



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI BARI
ALDO MORO



XXXI CICLO DI DOTTORATO

Dottoranda: INTONTI ROSARIA ANNALISA

‘Calibrazione con elettroni di bassa energia del far detector di T2K per la rivelazione di neutrini e antineutrini’

Tutori: PROF. BERARDI VINCENZO
DOTT. RADICIONI EMILIO

Sommario

- L'esperimento T2K
- Rivelatore vicino ND280 e il suo upgrade
- Attività svolta nel 2016
- Rivelatore lontano Super-Kamiokande
- Calibrazione degli elettroni in Super-Kamiokande
- Proposta di lavoro per gli anni 2017 - 2018
- Esami
- Pubblicazioni e lavori a stampa (2015-2016)

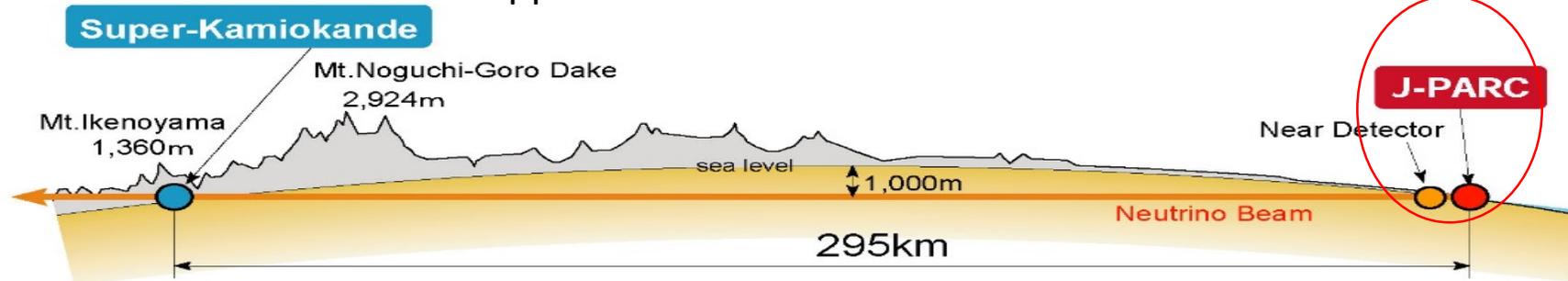
L'esperimento T2K

T2K (Tokai to Kamioka) è un esperimento di oscillazione di neutrino di tipo "Long Baseline".

In tali esperimenti i neutrini prodotti in un determinato luogo, vengono rivelati a centinaia di chilometri di distanza, per osservare la trasmutazione di una parte di neutrini da un flavour in un altro (oscillazione). Il fascio di neutrini utilizzato dall'esperimento, è prodotto dal protosincrotrone a Tokai in Giappone. Si tratta di protoni di 30GeV su un bersaglio di carbonio.

Si cerca l' "apparizione" di ν_e in un fascio quasi puro di ν_μ .

Il fascio di neutrini con un'energia media di circa 600MeV, adeguatamente monitorato da un insieme di rivelatori posti nel complesso di J-PARC, viene inviato a 295 km di distanza dove viene intercettato dal rivelatore Super-Kamiokande collocato all'interno delle miniere di Kamioka vicino alla costa ovest del Giappone.



