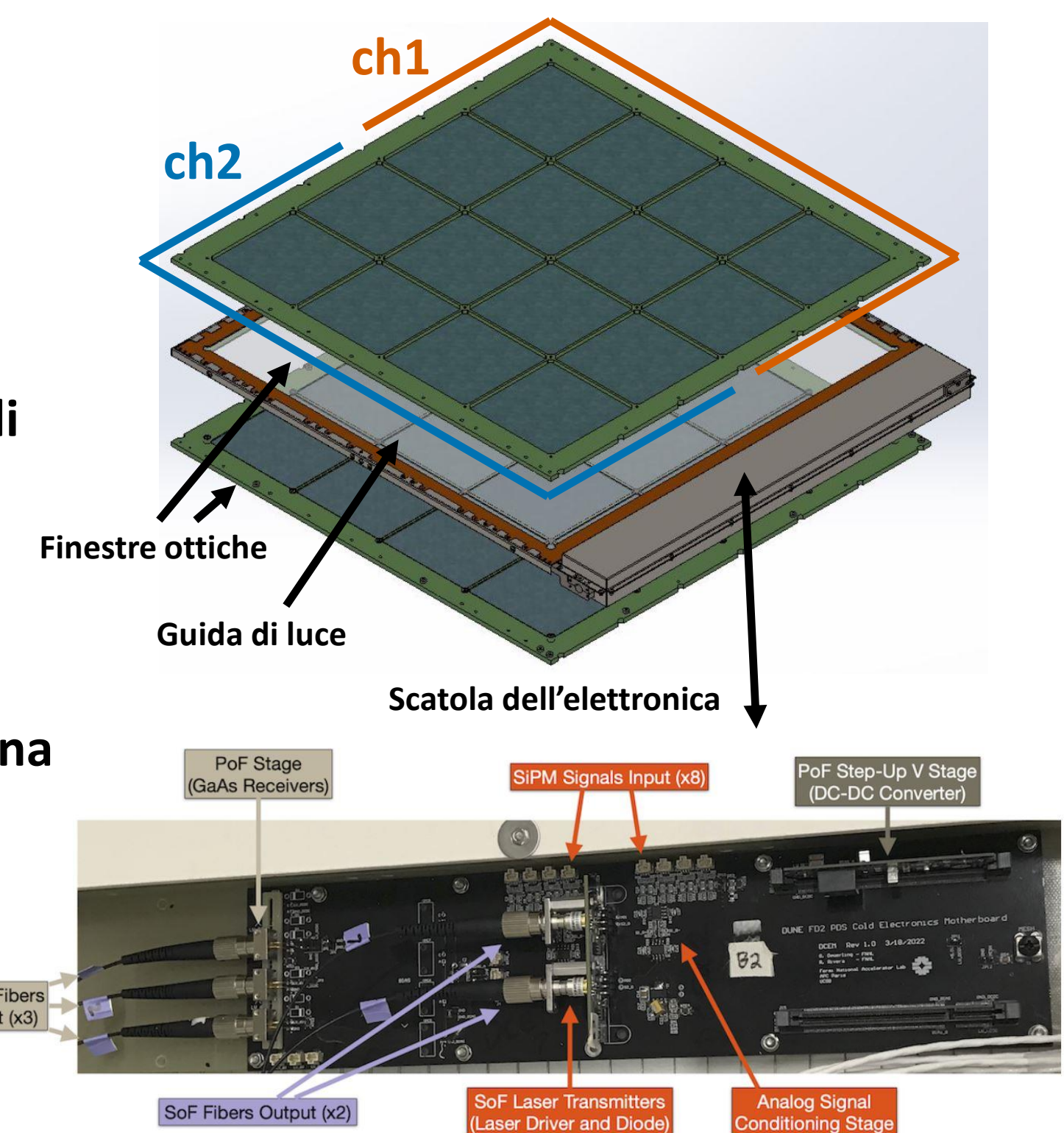
I SiPM sono prodotti da **Hamamatsu Photonics K.K. (HPK)** e da **Fondazione Bruno Kessler (FBK)**

caratteristica	HPK	FBK
Vbias (tipico)	45V	31.5V
Area attiva	6x6 mm ²	
Efficienza (~450nm)	~50%	
Dark Count Rate	< 200 mHz/mm ²	
Rumore Correlato	11%	16%

Far Detector 2 – Vertical Drift

Nel secondo modulo del Far Detector, i **moduli del PDS** sono distribuiti sulle **pareti verticali del criostato e sul catodo**, non sono invece presenti sugli anodi perché opachi (circuiti stampati).

- La **luce di scintillazione** deve percorrere una **distanza maggiore** per raggiungere i moduli del PDS, quindi, a causa dello scattering elastico Rayleigh, l'intensità sarebbe fortemente limitata
- Grazie ad **Argon drogato con Xenon**, la luce di scintillazione a ~175nm è meno soggetta a questa attenuazione
- I moduli posizionati sul **catodo** sono ad esso equipotenziali a **300kV**, non è quindi possibile una **connessione mediante materiali conduttori**
 - Sviluppati sistemi di comunicazione e trasmissione di potenza ottici
 - **Signal Over Fiber (SOF)**
 - **Power Over Fiber (POF)**



Il modulo base del PDS in FD2 ha dimensioni di 65x65cm, **160 SiPM** sono **disposti su tutti i 4 lati**, divisi su **8 circuiti flessibili** letti da **2 canali** differenti.

Nel FD2 sono presenti **672 moduli del PDS** per un totale di **107520 SiPM**

