

### POSIZIONI ACCADEMICHE E DI RICERCA

---

<b>Professore Associato</b> UNIVERSITÀ DI PADOVA	(da Giu/2023)
<b>Ricercatore Universitario a Tempo Determinato (RTDb)</b> UNIVERSITÀ DI PADOVA	(Giu/2020 - Giu/2023)
<b>Assegnista di Ricerca</b> UNIVERSITÀ DI BRESCIA E INFN, SEZIONE DI PAVIA	(Apr/2019 - Mag/2020)
<b>Assegnista di Ricerca</b> UNIVERSITÀ DI PADOVA E INFN, SEZIONE DI PADOVA	(Gen/2019 - Mar/2019)
<b>Assegnista di Ricerca</b> UNIVERSITÀ DI PADOVA E INFN, SEZIONE DI PADOVA	(Gen/2018 - Dic/2018)
<b>Research Associate</b> BROWN UNIVERSITY	(Gen/2017 - Dic/2017)
<b>Cooperation Associate Fellow</b> CERN	(Lug/2015 - Giu/2016)
<b>Assegnista di Ricerca</b> UNIVERSITÀ DI PADOVA E INFN, SEZIONE DI PADOVA	(Feb/2015 - Dic/2016)

### FORMAZIONE

---

<b>Dottorato di Ricerca in Fisica</b> UNIVERSITÀ DI PADOVA “B flavour tagging with leptons and measurement of the CP violation phase $\phi_s$ in the $B_s \rightarrow J/\psi \phi$ decay at the CMS experiment”. Supervisore: Prof. Franco Simonetto.	(Mar/2015)
<b>Laurea Magistrale in Fisica (D.M.270/04)</b> UNIVERSITÀ DI BOLOGNA “Misura della sezione d’urto di open-beauty in eventi con muoni e jet da quark b con l’esperimento CMS”. Supervisore: Prof. Marco Cuffiani.	(Mar/2011)
<b>Laurea in Fisica (D.M.270/04)</b> UNIVERSITÀ DI BOLOGNA “Studio delle efficienze di trigger in eventi con fotone e Higgs $\rightarrow b\bar{b}$ nel rivelatore CMS a LHC”. Supervisore: Prof. Francesco Luigi Navarra.	(Ott/2008)

### INCARICHI DIDATTICI

---

#### UNIVERSITÀ DI PADOVA

- da AA 2020/21 Corso di *Management and Analysis of Physics Datasets* (responsabile del corso), Laurea Magistrale in Physics of Data.
- da AA 2020/21 Corso di *Fisica 1*, Laurea in Ingegneria Aerospaziale.
- AA 2023/24 Corso di *Fisica 1*, Laurea in Matematica.
- da AA 2024/25 Corso di *Modern Computing for Physics* (responsabile del corso), Laurea Magistrale in Physics of Data.

## UNIVERSITÀ DI BRESCIA

AA 2018/19 Corso di *Fisica Sperimentale* (assistente), Laurea in Ingegneria Meccanica e Ingegneria dell'Automazione.

## RESPONSABILITÀ DI RICERCA

---

### ESPERIMENTO CMS

- 2021-Oggi** Responsabile dell'attività di 40MHz data scouting per il gruppo CMS Padova.
- 2017-2019** Coordinatore del sotto-gruppo di fisica "B2G" dedicato alle ricerche di nuove risonanze pesanti in stati finali comprendenti bosoni W/Z/Higgs.
- 2017-2019** Responsabile della combinazione di misure di fisica dell'Higgs per il sottogruppo di ricerche di produzione e decadimenti esotici.
- 2016-2017** Supervisore delle ricerche di fisica con Muoni nel Gruppo B2G.
- 2015-2017** Responsabile del controllo di qualità e validazione dei dataset per il gruppo di fisica esotica "EXO".
- 2015-2016** Responsabile degli studio di Invecchiamento delle Camere a Deriva dell'esperimento.

### ESPERIMENTO ALICE

- 2019-2020** Co-responsabile delle attività di ricerca di risonanze esotiche leggere con decadimento in coppie di muoni.

### COLLABORAZIONE LEMMA

- 2018-2019** Responsabile per l'acquisizione e il processamento dei dati dello spettrometro per muoni in uso durante le fasi di test-beam.

### PROGETTO PRIN 20227F5W4N

- 2023-Oggi** PI e responsabile dell'unità locale dell'Università di Padova per il progetto PRIN *Cold paramagnetic polar molecules: from particle physics to quantum technology*.

### SPOKE 2 DEL CENTRO NAZIONALE 1 - ICSC

- 2023-Oggi** Responsabile locale per il Dipartimento di Fisica e Astronomia dell'Università di Padova del WP4 dello Spoke 2 del Centro Nazionale di Ricerca in High Performance Computing, Big Data e Quantum Computing.

### ATTIVITÀ DI RICERCA E SVILUPPO

- 2022-Oggi** Attivo nel progetto di Gruppo V INFN *PHYDES* per lo studio del momento di dipolo elettrico dell'elettrone.
- 2022-Oggi** Attivo nel progetto di Gruppo V INFN *FEROCE* per lo sviluppo di sistemi di trasferimento dati basati su protocollo ROCE.

## RUOLI ISTITUZIONALI

---

- 2024-Oggi** Membro della Commissione Terza Missione del Dipartimento di Fisica e Astronomia, Università di Padova
- 2021-Oggi** Membro del Collegio di Dottorato in Physics, Università di Padova
- 2020-Oggi** Membro del Consiglio di Corso di Studi della Laurea Magistrale in Physics of Data, Università di Padova
- 2020-Oggi** Membro della Commissione Didattica della Laurea Magistrale in Physics of Data, Università di Padova
- 2020-Oggi** Membro del GAV (Gruppo per l'Accreditamento e la Valutazione) della Laurea Magistrale in Physics of Data, Università di Padova

## SUPERVISIONE DI STUDENTI

---

### Dottorato di Ricerca:

- . “Triggerless data acquisition and online data processing at CMS”.
- “Search for heavy resonances decaying into a Z boson and a vector boson in the  $qq\nu\nu$  final state at CMS”.
- “Search for a charged Higgs boson in the semileptonic  $H^+ \rightarrow tb$  final state at CMS”.

### Laurea Magistrale:

- “Optimizing Tree Tensor Networks for classification on hardware accelerators”.
- “Reconstruction of the reversed field pinch magnetic perturbations in toroidal geometry by means of Deep Learning for real-time plasma control”.
- “Machine learning based approach for banking clients’ life moment detection”.
- “Industrial application of machine learning: predictive maintenance for failure detection”.
- “B flavour tagging at CMS”.

### Laurea:

- Tesi: “Heavy-flavour jet tagging at the Phase-2 upgrade Level-1 trigger of the CMS experiment”.
- Tesi: “Development and Validation of ML-based trigger algorithms”.
- Tesi: “Study of the transverse momentum spectrum of muons produced in semileptonic decays of light and heavy quarks at LHC”.

## PUBBLICAZIONI

---

Autore di 1 039 pubblicazioni su riviste soggette a peer-review con un totale di 70 221 citazioni;  $h$ -index: 114 (fonte INSPIRE-HEP).

La lista completa delle pubblicazioni può essere reperita al link:  
<https://inspirehep.net/authors/1114372>.