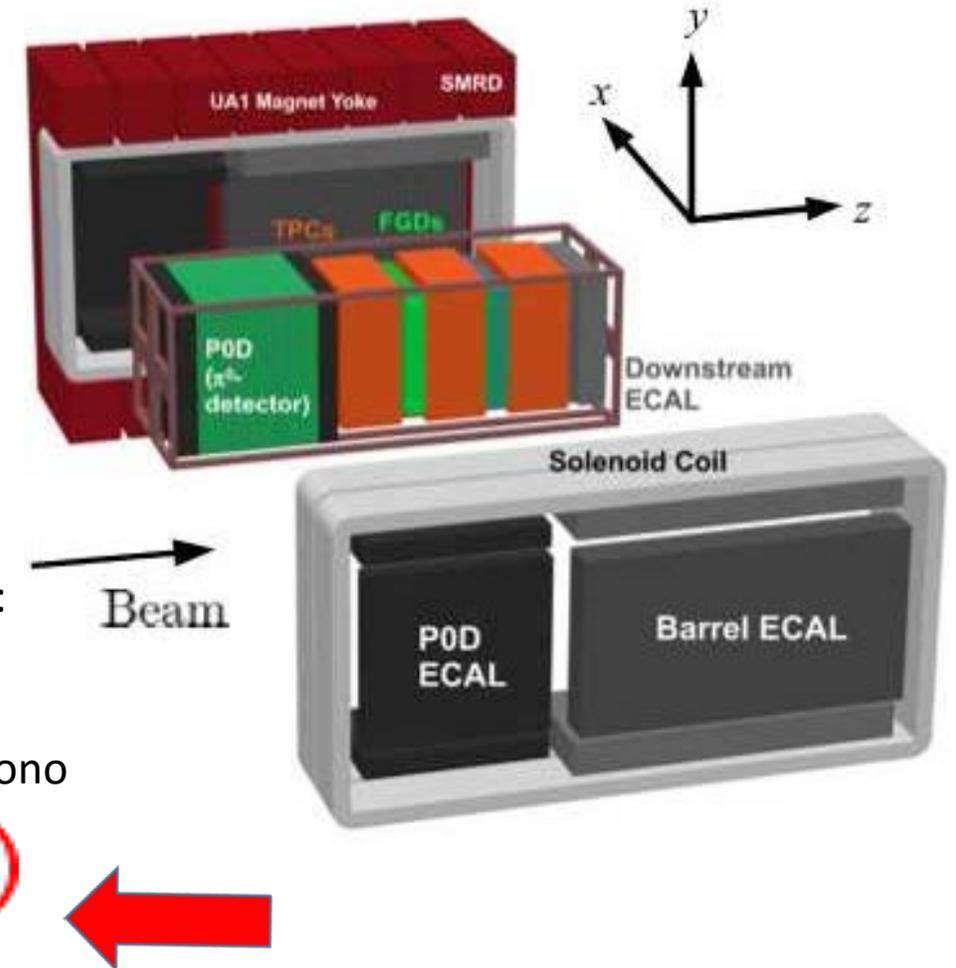
ND280: 1) Misura del flusso di neutrini prima dell'oscillazione

2) Sezioni d'urto di neutrini a bassa energia

Il rivelatore è contenuto all'interno di un magnete, che permette di distinguere agevolmente le interazioni di neutrini e antineutrini, ed è composto da:

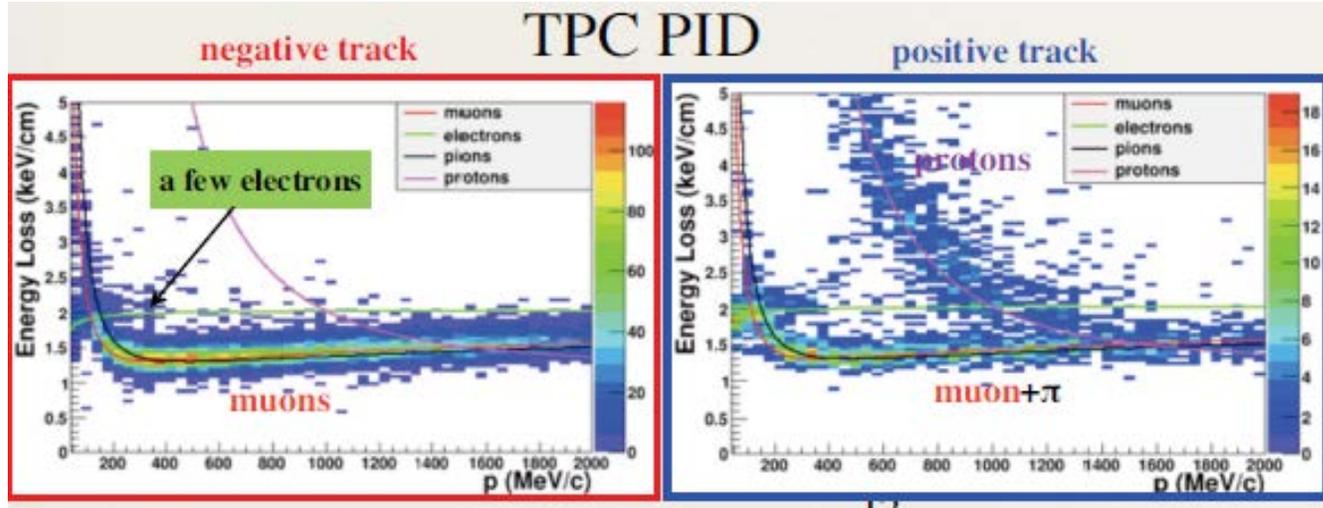
- Pi-Zero Detector (POD): posto nella parte iniziale del rivelatore permette di misurare la quantità di π^0 prodotti
- Calorimetro elettromagnetico (ECAL): circonda sia il POD che il tracker e misura i fotoni /elettroni che non convertono in questi due rivelatori. E' di vitale importanza per la ricostruzione dei decadimenti dei π^0 ;
- Side Muon Range Detector (SMRD): gli interspazi tra le lastre di ferro del magnete UA1 sono riempiti con scintillatori in modo da misurare μ ad alto angolo e identificare i cosmici.
- Tracker formato da:
 1. Bersagli attivi ad alta granularità-Fine Grained Detectors (FGDs): che forniscono la massa bersaglio per le interazioni di neutrino

