

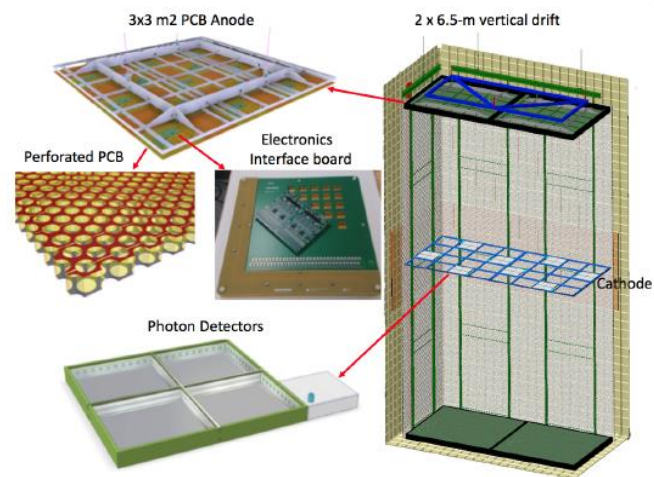
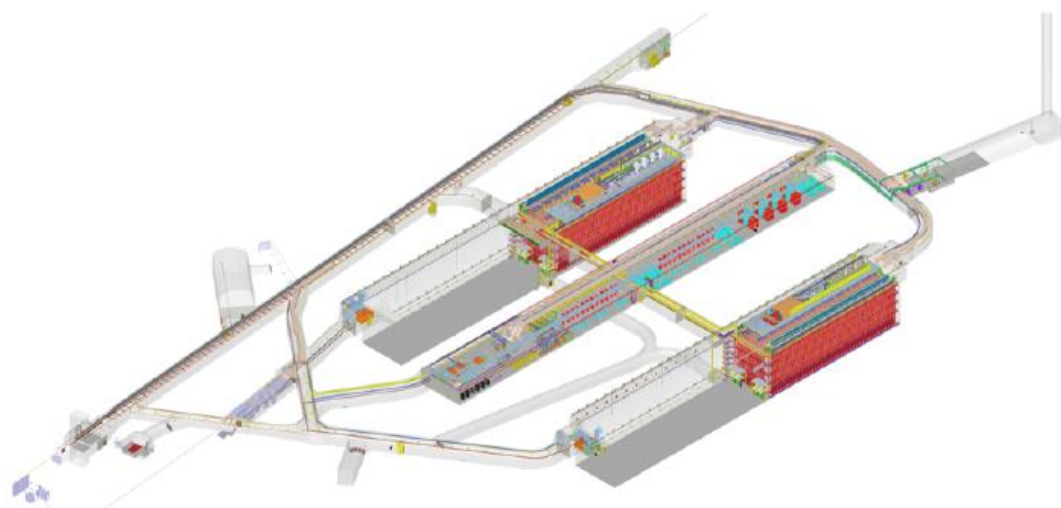
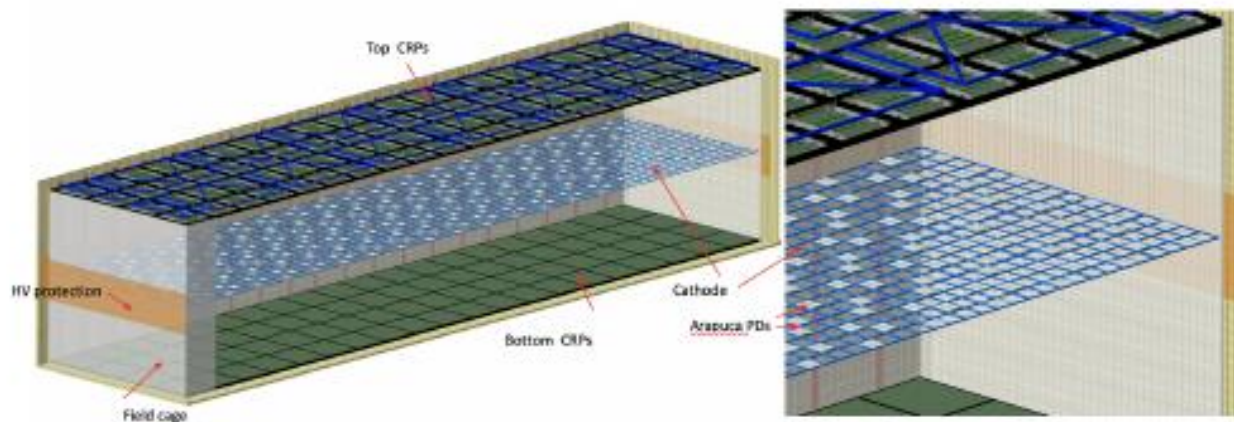
Il photon detection system di FD2-VD