## CONTRIBUTI A CONFERENZE

---

<b>TWEPP2022, Bergen</b>	<b>(Set/2022)</b>
"Trigger-less readout and unbiased data quality monitoring of the CMS Drift Tubes muon detector"	
<b>9th Workshop on Streaming Readout (Online)</b>	<b>(Dic/2021)</b>
"Scalable Online Processing for Trigger-less DAQ" (invited)	
<b>TIPP2021 (Online)</b>	<b>(Mag/2021)</b>
"Muon trigger with fast Neural Networks on FPGA, a demonstrator"	
<b>Rencontres du Vietnam 2018, Quy Nhon</b>	<b>(Ago/2018)</b>
"BSM Searches on diboson resonances, vector-like quarks, and heavy bosons with top in the final state" (invited)	
<b>KRUGER2016, Johannesburg</b>	<b>(Dic/2016)</b>
"Searches for physics beyond the Standard Model at CMS"	
<b>IFAE2016, Genova</b>	<b>(Mar/2016)</b>
"Recent results of Dark Matter searches at the LHC" (invited)	
<b>LHCP2015, St.Petersburg</b>	<b>(Set/2015)</b>

"CP-violation and rare B decays with the CMS detector"	
<b>CKM2014, Vienna</b>	<b>(Set/2014)</b>
"Measurements of CP violation in $B_s \rightarrow J/\psi \phi$ decays with the CMS detector"	
<b>PASCOS2013, Taipei</b>	<b>(Nov/2013)</b>
"Studies of rare B meson decays with the CMS detector"	
<b>SUSY2013, Trieste</b>	<b>(Ago/2013)</b>
"Studies of the rare B decays with the CMS detector"	
<b>LHCP2013, Barcelona</b>	<b>(Mag/2013)</b>
"Rare B decays with the CMS detector"	
<b>IFAE2013, Cagliari</b>	<b>(Apr/2013)</b>
"Search for the rare decays $B_s \rightarrow \mu^+ \mu^-$ and $B^0 \rightarrow \mu^+ \mu^-$ with the CMS detector"	

Autorizzo al trattamento dei dati personali presenti nel Curriculum Vitae ai sensi dell'art. 13 del D. Lgs. 196/2003 e dell'art. 13 del GDPR 679/16.

## CURRICULUM VITAE



### INFORMAZIONI PERSONALI

Nome	<b>MORETTO, SANDRA</b>
Qualifica	<b>Ricercatore Confermato</b>
Settore Scientifico Disciplinare	<b>FIS/01 - Fisica sperimentale</b>
Anzianità nel ruolo:	<b>01/03/2011</b>
Sede	<b>Dipartimento di Fisica e Astronomia (DFA)</b>
E-mail	<b>sandra.moretto@unipd.it</b>

### TITOLI DI STUDIO E CARRIERA

- Titolo di studio
- Carriera
  - Dottorato di Ricerca
  - Dal 2013 Ricercatore Universitario
  - Abilitazione Scientifica professore di II fascia Settore Concorsuale 02/A1 28/11/2014 al 28/11/2023
- Premi e riconoscimenti per l'attività scientifica
- Pubblicazioni
  - Co-Autore di più di 400 articoli su riviste internazionali
- Periodi di Congedo
  - 09/08/2012 al 09/10/2012 Congedo per maternità (L. 1204/1971)
  - 20/06/2012 al 08/08/2012 Congedo per maternità (L. 1204/1971)

### • Incarichi di Insegnamento

Dall'a.a. 2011/2012 ad oggi	Incarico di Insegnamento presso Università degli Studi di Padova del corso "Sperimentazioni di Fisica per la Didattica" Laurea Magistrale in Matematica 6 CFU CORSO INSERITO TRA I 24 CFU PER L'ABILITAZIONE ALL'INSEGNAMENTO.
Dal a.a. 2016/2017 ad oggi	Attribuzione insegnamento di "Radioattività Ambientale" 2 CFU all'interno del corso di "Radioattività e misure nucleari" Corso di Laurea Magistrale in Fisica Università degli Studi di Padova

<i>a.a.</i> 2012/2013	Incarico di Insegnamento presso Università degli Studi di Padova del corso di "MODELLI E SPERIMENTAZIONI IN FISICA" TFA038 5 CFU
<i>a.a.</i> 2013/2014	Incarico di Insegnamento presso Università degli Studi di Padova del corso di "MODELLI E SPERIMENTAZIONI IN FISICA" PAS A038 4CFU
<i>a.a.</i> 2014/2015	Incarico di Insegnamento dal titolo "Modelli e sperimentazioni in fisica" presso Università degli Studi di Padova TFA-038 5 CFU
<i>a.a.</i> 2016/2017	Titolare del Corso di formazione "Fisica Moderna a Scuola", FISICA NUCLEARE, per gli insegnanti delle scuole medie superiori.

## ISTRUZIONE E FORMAZIONE

- Date (da – a) 1 Novembre 1999 al 30 Ottobre 2002
- Nome e tipo di istituto di istruzione o formazione Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Padova
  - Titolo della Tesi Search for isospin and temperature effects in the decay of  $^{98}\text{Mo}$  and  $^{98}\text{Tc}$  nuclei at  $E_x = 110$  MeV
- Qualifica conseguita DOTTORATO DI RICERCA
  
- Date (da – a) 1 Ottobre 1994 al 20 Luglio 1999
- Nome e tipo di istituto di istruzione o formazione Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Padova
  - Titolo della Tesi Uso di sistemi di reti neurali per la calibrazione e l'analisi automatica di spettri gamma (Progetto EXPLODET)
- Qualifica conseguita LAUREA IN FISICA

## FORMAZIONE POST DOTTORATO

- Date (da – a) 2009 al 2010
- Nome e tipo di istituto di istruzione o formazione Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Padova
  - Attività di Ricerca TECNICHE INNOVATIVE DI MATERIAL RECOGNITION CON SORGENTI DI 252CF
- Qualifica ASSEGNO DI RICERCA
  
- Date (da – a) 2005 al 2009
- Nome e tipo di istituto di istruzione o formazione Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Padova
  - Attività di Ricerca COSTRUZIONE, TEST ED INSTALLAZIONE DEL SILICON PIXEL DETECTOR DELL'ESPERIMENTO ALICE A LHC
- Qualifica ASSEGNO DI RICERCA
  
- Date (da – a) 2003 al 2005

- Nome e tipo di istituto di istruzione o formazione
  - Attività di Ricerca
  - Qualifica

Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Padova

ALICE: Silicon Pixel Detector

Borsa Post Dottorato

## **Commission of Trusts**

1. Partecipazione come organizzatore al IAEA Consultancy Meeting on the Technical Meeting on Advancing Techniques for Complex Spectra Analysis at its Headquarters in Vienna, Austria, from 12 to 14 March 2019.
2. Editorial Board members della rivista Sensors
3. Referee per le rivista: Sensors
4. Referee per le rivista: Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, A
5. Referee per le rivista: Scientific Reports

# Premi

1. Partecipazione a Start Cup Veneto 2017 e PNI 2017  
Risultato: Secondo posto: progetto "FINAPP: HydraRay sfrutta i raggi cosmici per misurare la quantità d'acqua nel suolo su larga scala" e ammessi alla fase finale del PNI 2017. Budget del Premio: 10keuro.
2. Il progetto C-BORD è stato insignito del premio "Des Etoiles de l'Europe", settima edizione, 2019.