2. Tre camere traccianti a proiezione temporale (TPCs) che compiono la misura più accurata dello spettro di energia dei neutrini. La misura dell'energia depositata permette inoltre di distinguere tra muoni, protoni ed elettroni.



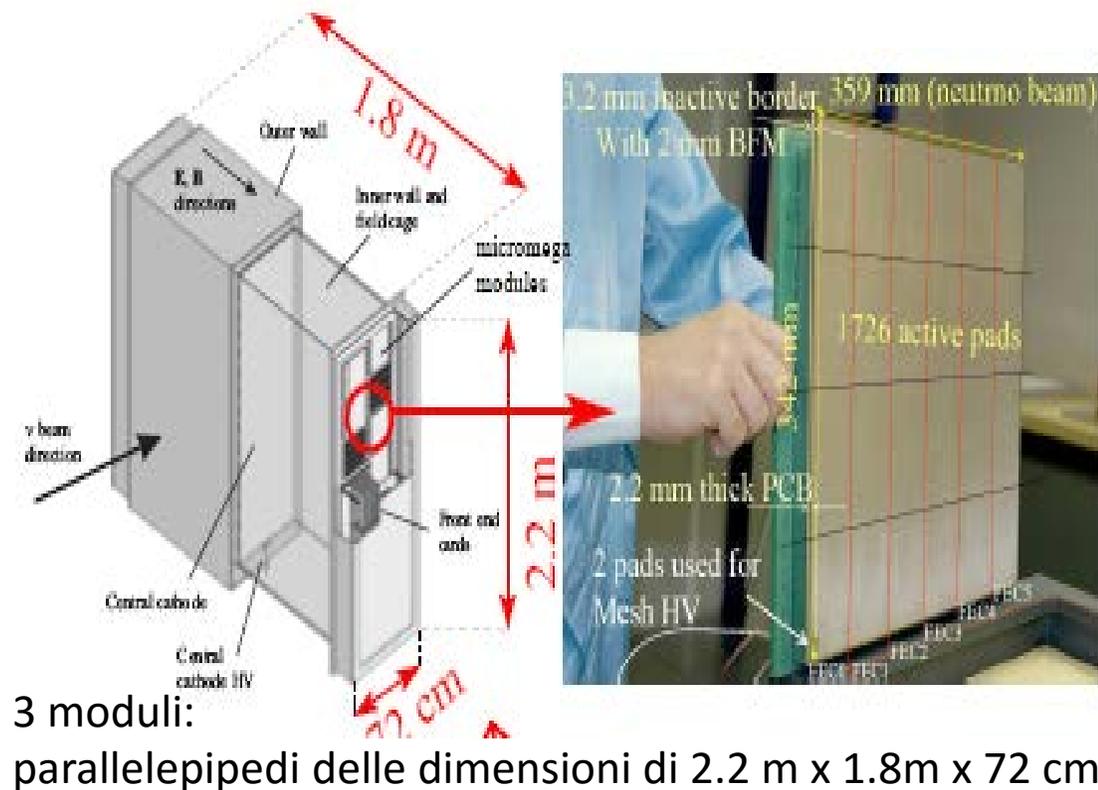
Prima TPC di grandi dimensioni basata su rivelatori a micro-pattern come tracciatore