Francesco Terranova
Meeting di DUNE Italia
12 Nov 2021

FD2-VD: il secondo modulo di DUNE

- Doppia fase non ancora matura per poter essere un candidato credibile per DUNE
- Alcuni important achievements di ProtoDUNE-DP
 - Purezza e HV (drift length 2x rispetto a FD1-HD)
 - Elettronica fredda rimovibile dall'alto
- Vertical drift
 - Lunghezza di drift doppia rispetto all'horizontal drift (HD)
 - Orientazione verticale per trarre profitto dall'elettronica fredda rimovibile
 - Lettura a strip (PCB) e non più attraverso i piani di fili anodici (APA)
 - Elettronica rimovibile (ProtoDUNE-DP) nella parte superiore
 - Elettronica fredda standard di DUNE (ProtoDUNE-SP) nella parte inferiore

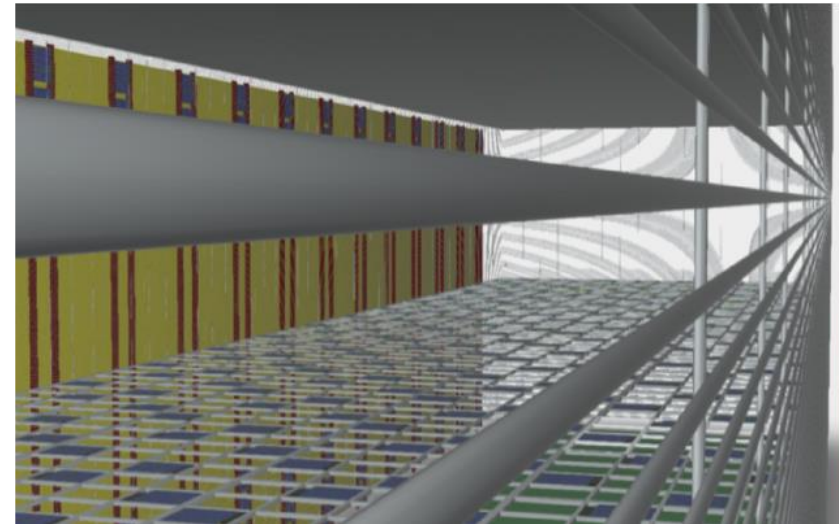
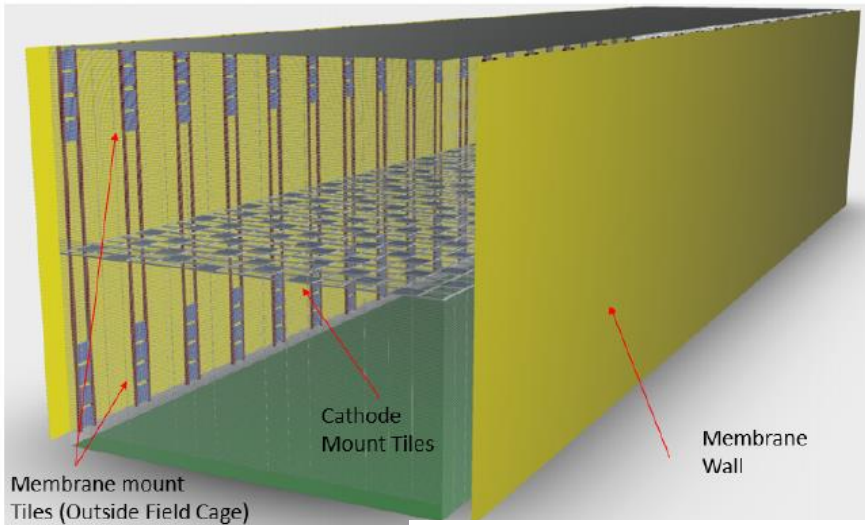
FD2-VD: il secondo modulo di DUNE