## Relazioni su invito

- 1) "Tawara\_RTM Project" **invited talk** at the Joint international workshop on CBRN water related event detection and management, 18-19 November 2015, Brussels, Belgium dal 18-11-2015 al 19-11-2015
- 2) IEEE 20th Real Time Conference, Mini Oral presentation "TAWARA\_RTM: A complete platform for a real time monitoring of contamination events of drinking water"
- 3) **Invited talk** at the World Customs Organization, Technical Experts Group on Non-intrusive Inspection. 14 Dicembre 2019 in Brussels, Belgium.
- 4) **Invited Expert** for the IAEA al Technical Meeting on Advancing Techniques for Complex Spectra Analysis in Turkey July 2019
- 5) **Invited talk** at the "Rewriting Nuclear Physics Textbooks: one more step forward", 2019
- 6) **Invited talk** at the SIF conference 2021
- 7) **Invited talk** at the "Scuola Internazionale sui rivelatori di neutroni", "Enviromental neutrons", Riva del Garda June 2022.

# Risultati ottenuti nel trasferimento tecnologico

- Partecipazione a Start Cup Veneto 2017 26/10/2017 Risultato: Secondo posto: progetto "FINAPP: HydraRay sfrutta i raggi cosmici per misurare la quantità d'acqua nel suolo su larga scala"  
L'innovazione del Team, formato dalla sottoscritta, Moretto Sandra, da Lunardon Marcello, Luca Stevanato e Cristiano Lino Fontana, consiste principalmente nell'aver applicato l'innovazione nel campo dei rivelatori per neutroni alla tecnica del Cosmic Ray Neutron Sensing, mettendo a punto un dispositivo ottimizzato per questa tecnologia a costi sensibilmente minori di quelli dei dispositivi attualmente disponibili sul mercato.
- Partecipazione al "Premio Nazionale per l'innovazione (PNI)" Napoli Dicembre 2017 Nel settore "Cleantech&Energy": Risultato: Classificati nei primi quattro Progetto "Finapp"
- Partecipazione di FINAPP come Exhibitors al Seed & Chip "THE LEADING FOOD INNOVATION SUMMIT IN THE WORLD" Milano 6-9 Maggio 2018
- Lo schema del dispositivo cuore della startup FINAPP s.r.l., è oggetto di un deposito di brevetto (n. 102019000000076 ) avvenuto in data 4/1/2019 da parte di UNIPD. I membri soci fondatori di Finapp s.r.l., tutti ricercatori del Dipartimento di Fisica e Astronomia, sono gli autori del brevetto e UNIPD detiene la piena titolarità dell'invenzione.
- Il Sistema FINAPP è stato brevettato in gennaio 2019 (102019000000076). Il titolo del brevetto è: "Dispositivo e un procedimento per la misura del contenuto idrico del suolo, della vegetazione e del Manto nevoso". I membri soci fondatori di Finapp s.r.l., tutti ricercatori del Dipartimento di Fisica e Astronomia, sono gli autori del brevetto e UNIPD detiene la piena titolarità dell'invenzione.
- In Dicembre 2019 il brevetto è stato esteso a WIPO (PCT/IB2019/061282) e recentemente esteso a China, Hong Kong, USA, Canada e Europa.
- Un altro brevetto è stato sottomesso a Febbraio 2021(102021000003728)accettato in Ottobre 2021, che riguarda il nuovo rivelatore.
- Un altro brevetto che riguarda la misura della quantità di neve (snow water equivalent, SNE) è stato sottomesso a Giugno 2021 (102021000015287).

# ATTIVITÀ DI GESTIONE DI PROGETTI DI RICERCA

## Attività di Gestione 1)

- **Titolo:** progetto di Dipartimento di Fisica e Astronomia "G. Galilei" "Fisica interdisciplinare con neutroni, muoni e gamma" dal 1/1/2014 al 1/1/2016
- **Ruolo:** Responsabile
- **Descrizione:** Le attività del progetto erano dedicate a temi su finanziamenti europei, a sviluppare nuovi rivelatori per discriminazione neutroni/gamma e a programmi di ricerca di fisica ambientale.

## Attività di Gestione 2)

- **Titolo:** progetto Europeo "TAp WATER RAdioactivity Real Time Monitor (TAWARA\_RTM)" Settimo Programma Quadro FP7-SEC-2012-1, Grant no. 312713, 2014-2106 dal 01-01-2014 al 01-01-2016. UNIPD budget 650000 euro
- **Ruolo:** Responsabile come WorkPackage Leader del WorkPackage2, Scopo del WP2 "Disegno, assemblaggio e test del prototipo di un monitor real time (RTM) per misurare in continuo la radioattività alfa e beta nell'acqua in situ (gross alpha and beta activity)". Tale sistema era il cuore del progetto essendo l'RTM il primo prototipo di un sensore di monitor in flusso per misure di radioattività alfa e beta. Il ruolo di WP2 leader era legato al coordinamento tra i seguenti partners: UNIPD (con il Dipartimento di Fisica e Astronomia e il Dipartimento di Scienze Chimiche), ENEA, CAEN e SCIONIX al fine di assemblare e testare il sistema per alfa e beta.
- **Descrizione:** La piattaforma TAWARA\_RTM è costituita da un sistema di monitoraggio in tempo reale della radiazione alfa e beta (RTM o Real Time Monitor); da un sistema spettroscopico di analisi gamma ad alta efficienza per identificare il contaminante, che viene azionato in modo automatico in caso di preallarme lanciato dall'RTM in caso di superamento delle soglie di contaminazione; da una piattaforma ICT che gestisce il flusso delle operazioni e dei dati in uscita attraverso un'opportuna interfaccia utente e la possibilità di interfacciarsi con i sistemi di sicurezza già presenti nell'acquedotto. Il progetto ha visto anche la partecipazione di uno studio legale polacco che si è occupato degli aspetti legali della contaminazione radioattiva nelle acque potabili e dall'Istituto di Metrologia delle Radiazioni Ionizzanti dell'ENEA (INRMI) che ha seguito la fase di caratterizzazione e certificazione del prototipo finale.