- Miscela di gas Ar:CF₄:iC₄H₁₀ (95/2/3 a pressione atmosferica): alta velocità e bassa diffusione
- Informazioni sulla perdita specifica di energia dE/dx della particella: in particolare viene misurato l'impulso delle particelle cariche prodotte nelle interazioni per determinare lo spettro energetico del fascio di neutrini.

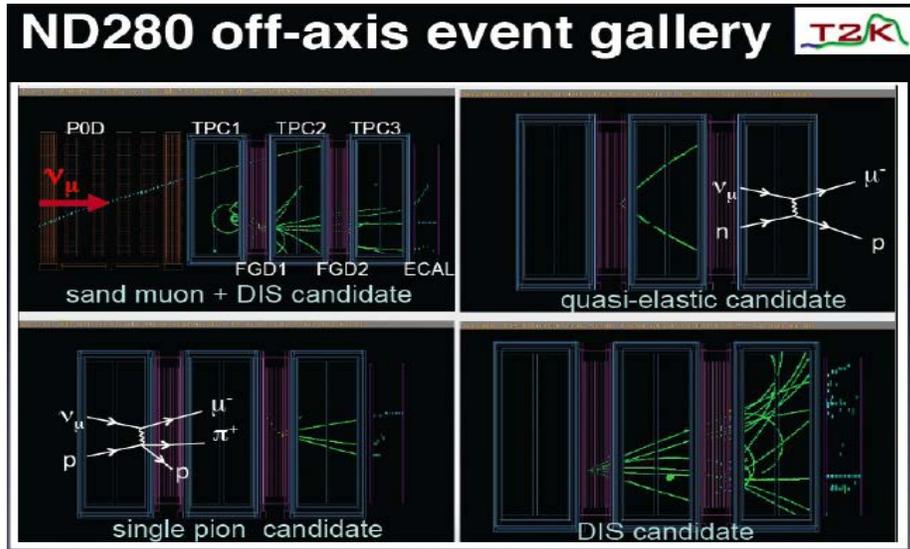


Le TPCs di T2K :

- Risoluzione spaziale eccellente ($\approx 0.3\text{mm}$) indipendente dalla direzione delle tracce
- Risoluzione dE / dx inferiore al 10% (per la distinzione tra elettroni e muoni entro 3sigma)
- Leggerezza, indispensabile per i secondari di bassa energia