Il PDS del Vertical Drift

- Venendo a mancare l'APA, viene anche a mancare il posto dove mettere il Photon Detection System
- Due posizioni disponibili:
 - Oltre la field cage, agganciato direttamente sul criostato. Field cage con trasparenza del 70%. **Membrane tiles**
 - Oggetto simile a quello dell'horizontal drift (v. dopo)
 - Superficie maggiore per compensare la distanza (ganging di >80 SiPMs), efficienza di trapping Maggiore.
 - Sul catodo a un potenziale di 320 kV! **Cathode tiles.**
 - Stessa struttura delle membrane tiles ma con alimentazione e lettura del segnale a fibra ottica
 - Power over Fiber
 - Optolink che converte il segnale dei SiPM in impulsi ottici attraverso un LED (o diode laser)

Il PDS del Vertical Drift



Item	Quantity	Detector Surface
X-ARAPUCA modules	320 double-side	Cathode plane
	320 single-side	Membrane long walls
Dichroic Filters	34,560	
WLS plates	640	
PhotoSensors (SiPMs)	51,200	Cathode plane
	51,200	Membrane long walls
Signal Channels	640	Cathode plane
	640	Membrane long walls
SiPMs per channel	80	
Optical Area	$115 \text{ m}^2 \times 2$	Cathode plane
	115 m^2	Membrane long walls
Active coverage	14.8%	Cathode plane
	7.4%	Membrane long walls

La “tile”

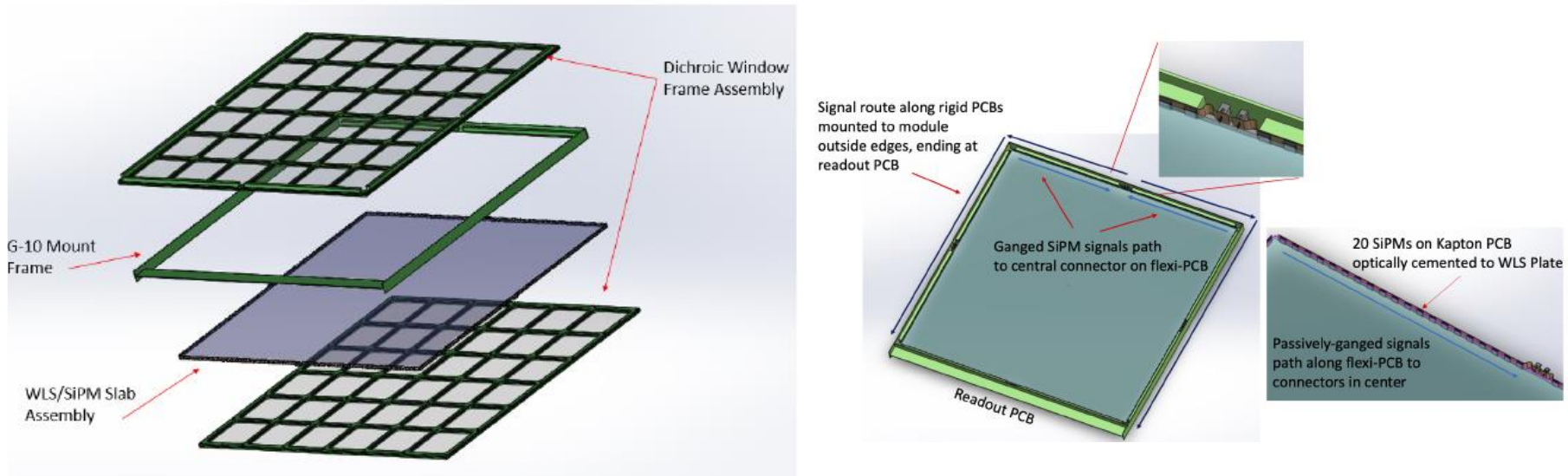


Table 6.5: PD basic unit: X-ARAPUCA module.