## Attività di Gestione 3)

- **Titolo:** Progetto europeo dal titolo "C-BORD: "effective Container inspection at BORDER control points"

H2020 Grant agreement no: 653323 Call: BES-09-2014: Supply Chain Security topic 2:Technologies for inspections of large volume freight dal 01-06-2015 a 30/11/2018

Budget DFA: 1035000 euro

- **Ruolo:** Responsabile come WorkPackage leader del WorkPackage 4 (WP4) dal titolo "WP4: TECHNOLOGY SUB-SYSTEM Tagged Neutron Inspection System". Come WP4 leader dovevo coordinare il lavoro tra questi 6 partners UNIPD, NCBJ (NARODOWE CENTRUM BADAN JADROWYCH, Polonia), CAEN, CEA (Commissariat à l'énergie atomique et aux Energies Alternatives, France) nelle due sedi di Cadarache and Saclay, le dogane Olandesi (Ministerie van Financien Directoraat Generaal Belastingdienst), il Fraunhofer Institute for Technological Trend Analysis INT, German) e il JRC di Ispra.
- **Scopo del WP4:** Disegno, costruzione e test del primo sistema a neutroni etichettati facilmente ricollocabile per misure di ispezioni non intrusive nei porti. Il sistema a neutroni etichettati scopo del WP4 era la parte più innovativa del progetto, non esistendo infatti altri sistemi di questo tipo nel panorama mondiale. I risultati ottenuti con il sistema a neutroni hanno suscitato estremo interesse al World Custom Organization e alla IAEA, con inviti a conferenze e a tavoli di discussioni specifici.
- **Descrizione:** Il progetto C-BORD nasce da una nuova idea di ispezione portuale come sinergia di nuove tecnologie, la nuova generazione di X-ray, sistema a photo-fissione, nuova generazione di portali passivi RPM, nuovo sistema a SNIFFER, e il primo prototipo di un sistema a neutroni etichettati rapidamente mobile. In particolare come responsabile proprio del work package leader del sistema a neutroni siamo riusciti a realizzare il primo prototipo di tale sistema testate poi al porto di Rotterdam.

#### Attività di Gestione 4)

- **Titolo:** progetto DRAGON, finanziato dall'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, commissione INFN-E, 2019-2023.  
**Budget:** 70keuro
- **Ruolo:** Responsabile nazionale. Le sezioni interessate sono Padova e Trento, circa una decina di persone coinvolte.
- **Descrizione:** L'obiettivo del progetto Dragon è quello di progettare, sviluppare e caratterizzare un sistema mobile composto da un Unmanned Aerial Vehicle (UAV). L'UAV sarà dotato di un sistema di rilevamento in grado di identificare la contaminazione radioattiva diffusa su un'area da poche a decine di metri quadrati. Il tipo di sorgenti radioattive che verranno rilevate sono emettitori gamma e materiali nucleari speciali (SNM). Inoltre, può essere facilmente portato sul sito piuttosto che portare il vettore sospetto al dispositivo di screening. Essendo montato su un UAV, il sistema di rilevamento e l'elettronica devono essere definiti da vincoli di dimensioni, peso e potenza. La tecnologia proposta incorpora rivelatori di neutroni termici e veloci insieme a rivelatori di raggi gamma. Queste misure sono complementari: la loro potenza combinata dovrebbe migliorare le prestazioni del sistema. La specificità unica del progetto è avere in

particolare un doppio sistema di rivelazione facilmente intercambiabile per una misura di radioattività tipo contatore, ed una, più specifica, di spettroscopia gamma. Entrambi i sistemi hanno l'ulteriore unicità di avere la capacità intrinseca di discriminare gamma e neutroni.

#### Attività di Gestione 5)

- **Titolo:** Progetto ATTIVAMENTE fondazione CARIPARO.
- **Vincitore per gli anni:** 2019-2020, 2020-2021, 2021-2022
- **Titolo** “L’esperienza della lamina d’oro di Rutherford”
- **Ruolo:** Responsabile e Referente. Il gruppo è formato da 3 ricercatori del Dipartimento di Fisica e Astronomia.
- **Descrizione:** Il progetto ha come obiettivo di introdurre la Fisica Nucleare nelle scuole superiori proponendo attività laboratoriali e di gruppo, in un percorso che lavora sulla creazione/validazione di modelli, simulazioni e analisi sperimentali. In particolare, questo progetto offre l'opportunità di esplorare sia la fenomenologia che la teoria. Si vuole sottolineare l'importanza della modellizzazione degli esperimenti fisici e, allo stesso tempo, confrontare il modello con dati reali. Il concetto di sondare indirettamente qualcosa che non può essere visto direttamente è alla base di tutta la fisica moderna. Si ricreeranno, quindi, in laboratorio delle condizioni simili, in cui gli studenti non potranno osservare direttamente l'oggetto da sondare, ma potranno solamente ottenere dei dati indiretti. Inoltre, questo progetto, enfatizza lo studio della distribuzione angolare di particelle disperse, cioè la metodologia comune applicata negli esperimenti di fisica nucleare.

#### Attività di Gestione 6)

- **Titolo:** Start-up FINAPP s.r.l.
- **Ruolo:** Co-fondatore e socio
- **Descrizione:** Il nostro gruppo di ricerca ha sviluppato un misuratore innovativo del contenuto idrico del suolo, basato sulla misura dei neutroni ambientali. La sonda fa uso di materiali commerciali recentemente sviluppati, e l'assemblaggio innovativo, unito al software sviluppato dal nostro gruppo, ci assicura un notevole vantaggio nella misurazione rispetto alle sonde commerciali disponibili. La start-up intende proseguire il processo di ingegnerizzazione e commercializzazione della sonda.

#### Attività di Gestione 7)

**Titolo:** progetto europeo: “Efficient Risk-based Inspection of freight Crossing borders without disrupting business, ENTRANCE”, topic H2020-SU-BES02-2018-2019-2020 Technologies to enhance border and external security, subtopic 4. Grant Agreement: . Budget DFA: 410000 euro

- **Ruolo:** Responsabile come WorkPackage leader del WorkPackage 3 (WP3) dal titolo “ Multiple threat detection: TNIS + X-RAY” . In questo

WP I partner saranno sempre ditte e enti di ricerca, come SMITHS Detection, CAEN, CEA.

- **Scopo del WP3:** Ingegnerizzazione e sviluppo del Sistema a neutroni etichettati sviluppato nel progetto CBORD per i test in campo. Sviluppo ulteriore del sistema a raggi X per identificare la profondità del materiale sospetto.
- **Descrizione:** In tempi di crescita del commercio transfrontaliero, riduzione del numero del personale doganale ed espansione del panorama delle minacce, ricerca di un equilibrio tra controlli doganali e facilitazione degli scambi - in cui le risorse doganali sono focalizzate sulla rilevazione e ispezione delle spedizioni ad alto rischio, mentre il commercio legittimo è autorizzato a flusso il più rapido e libero possibile - costituisce una grande sfida per il commercio internazionale, le catene di approvvigionamento e la supervisione, la governance e la gestione della logistica. Ciò richiede lo sviluppo, l'implementazione e il collaudo di tecnologie innovative e affidabili e meccanismi di condivisione e collaborazione delle informazioni, nel contesto di "EfficieNT Risk-bAsed iNspection of freight crossing bordErs senza interrompere il business", ovvero il progetto ENTRANCE.

#### Attività di Gestione 8)

**Titolo:** Progetto europeo "Laser-plasma based source 3D Tomography for cargo inspection" — 'MULTISCAN 3D', Grant Agreement number: 101020100 — MULTISCAN 3D — H2020-SU-SEC-2018-2019-2020 / H2020-SU-SEC-2020

Budget PD: 220873 euro

**Ruolo:** Responsabile nazionale INFN del progetto

**Ruolo:** Responsabile come WorkPackage leader del WorkPackage 6 (WP6)

**Descrizione:** MULTISCAN 3D mira a sviluppare le componenti tecnologiche per un sistema di tomografia computerizzata di alta energia e statico (senza portale rotante) per merci, in grado di fornire immagini 3D accurate di qualsiasi carico in una scala temporale di minuto per l'ispezione di un container standard di 40 piedi, grazie a nuove e innovative tecniche di produzione di radiazioni basate su laser-plasma.