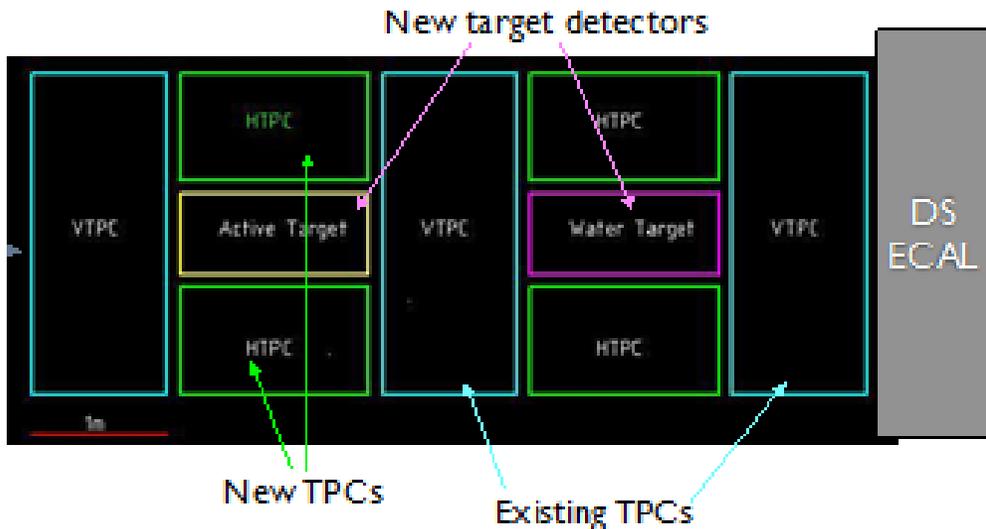
Attività 2016



Studi volti a superare i limiti dell'attuale detector vicino (ND280) in vista dell'upgrade dell'esperimento (T2K-II) che dovrebbe cominciare a prendere dati nel 2020-2021.

LIMITI RIVELATORE ATTUALE:

- 1) Accettazione angolare «SOLO IN AVANTI»
- 2) Misura della sezione d'urto solo in carbonio



NUOVA CONFIGURAZIONE DI ND280:

- 1) Incremento dello spazio delle fasi ottenibile con l'installazione di 4 TPC (TPC orizzontali);
- 2) Precisa misura delle interazioni ν - μ acqua tramite nuovo "water target"

La costruzione dovrebbe avvenire nel **2019-2020!!!**

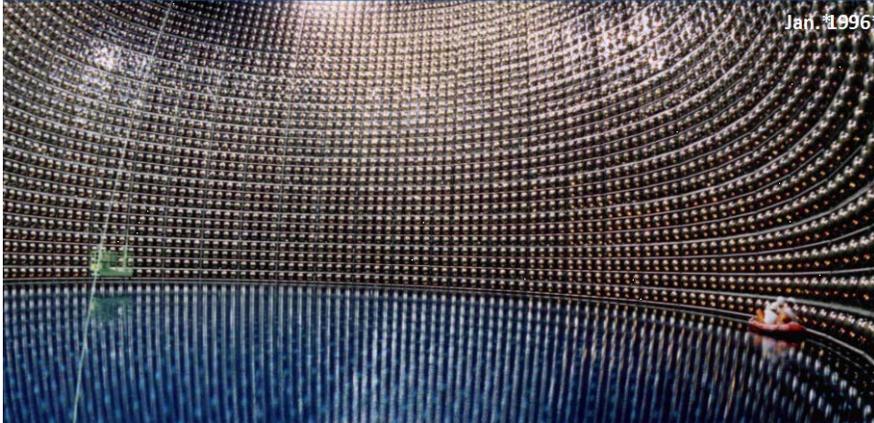
Test e assemblaggio dei nuovi rivelatori sono previsti al CERN nell'ambito della Neutrino Platform **fra la fine del 2018 e il 2020.**

Super-Kamiokande

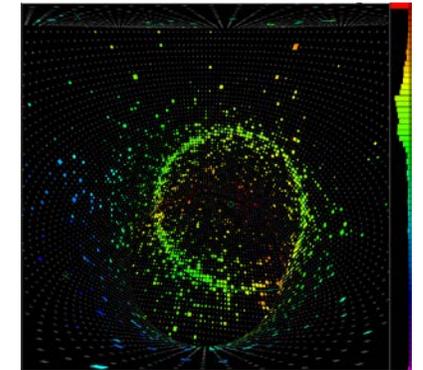
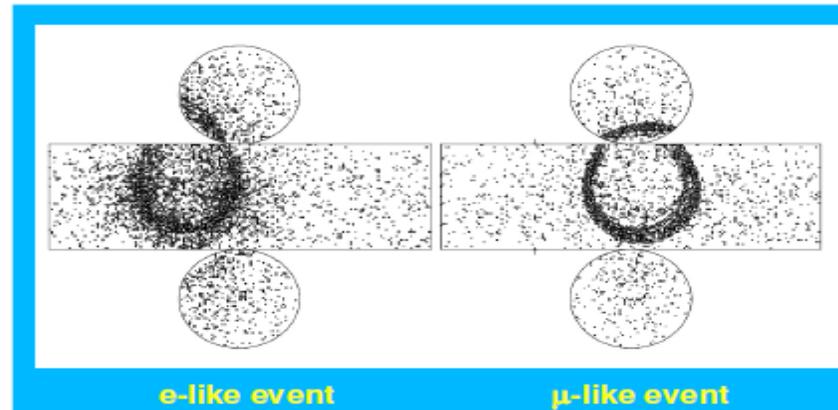
Caratteristiche principali:

- 1.000 m sotto terra nella miniera Mozumi, a Kamioka-cho
- 50kton di acqua pura
- 22.5kton di massa fiduciale
- 11.146 tubi fotomoltiplicatori
- rivela la luce Cherenkov prodotta dalle particelle cariche prodotte dai neutrini che interagiscono all'interno del rivelatore o in prossimità di esso

Filling water in Super-Kamiokande



Uno dei fotosensori in SK

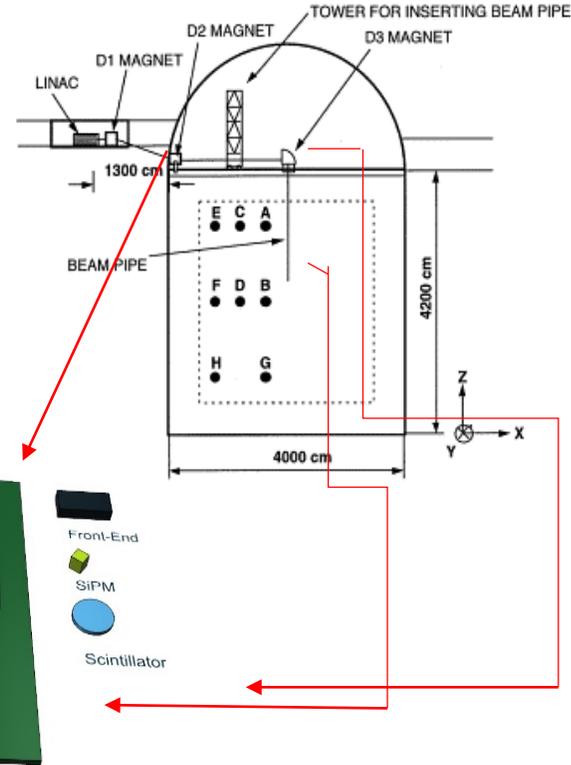
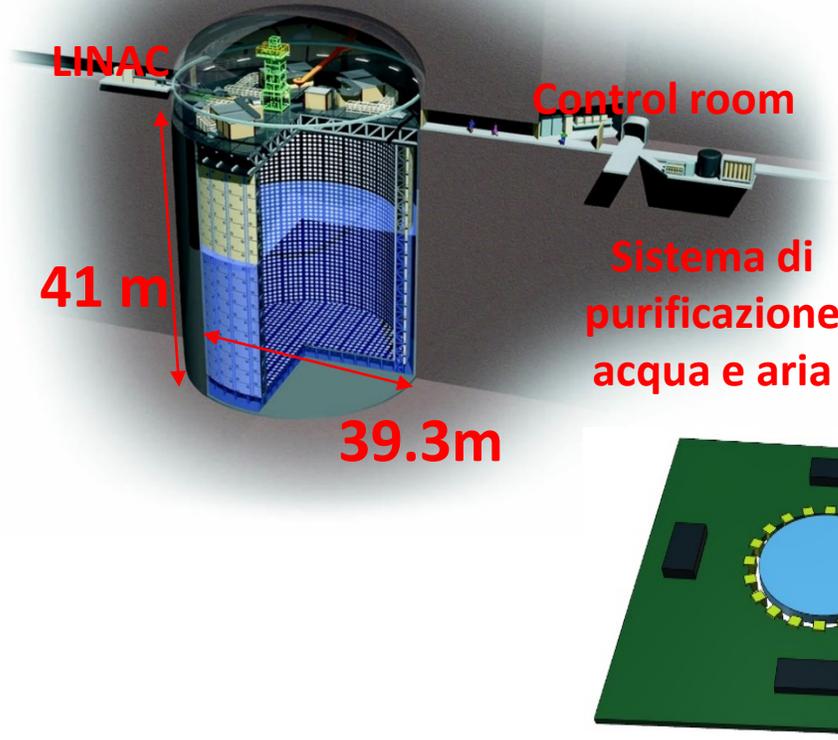