Item/Parameter	Quantity	Dimensions
Area	1	$644 \text{ mm} \times 675 \text{ mm} = 0.4 \text{ m}^2$
Thickness	1	22.4 mm
Weight	1	$\sim 5.5 \text{ kg}$
Optical Area	2 (two-sided)	$600 \text{ mm} \times 600 \text{ mm} = 0.36 \text{ m}^2$
Dichroic Filters	36×2 sides	$97 \times 97 \text{ mm}^2$
WLS plates	1	$600 \text{ mm} \times 600 \text{ mm} = 0.36 \text{ m}^2$
SiPMs	160	$6 \times 6 \text{ mm}^2$
Read-out Channels	2	
SiPMs per channel	80	

Contributo europeo

- Abbiamo presentato il possibile contributo europeo al workshop di Luglio 2021 basandoci su quanto avevamo preparato per il CTS dell'INFN
- Items di cui siamo responsabili [100% core costs, 75% labor nel Master Plan di DUNE (P6)]:
 - Responsabilità dello sviluppo, test, procurement dei **SiPM**
 - Responsabilità dello sviluppo, test, procurement delle **barre WLS**
 - Responsabilità dello sviluppo, test, procurement dei **filtri dicroici** (possibile contributo dal Brasile)
 - Design, meccanica e produzione delle **membrane tiles**
 - Design e produzione della **warm electronics**
 - Sistema di **calibrazione** delle membrane tiles
- Item sui quali collaboriamo con gruppi US [25% labor in P6]: cold electronics, power-over-fiber, optocoupler

Risorse finanziarie

- Il CTS INFN ha fornito un report molto positivo sulla parte italiana del PDS, sia per FD1-HD sia per FD2-VD. Importante, però, il caveat sulle schedule di DUNE.
- Risorse per il PDS del vertical drift:
 - INFN (CTS) 1612 kE (SiPM) + 360 kE (WLS) = 1972 kE
 - Spagna 1410 kE. Seconda tranche del recovery fund, da spendere entro Dec 2022! → partita di giro con INFN, acquisteranno i SiPM FBK per il primo modulo.
 - Repubblica ceca 300 kE (2023-26)
 - Francia: richieste in corso per l'optocoupler
- Distribuzione dei task e organizzazione generale: in corso.
 - Workshop di Luglio
 - Meeting PI italiani coinvolti nel PDS
 - Meeting CZ-IT-SP

Proposto: workshop europeo da tenersi entro l'anno simile a quello fatto nel 2019 per il primo modulo

Tasks (v11 😊)

<u>EU/Brazil Core M&S Line Item</u>	<u>USD</u>
All Production SiPMs w/9% spare	\$ 1,562,624
All Production Dichroic Filters w/9% spare	\$ 1,009,567
All Production WLS plates w/9% spare	\$ 279,040
All Production Warm Electronics w/9% spare	\$ 470,880
Membrane Production fibers/cables/flanges	\$ 175,000
Membrane Support Structure Mechanics	\$ 30,000
Membrane Production Calibration System w/9% spare	\$ 231,080
All module-0 SiPMs w/20% spare	\$ 129,024
All module-0 Dichroic Filters w/20% spare	\$ 83,359
All module-0 WLS w/20% spare	\$ 23,040
All module-0 Warm Electronics	\$ 60,000
Membrane module-0 Calibration System	\$ 30,000
EU/Brazil Core Total USD:	\$ 4,083,613
USD to EURO conversion	0.85
EU/Brazil Core Total Euro:	€ 3,471,071

Proposte da discutere:

- SiPMs [INFN + CZ]
- WLS [INFN]
- Dichroic filters
- Warm electronics [INFN?]
- Calibrazione [SP]
- Production center [SP?]

Gruppi finora coinvolti

Gruppo	Attività finora	Task possibili	Note
Bologna	SiPM (+non shrinked)	SiPM, warm electronics	Da armonizzare con le attività del near detector
Ferrara	SiPM (+non shrinked)	SiPM, warm electronics	
Milano	Simulazione, Power-over-fiber	Analisi, Power-over-fiber	Interesse anche per altri item
Milano Bicocca	SiPM, cold electronics, WLS, filtri dicroici	SiPM, cold electronics, WLS, filtri dicroici	Sta crescendo il gruppo di analisi e simulazione
Napoli	SiPM	Cold box tests @CERN, warm electronics	Filtri dicroici e coupling SiPM-WLS

E' un'attività ancora in stato iniziale e che offer opportunità di aggregare nuovi gruppi, anche al di fuori di DUNE-Italia