Inoltre, questo progetto studierà la capacità di queste tecnologie basate su laser-plasma di produrre diversi altri tipi di radiazioni, come gamma e neutroni. Pertanto, questo progetto apre alla possibilità di fornire alle dogane un sistema "tutto in uno" per l'ispezione di prima e seconda linea.

#### Attività di Gestione 9)

**Titolo:** Progetto Europeo "Cyber physical Equipment for unManned Nuclear DEcommissioning Measurements, CLEANDEM" EURATOM NFRP-09 Fostering Innovation in decommissioning of nuclear facilities.

Grant Agreement number: 945335 — CLEANDEM — NFRP-2019-2020

**Ruolo:** Responsabile nazionale INFN del progetto

**Descrizione:**

Il progetto CLEANDEM, con la collaborazione di 11 partner provenienti da 4 diversi paesi dell'UE, propone una svolta tecnologica per le operazioni di smantellamento e smantellamento (D&D) di siti nucleari, impiegando una piattaforma Unmanned Ground Vehicle (UGV) dotata di innovative sonde di rilevamento radiologico. L'obiettivo del progetto è fornire un sistema cyber-fisico che supporterà le operazioni degli utenti finali, effettuando inizialmente una valutazione radiologica dell'area e quindi monitorando le operazioni di D&D durante la caratterizzazione finale dell'impianto. Ciò si tradurrà in un "gemello digitale" 3D e completamente dettagliato dell'area rilevata, arricchito con le informazioni radiologiche fornite dai sensori, consentendo così una pianificazione efficiente ed efficace delle azioni di smantellamento e ottimizzando lo smistamento dei rifiuti nucleari per il ritrattamento o per la consegna allo stoccaggio finale .

Gli impatti mirati della Piattaforma UGV sono: risparmiare tempo, ridurre drasticamente i costi, ridurre al minimo l'intervento umano, migliorare la sicurezza dei lavoratori e della popolazione ed essere più ecologici; tutti coloro che guidano l'esecuzione del progetto per soddisfare le aspettative degli stakeholder. L'efficacia della Piattaforma UGV sarà valutata in un'ampia campagna di test e validazione che verrà eseguita in laboratorio, in ambiente simulato e infine sul campo.

Un evento dimostrativo in un vero sito nucleare, che coinvolgerà tutti i partner del progetto e le parti interessate esterne, concluderà i tre anni di attività del progetto che si apriranno per un ulteriore sfruttamento nel mercato D&D.

# LISTA DI STUDENTI TRIENNALI, MAGISTRALI E DOTTORATO

Relatrice di tesi di Percorsi Speciali Abilitanti Classe di Concorso A038 dal titolo: "Forze Ed Energie Sulle Prove Sui Materiali", , a.a. 2013/2014

Relatrice di tesi di Percorsi Speciali Abilitanti Classe di Concorso A038 dal titolo: "Come cadono gli oggetti", , a.a. 2013/2014

Relatrice di tesi di Percorsi Speciali Abilitanti Classe di Concorso A038 dal titolo: "Perché la luna non cade sulla terra? Una risposta partendo da Galileo fino ai satelliti artificiali", , aa. 2013/2014

Relatrice di tesi di Percorsi Speciali Abilitanti Classe di Concorso A038 dal titolo: "Stati della materia e proprietà dei gas", aa. 2013-2014.

Relatrice di tesi di Percorsi Speciali Abilitanti Classe di Concorso A059 matricola, 1113993 studentessa . aa 2014-2015

Relatrice di tesi di Percorsi Speciali Abilitanti Classe di Concorso A059 matricola 1114343, studente aa 2014-2015

Relatrice di tesi di Percorsi Speciali Abilitanti Classe di Concorso A059 matricola 1114635 , studente aa 2014-2015

Relatrice di tesi di Percorsi Speciali Abilitanti Classe di Concorso A059 matricola 1114286 , studente aa 2014-2015

Relatrice di tesi di laurea magistrale in Mathematical Engineering "Rutherford's game: an efficient application of the scientific method for the teaching and analysis of Rutherford's atomic model", , aa 2017-2018

Relatrice di tesi di laurea magistrale del Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria dell'Energia Elettrica da titolo: "Photovoltaic teaching project: a didactic method for approaching the renewable energy", , aa2018-2019

Relatrice di tesi di laurea magistrale del corso di Laurea Magistrale di Matematica dal titolo: "Caso di studio in classe: studio e applicazione di metodologie didattiche per supportare la nuova didattica cooperativa", , aa 2015-2016

Relatrice di tesi di laurea triennale in Fisica "Studio e realizzazione di un sistema di basso-fondo per misure di attivazione", , 2017-2018

Relatrice di tesi di laurea magistrale in Ingegneria Meccanica "Automatic test bed for the characterization of scintillation detectors for the H2020 C-BORD project", 2017-2018

Relatrice di tesi di laurea magistrale in Physics, "Design and characterization of the neutron-gamma detection module of the DRAGON project", , 2020- 2021

Relatrice di tesi di laurea magistrale in Physics, "Simulation and tests for the characterization of the response of the detection system for a UAV system" 2020-2021

Relatrice tesi di laurea magistrale in Physics "Study for a toolbox probes for UGV platform in D&D operations", 2021-2022

Relatrice tesi di laurea magistrale in Physics "Simulation of neutron inspection techniques based on the laser plasma neutron beam and first experiments with a Cf source.", 2021-2022

Relatrice tesi di laurea magistrale in Physics "Detector and readout studies (experimental tests and simulation) for neutron and gamma detection.", 2021-2022

# **RESPONSABILE SCIENTIFICO DI ASSEGNI DI RICERCA:**

Responsabile Scientifico Assegno di ricerca dal titolo "Measurement of charm production in pp and Pb-Pb collisions with the ALICE experiment in the Run-2 of the LHC" 2014-2016 presso il Dipartimento di Fisica e Astronomia Università degli Studi di Padova, Titolare Assegno:

Responsabile Scientifico Assegno di ricerca dal titolo "Study of the charm quark energy loss in the Quark-Gluon Plasma via D meson production measurement in Pb-Pb and p-Pb collisions with the ALICE experiment at the LHC" presso il Dipartimento di Fisica e Astronomia Università degli Studi di Padova. 2012-2014 Titolare Assegno:

Responsabile scientifico Assegno di ricerca dal titolo "Studio e sviluppo di un sistema di rivelatori gamma per la realizzazione di un prototipo di rivelazione non intrusivo nel campo della sicurezza portuale" presso il Dipartimento di Fisica e Astronomia Università degli Studi di Padova, Titolare Assegno: , 2015-2016.

Responsabile Scientifico Assegno di ricerca dal titolo "Simulazioni e test per la realizzazione di un prototipo di rivelazione non intrusivo nel campo della sicurezza portuale" presso il Dipartimento di Fisica e Astronomia Università degli Studi di Padova. Titolare Assegno: , 2016-2017.