Anello Cherenkov di un elettrone (evento reale)

- dal tempo di incidenza sul muro di PMT (la risoluzione temporale è di pochi ns) è possibile ricostruire il vertice d'interazione e la direzione della particella
- il numero totale di fotoelettroni permette di risalire all'energia della particella

Prospettive per l'anno 2017-2018

Progettazione e realizzazione di un nuovo rivelatore per il monitoring e la calibrazione degli elettroni di energie nel range 5 – 16 MeV



Position Sensitive Monitor (PSM):

- set di 3 monitors basati sul concetto di "gamma camera" (dischi di scintillatori di 2cm di diametro con lettura a SiPM)
- L'insieme dei detectors deve poter essere inserito nella *beam pipe* attuale
- Un set of silicon photo-multipliers (SiPM) verrà utilizzato per leggere la luce degli scintillatori.
- La posizione della traccia verrà determinata grazie al baricentro della quantità di luce raccolta da ogni SiPM.

Una possibile scala temporale per la realizzazione del progetto è la seguente:

2017: R&D e finalizzazione del *design*- Test del primo prototipo con sorgenti radioattive e fasci elettroni di bassa energia (LNF)

2018: Costruzione e installazione dei rimanenti beam monitor - Installazione nel LINAC di SK prima della ripartenza del data taking.

Durante l'R&D e il periodo di costruzione è previsto anche lo sviluppo del readout e del sistema di monitor che sarà eventualmente installato a Super-Kamiokande per essere usato durante le calibrazioni con il LINAC.

Corsi seguiti ed esami sostenuti

ESAME	DOCENTE	PROVA FINALE	CFU
Introduction and advanced C++ programming	CAFAGNA	07-dic	4
Management and knowledge of European research model and promotion of research results	D'ORAZIO	SUPERATA	2
How to prepare a technical speech in English	WHITE	SUPERATA	2
Optical sensors	SPAGNOLO	SUPERATA	2
Nuclear astrophysics	TAGLIENTE	SUPERATA	2
Silicon detectors	CREANZA	SUPERATA	2
Gas detectors	PESKOV	15-dic	2

Publicazioni e lavori a stampa (2015-2016)

- 1) Measurement of the muon neutrino inclusive charged-current cross section in the energy range of 1–3 GeV with the T2K INGRID detector - T2K Collaboration (K. Abe (Tokyo U., ICRR) et al.)
- 2) Measurement of Muon Antineutrino Oscillations with an Accelerator-Produced Off-Axis Beam- T2K Collaboration (Ko Abe (Kamioka Observ.) et al.)
- 3) Measurement of double-differential muon neutrino charged-current interactions on C88H88 without pions in the final state using the T2K off-axis beam -T2K Collaboration (Ko Abe (Kamioka Observ.) et al.)
- 4) Measurement of coherent π^+ production in low energy neutrino-Carbon scattering K. Abe (Novosibirsk State U. & Novosibirsk, IYF & Warwick U.) et al.
- 5) Physics potential of a long-baseline neutrino oscillation experiment using a J-PARC neutrino beam and Hyper-Kamiokande By Hyper-Kamiokande Proto- Collaboration (K. Abe et al.).
- 6) First Measurement of the Muon Neutrino Charged Current Single Pion Production Cross Section on Water with the T2K Near Detector By T2K Collaboration (K. Abe et al.). arXiv:1605.07964, accepted by PRD.
- 7) Sensitivity of the T2K accelerator-based neutrino experiment with an Extended run to 20×10^{21} POT By T2K Collaboration (Ko Abe et al.) arXiv:1607.08004[hep-ex] submitted to PTEP.
- 8) Proposal for an Extended Run of T2K to 20×10^{21} POT. (By Ko Abe et al.) arXiv:1609.04111[hep-ex].
- 9) TITUS: the Tokai Intermediate Tank for the Unoscillated Spectrum (By C. Andreopoulos et al.) (arXiv:1606.08114[physics.ins-det].

Grazie per l'attenzione