Attività in corso

- SiPM: mini-produzione di 75mum HPK e triple trench FBK (200 per vendor). Il low breakdown voltage FBK e' particolarmente vantaggioso per il Power over fiber [BNL, Bo, Fe, Mib].
- Coupling diretto SiPM-WLS con PCB flessibili in Kapton(*) [CSU, Mib, Napoli]
- Ganging di 80 SiPM con cold-amp a due transistor [Mib, PRIN17] e con diversa topologia [Fermilab, Santa Barbara]
- WLS bars di Glass-to-Power [Mib Fisica e Scienze dei materiali]
- Filtri dicroici con cutoff sharp e minor dipendenza dalla direzione di incidenza (*) [Mib, Napoli]

(*) v. talk di C. Cattadori

Grant sottomessi (in valutazione)

- PRIN2020: Photon detection in Extreme Environments for Fundamental and Applied Physics, (Galbiati, Fiorillo, Lazzaroni, Scapparone, Terranova). Decisione tra qualche settimana.
- Grant giovani 2021 comm. V: Cryogenic Power-over-Fiber for fundamental and applied physics PI M. Torti (ha passato ieri la fase I. Decisione in Dicembre)
- ERC Synergy call 2021: Solar neutrinos in Liquid Argon (SoLAr) (Terranova, Gil-Botella, Soldner-Rembold, Weber) [appena sottomesso]
- Dottorati e RTD-A su fondi PON [concorsi in essere]

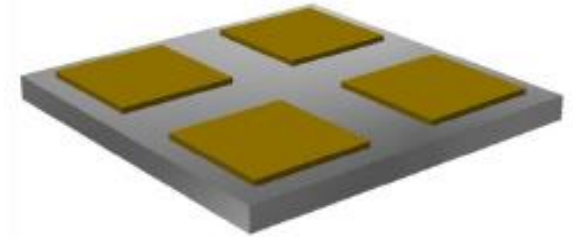
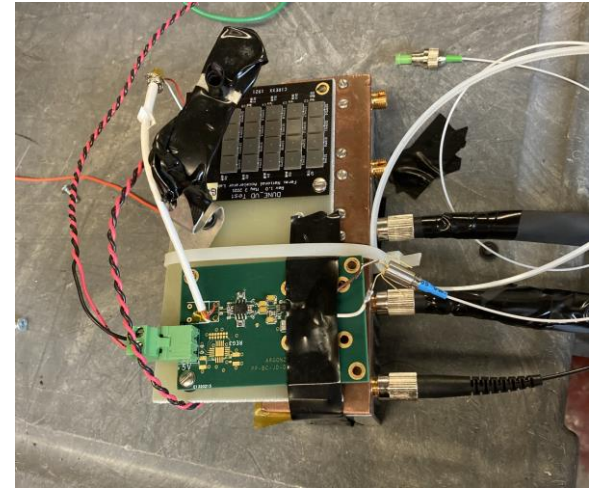
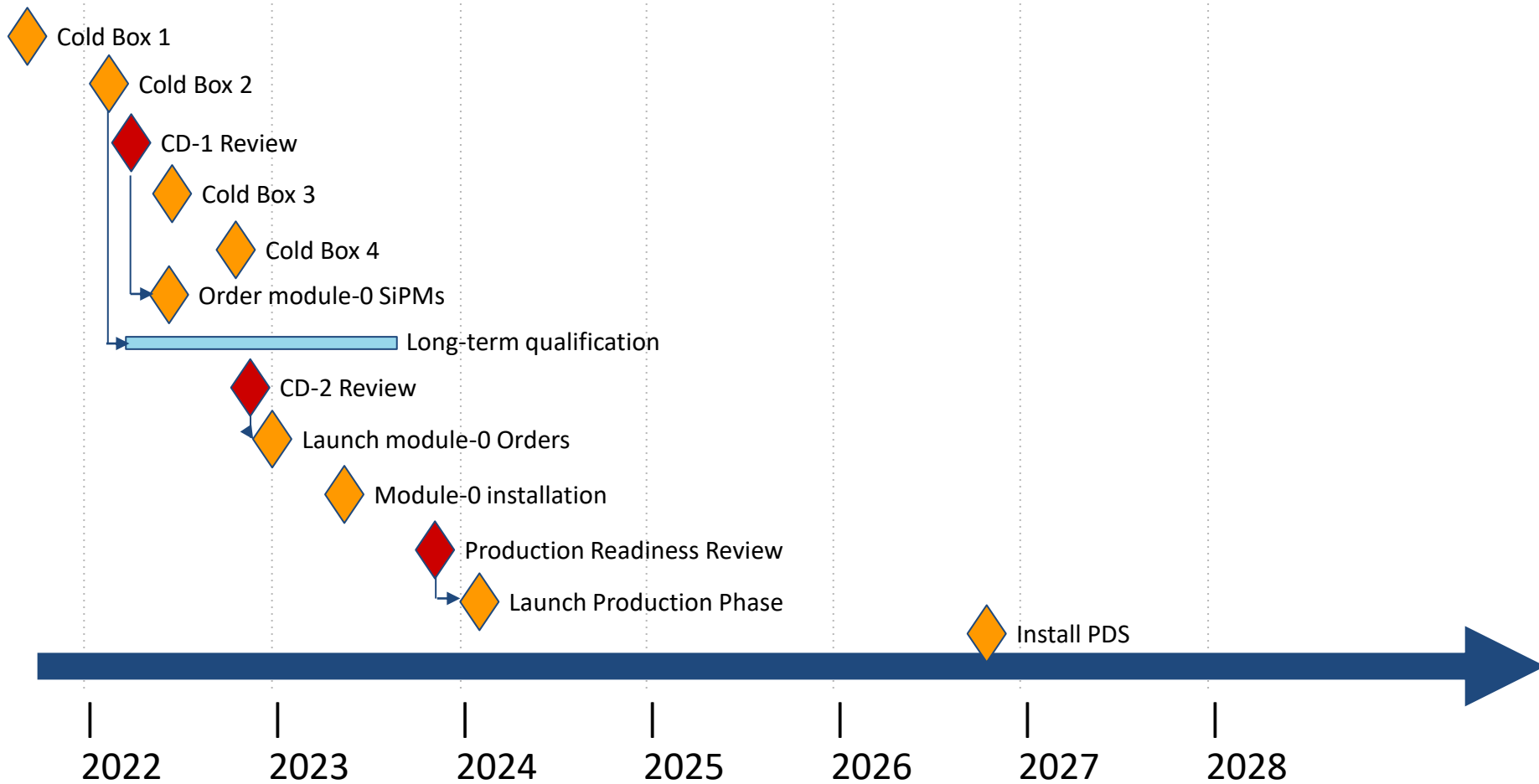