Responsabile scientifico Assegno di Ricerca dal titolo "Sviluppo, integrazione e test di un rivelatore per la misura in tempo reale della radioattività alfa e beta nell'acqua degli acquedotti civili" presso il Dipartimento di Fisica e Astronomia Università degli Studi di Padova Titolare Assegno: 2014-2016

Responsabile scientifico Assegno di Ricerca dal titolo "Caratterizzazione e simulazione per la realizzazione di un prototipo di rivelazione non intrusivo nel campo della sicurezza portuale" presso il Dipartimento di Fisica e Astronomia Università degli Studi di Padova , 2017-2019.

Responsabile scientifico Assegno di Ricerca dal titolo "Studio di sistemi di rivelazione per radiazioni ionizzanti nel campo della fisica applicata in ambito ambientale e medico", presso il Dipartimento di Fisica e Astronomia Università degli Studi di Padova Titolare Assegno: 2021-2022

Responsabile scientifico Assegno di Ricerca dal titolo "Simulation, experimental tests and data analysis in the field of applied physics for homeland security (Entrance project)", presso il Dipartimento di Fisica e Astronomia Università degli Studi di Padova Titolare Assegno: 2021-2022

Responsabile scientifico Assegno di Ricerca dal titolo "Simulazione e caratterizzazione di nuovi sensori neutroni/gamma per misure da remoto nel campo dello smantellamento nucleare", INFN, Titolare dell'assegno 2021-2022

Responsabile della borsa di ricerca dal titolo "Nuovo sistema a neutroni etichettati per il progetto Entrance", 2022-2023

Responsabile della borsa di ricerca dal titolo “Simulazione e test per il sistema di ispezione con neutroni etichettati per il progetto H2020 ENTRANCE”. 2022-2023

# LISTA RUOLI ISTITUZIONALI

Membro della commissione per le pari opportunità di Ateneo dal 2019-in corso

Membro del Collegio dei Docenti del corso di dottorato in Fisica -in corso

Membro del direttivo del Collegio dei Docenti del corso di dottorato in Fisica-in corso

Membro di commissioni per assegni di ricerca e concorsi RTDA al Dipartimento di Fisica e Astronomia. -in corso

Membro di commissioni per ruolo da tecnico e tecnologo dell'INFN, presso la sezione INFN di Legnaro. -in corso

Membro della Commissione esaminatrice biennale concorsi per assegni di ricerca e borse di studio da usufruire presso i LNL 2022-2024

Membro della commissione "Gruppo di lavoro per Tirocini Formativi Attivi (TFA)", 2014-2016

Membro della commissione di Dipartimento sulla valutazione della didattica 2016-2018

## RISULTATI SCIENTIFICI PRINCIPALI

1. **Costruzione, Assemblaggio, test e allineamento del Silicon Pixel Detector (SPD) del progetto ALICE.** Nell'esperimento ALICE ho partecipato alla costruzione, test e assemblaggio del rivelatore a pixel di silicio del sistema di tracciamento interno (Inner Tracking System, ITS), nel ruolo di responsabile locale dell'assemblaggio del rivelatore (una delle task di responsabilità del gruppo di Padova). Mi sono occupata quindi dello studio e dello sviluppo delle procedure di allineamento dell'Inner Tracking System tramite algoritmi di minimizzazione globale dei residui punto-traccia in eventi di raggi cosmici e collisioni protone-protone realizzando, in particolare, il primo allineamento per l'SPD.
2. **Studio dei canali di decadimento di particelle con quark pesanti (charm e beauty) nell'esperimento ALICE.** In particolare, ho partecipato all'attività del gruppo di Padova sulla misura della produzione di open-charm ottenuta principalmente attraverso il canale di decadimento della particella  $D^0 \rightarrow K^* \pi$ . Grazie all'ottima precisione nella determinazione dei vertici secondari fornita dall'SPD, è stato possibile misurare le sezioni d'urto di produzione di open-charm. E' stato misurato inoltre il Nuclear Modification Factor per i mesoni D e sono state fatte le prime misure di flusso ellittico.

Vedi Paragrafo successive ALICE\_MORETTO

3. **Progettazione, studio e realizzazione e test del primo sistema di monitoraggio in tempo reale della radiazione alpha e beta in tempo reale all'interno delle acque potabili (Progetto TAWARA\_RTM).** Nel corso del 2011 ho partecipato alla call FP7-SEC-2012-1 col progetto TAWARA\_RTM (TAp WAter RAdioactivity Real Time Monitor) dedicato alla costruzione di una piattaforma completa per il monitoraggio in tempo reale del contenuto di radioattività all'interno delle acque potabili. Per il progetto TAWARA\_RTM ho svolto proprio il ruolo di Work-Package Leader per il WP2 sul sistema di monitoraggio in tempo reale della radiazione alpha e beta (RTM o Real Time Monitor) e ho partecipato attivamente alla maggior parte degli altri WP.

Vedi Paragrafo TAWARA\_RTM\_MORETTO

4. **Realizzazione del primo prototipo TRL6 di un sistema a neutroni etichettati per l'ispezione non intrusiva delle merci.** (Progetto C-BORD) In particolare nel progetto ho svolto il ruolo del work package leader del WP4, relativo alla costruzione del sistema a neutroni etichettati, che permette una rivelazione sensibile in posizione di esplosivi, droghe illecite e agenti chimici nei cargo container, e ad un'identificazione della composizione chimica elementare. Si è così realizzato il primo prototipo del sistema a neutroni etichettati di seconda generazione in termini di dimensioni, complessità, costi e di capacità di rivelazione, e come sede di test nel più importante porto europeo di Rotterdam.

Vedi paragrafo C-BORD\_MORETTO

5. **Realizzazione nel 2023 di un sistema accoppiato raggi X e sistema a neutroni etichettati** (progetto ENTRANCE) per l'identificazione di materiali sospetti nei container. In particolare nel progetto ho svolto il ruolo del work package leader del WP3, relativo alla costruzione del sistema a neutroni etichettati e al sistema a raggi X, che permette una rivelazione sensibile in posizione di esplosivi, droghe illecite e agenti chimici nei cargo container, e ad un'identificazione della composizione chimica elementare. Si è così fatto un passo ulteriore dopo il successo del progetto C-BORD, di ingegnerizzazione e sviluppo per il primo sistema a neutroni etichettati di seconda generazione che avrà TRL 8. Sede dei test saranno il porto di Fiume (Croazia) e la frontiera Bulgaria-Turchia.
6. **Studio per una soluzione "tutto in uno" di una sorgente di raggi X e neutroni basata su una sorgente indotta da laser nell'ispezione portuale** (progetto EUROPEO MULTISCAN 3D)

Questo progetto, iniziato nel settembre 2021, prevede lo studio di un sistema nuovo che incorporerà un sistema di prima e seconda linea (raggi X e neutroni) nell'ispezione delle merci. L'idea del progetto è di usare un'unica sorgente basata da laser-plasma per ottenere tutte le radiazioni necessarie per il controllo non intrusivo delle merci, raggi X e neutroni.

**7. Creazione dello spin-off universitario FINAPP.** Il nostro gruppo di ricerca ha sviluppato un misuratore innovativo del contenuto idrico del suolo, basato sulla misura dei neutroni ambientali prodotti dai raggi cosmici (Cosmic-Ray Neutron Sensing). Il sistema di rivelazione fa uso di materiali commerciali recentemente sviluppati, ma l'assemblaggio innovativo, unito a un software e alcuni componenti proprietari sviluppati dal nostro gruppo, ci assicura un notevole vantaggio nella misurazione rispetto alle sonde commerciali.

Il Sistema FINAPP è stato brevettato in gennaio 2019 (102019000000076). Il titolo del brevetto è: "Dispositivo e un procedimento per la misura del contenuto idrico del suolo, della vegetazione e del Manto nevoso". In Dicembre 2019 il brevetto è stato esteso a WIPO (PCT/IB2019/061282) e recentemente esteso a China, Hong Kong, USA, Canada e Europa.

Un altro brevetto è stato sottomesso a Febbraio 2021(102021000003728)accettato in Ottobre 2021, che riguarda il nuovo rivelatore.

Un altro brevetto che riguarda la misura della quantità di neve (snow water equivalent, SNE) è stato sottomesso a Giugno 2021 (102021000015287).

Vedi paragrafo FINAPP\_MORETTO

**8. Realizzazione di un primo prototipo su UAV di un sensore per la misura di radioattività e di riconoscimento di sorgenti.** L'obiettivo del progetto Dragon (INFN) è quello di progettare, sviluppare e caratterizzare un sistema mobile composto da un Unmanned Aerial Vehicle (UAV). L'UAV sarà dotato di un sistema di rilevamento in grado di identificare la contaminazione radioattiva diffusa su un'area da poche a decine di metri quadrati. Il tipo di sorgenti radioattive che verranno rilevate sono emettitori gamma e materiali nucleari speciali (SNM). Inoltre, può essere facilmente portato sul sito piuttosto che portare il vettore sospetto al dispositivo di screening. Essendo montato su un UAV, il sistema di rilevamento e l'elettronica devono essere definiti da vincoli di dimensioni, peso e potenza. La tecnologia proposta incorpora rivelatori di neutroni termici e veloci insieme a rivelatori di raggi gamma. Queste misure sono complementari: la loro potenza combinata dovrebbe migliorare le prestazioni del sistema. La specificità unica del progetto è avere in particolare un doppio sistema di rivelazione facilmente intercambiabile per una misura di radioattività tipo contatore, ed una, più specifica, di spettroscopia gamma. Entrambi i sistemi hanno l'ulteriore unicità di avere la capacità intrinseca di discriminare gamma e neutroni.

Una Parte di questo progetto ha previsto studi per nuovi rivelatori flessibili, basso costo e con capacità di discriminazione neutroni/gamma.

I risultati di questo progetto hanno posto le basi per la parte di discriminazione neutroni/gamma su UGV nel progetto europeo CLEANDEM.

Vedi paragrafo Neutroni\_Gamma\_UAV

# ALICE\_MORETTO

**Candidata:** Moretto Sandra

**Titolo:** membro della collaborazione internazionale ALICE, principale esperimento sulla fisica delle collisioni tra ioni pesanti a energie ultra-relativistiche a LHC

**Periodo:** dal 2002 al 2019

Dal 2002 al 2019 ho partecipato in modo continuativo all'esperimento ALICE di fisica degli ioni pesanti ad energie ultrarelativistiche presso il Large Hadron Collider del CERN. [1]

In questo esperimento ho iniziato collaborando alla costruzione del rivelatore a pixel di silicio (il Silicon Pixel Detector, SPD) del sistema di tracciamento interno (Inner Tracking System, ITS), nel ruolo di responsabile locale dell'assemblaggio del rivelatore (una delle task di responsabilità del gruppo di Padova).

Mi sono occupata quindi dello studio e dello sviluppo delle procedure di allineamento dell'Inner Tracking System tramite algoritmi di minimizzazione globale dei residui punto-traccia in eventi di raggi cosmici e collisioni protone-protone realizzando, in particolare, il primo allineamento per l'SPD [2.].

Ho lavorato poi allo studio dei canali di decadimento di particelle con quark pesanti (charm e beauty). In particolare, ho partecipato all'attività del gruppo di Padova sulla misura della produzione di open-charm ottenuta principalmente attraverso il canale di decadimento della particella  $D^0 \rightarrow K\pi$ . Grazie all'ottima precisione nella determinazione dei vertici secondari fornita dall'SPD, è stato possibile misurare le sezioni d'urto di produzione di open-charm in collisioni protone-protone, Piombo-Piombo e protone-Piombo alle energie disponibili all'LHC.

Sono stata membro del gruppo di lavoro PWGHF della collaborazione ALICE sulla fisica dei quark pesanti e ho seguito le attività del gruppo di Padova sulla misura della produzione dei mesoni  $D^0$  in collisioni p-p, p-Pb e Pb-Pb alle diverse energie studiate nei run dell'esperimento dal 2009 ad oggi. In particolare, oltre a partecipare ai turni misura al CERN e a seguire la discussione sull'analisi dei dati e sui risultati del gruppo di Padova, ho seguito giovani ricercatori di cui sono stato responsabile scientifico di assegni di ricerca [3.][4.][5.]

Da 2015 ho seguito e ho partecipato all'ingresso del gruppo di Padova nel progetto di upgrade dell'Inner Tracking System (ITS-Upgrade).

Il nuovo tracciatore interno di ALICE, composto da 7 layers di pixel di Silicio con tecnologia monolitica, è attualmente in fase di costruzione. L'INFN ha un ruolo determinante soprattutto nella costruzione dei due layers più esterni e il gruppo di Padova è stato, ed è tuttora, direttamente impegnato nella realizzazione dei sistemi di test per i nuovi pixel-chip e nella progettazione del read-out elettronico, nella produzione di alcune parti dei supporti e nell'integrazione meccanica dei layers esterni e negli studi sulla performance di rivelazione prevista per i canali di interesse (per esempio la  $\Lambda_c$ ).

Assegni di Ricerca

1. Responsabile Scientifico Assegno di ricerca biennale dal titolo "*Measurement of charm production in pp and Pb-Pb collisions with the ALICE experiment in the Run-2*"

*of the LHC*” 2014-2016 presso il Dipartimento di Fisica e Astronomia Università degli Studi di Padova, Titolare Assegno: Andrea Festanti.

2. Responsabile Scientifico Assegno di ricerca dal titolo “*Study of the charm quark energy loss in the Quark-Gluon Plasma via D meson production measurement in Pb-Pb and p-Pb collisions with the ALICE experiment at the LHC*” presso il Dipartimento di Fisica e Astronomia Università degli Studi di Padova. 2012-2014 Titolare Assegno: Davide Caffarri.