Figure 4: The all-silicon readout unit as one of the deliverables of the project. It is based on VUV SiPMs with charge collection pads on the same unit. The unit corresponds to one MPPC photon detection readout channel and four charge readout channels.

Timeline



II programma “cold box”

- Cold Box 1 (in progress)
 - Detector module, power-over-fiber, analog readout.
- Cold Box 2 (February 2022)
 - Improved Cathode mounted detector module, power-over-fiber, analog and digital/**Cryosub** readout.
 - **Membrane mounted** detector module, power, readout.
 - **DAQ integration.**
- Cold Box 3 (July 2022)
 - Improved Cathode mounted detector module, power-over-fiber, analog and digital/Cryosub readout.
 - Improved Membrane mounted detector module, power, readout.
 - Improved DAQ integration.
- Cold Box 4 (November 2022)
 - Improved Cathode mounted detector module, power-over-fiber, analog and digital/Cryosub readout.
 - Improved Membrane mounted detector module, power, readout.
 - Improved DAQ integration.
- ProtoDUNE2 1/20th scale module-0 (June 2023)
 - 3 module types (Cathode, Field-cage, and Membrane), power-over-fibers, readout, DAQ integration.

Conclusioni

- Il Vertical Drift è ormai il design di baseline per il secondo modulo di DUNE
- I gruppi europei avranno una posizione di grande visibilità nel PDS del Vertical Drift
- Il Progetto è tecnicamente immaturo (mia opinione 😊) ma c'è un solido programma di consolidamento: il set di cold box tests (2021-23) e il Module-0 (Vertical Drift in protoDUNE-DP)
- L'INFN sta già dando contributi significativi: WLS, SiPM-WLS connection, non-shrunked SiPM, filtra dicroici, Power-over-Fiber, etc.
- E' una situazione simile a quella del primo modulo nel 2019: molte attività in corso ma ora è tempo di
 - Strutturare con maggior precisione le attività e le responsabilità INFN
 - Attrarre nuovi gruppi all'interno dell'INFN