#### Referenze:

- [1.] Aamodt, K et al., "The ALICE experiment at the CERN LHC", JOURNAL OF INSTRUMENTATION, Total cited: 729/731, 2008, Vol. 3, Art. S08002, DOI 10.1088/1748-0221/3/08/S08002, WOS:000258875900009
- [2.] Aamodt, K et al., ALICE Collaboration, "Alignment of the ALICE Inner Tracking System with cosmic-ray tracks", JOURNAL OF INSTRUMENTATION, Total cited: 84/85, 2010, Vol. 5, Art. P03003, DOI 10.1088/1748-0221/5/03/P03003, WOS:000280524100008
- [3.] Abelev, B et al., ALICE Collaboration, "Measurement of charm production at central rapidity in proton-proton collision at  $\sqrt{s}=2.76$  TeV", JOURNAL OF HIGH ENERGY PHYSICS, 2012, Is. 7, Art. 191, DOI 10.1007/JHEP07(2012)191, WOS:000307299800073.
- [4.] Adam J., et al., "Measurement of D-meson production versus multiplicity in p-Pb collisions at  $\sqrt{s_{NN}}=5.02$  TeV", 2016 Journal of High Energy Physics 2016(8),78 DOI: [https://doi.org/10.1007/JHEP08\(2016\)078](https://doi.org/10.1007/JHEP08(2016)078)
- [5.] Acharya, S., et al., "Measurement of D, D +, D \* + and Ds+ production in pp collisions at  $\sqrt{s}=5.02$  TeV with ALICE" (2019) European Physical Journal C, 79 (5), art. no. 388, DOI: 10.1140/epjc/s10052-019-6873-6

# TAWARA\_RTM\_MORETTO

**Candidato:** Moretto Sandra

**Titolo:** Work Package Leader del WP2 del progetto europeo TAWARA\_RTM (FP7-SEC-2012-1, Grant no. 312713) sulla realizzazione di un sistema per la rivelazione in tempo reale di possibili contaminazioni radioattive nelle acque potabili.

**Periodo:** da 1/12/2013 a 31/8/2016

Nel corso del 2011 ho partecipato alla call FP7-SEC-2012-1 col progetto TAWARA\_RTM (TAp Water RADioactivity Real Time Monitor) dedicato alla costruzione di una piattaforma completa per il monitoraggio in tempo reale del contenuto di radioattività all'interno delle acque potabili.

Il progetto è stato ammesso al finanziamento, che però è rimasto in stand-by per un anno a causa di questioni di bilancio della Commissione Europea. La negoziazione si è riaperta nel 2012 e il progetto è partito ufficialmente il 1 Dicembre del 2013, con un finanziamento di circa 2.5M euro (grant n. 312713).

Il progetto TAWARA\_RTM ha visto la partecipazione di 8 partners provenienti da 3 paesi europei (Italia, Polonia e Olanda) e si è concluso positivamente in agosto del 2016, dopo il previsto periodo dimostrativo di funzionamento del sistema presso uno dei siti dell'acquedotto di Varsavia.

La piattaforma TAWARA\_RTM è costituita da un sistema di monitoraggio in tempo reale della radiazione alpha e beta (RTM o Real Time Monitor); da un sistema spettroscopico di analisi gamma ad alta efficienza per identificare il contaminante, che viene azionato in modo automatico in caso di preallarme lanciato dall'RTM in caso di superamento delle soglie di contaminazione; da una piattaforma ICT che gestisce il flusso delle operazioni e dei dati in uscita attraverso un'opportuna interfaccia utente e la possibilità di interfacciarsi con i sistemi di sicurezza già presenti nell'acquedotto. Il progetto ha visto anche la partecipazione di uno studio legale polacco che si è occupato degli aspetti legali della contaminazione radioattiva nelle acque potabili e dall'Istituto di Metrologia delle Radiazioni Ionizzanti dell'ENEA (INRMI) che ha seguito la fase di caratterizzazione e certificazione del prototipo finale.

Per ulteriori dettagli si rimanda al sito web: <http://www.tawara-rtm.eu>

Per il progetto TAWARA\_RTM ho svolto il ruolo di Work Package Leader per il WP2 sul sistema di monitoraggio in tempo reale della radiazione alpha e beta (RTM o Real Time Monitor) e ho partecipato attivamente alla maggior parte degli altri WP.

**Dissemination:**

Il progetto è stato presentato a CPEXpo 2014 & SRC Security Research Conference 2014 – 9-11 Dec. 2014 con un poster dal titolo “The TAWARA\_RTM (TAp Water RADioactivity Real Time Monitor) Project”.

Una descrizione del modulo base del rivelatore per radiazione alpha e beta è riportata in [6.].

I risultati finali sono stati presentati in un workshop organizzato a Varsavia il 5-6 Giugno 2016 a cui hanno partecipato anche i rappresentanti dell'acquedotto di Varsavia (end-user

del progetto) e di altri acquedotti della Polonia.

#### Exploitation:

Insieme all'azienda CAEN SpA, azienda di elettronica di Viareggio partner del progetto, stiamo continuando lo sviluppo dei rivelatori di radiazione per l'acqua col fine di rendere più efficienti e meno costosi i dispositivi. Nel luglio 2017 abbiamo attivato una convenzione tra il Dipartimento di Fisica e Astronomia e CAENsys, costola di CAEN SpA che segue questa attività, in cui sono inquadrate queste ricerche comuni.

All'interno del progetto TAWARA\_RTM sono stata responsabile dell'assegno di ricerca seguente:

1. Responsabile scientifico Assegno di Ricerca biennale dal titolo "*Sviluppo, integrazione e test di un rivelatore per la misura in tempo reale della radioattività alfa e beta nell'acqua degli acquedotti civili*" presso il Dipartimento di Fisica e Astronomia Università degli Studi di Padova Titolare Assegno: Luca Stevanato 2014-2016.

#### Relazione su invito:

- "Tawara\_RTM Project" invited talk at the Joint international workshop on CBRN water related event detection and management, 18-19 November 2015, Brussels, Belgium dal 18-11-2015 al 19-11-2015

#### Referenze:

- [6.]Bodewits E. et al., "Characterization of a Large Area ZnS(Ag) Detector for Gross Alpha and Beta Activity Measurements in Tap Water Plants", IEEE TRANSACTIONS ON NUCLEAR SCIENCE, 2016, Vol. 63, Is. 3, Pag. 1565-1569, DOI 10.1109/TNS.2015.2495207, WOS:000379928300019

## C-BORD\_MORETTO

Da questo progetto sono stati successivamente approvati due nuovi progetti europei, ENTRANCE e MULTISCAN3D, di cui sono sempre Work package leader per il sistema con neutroni.

**Candidato:** Moretto Sandra

**Titolo:** Work Package Leader del WP4 del progetto europeo C-BORD: "effective Container inspection at BORDER control points" H2020 Grant agreement no: 653323 Call: BES-09-2014: Supply Chain Security topic 2:Technologies for inspections of large volume freight

**Periodo:** da 1/06/2015 a 31/11/2018

Nel corso del 2014 ho partecipato alla call BES-09-2014col progetto C-BORD (effective Container inspection at BORDER control points) dedicato alla realizzazione di un sistema sinergico con più tecnologie insieme (nuova generazione di raggi X, sistema di fotofissione, avanzati sistemi passivi, sistema con neutroni etichettati, e sistema basato sull'evaporazione) per migliorare la sicurezza in ambito portuale.

Il progetto è stato ammesso al finanziamento, con un finanziamento di circa 11M euro (grant n. 653323).

Il progetto C-BORD ha visto la partecipazione di 18 partners provenienti europei (Italia, Polonia e Olanda) e si è concluso positivamente nel novembre del 2018, dopo l'ultimo periodo dimostrativo di funzionamento di tutti sistemi integrati presso il porto di Rotterdam.

La missione di C-BORD è di sviluppare e testare una soluzione TRL-7 completa e conveniente per l'ispezione generalizzata di container e merci di grandi volumi al fine di proteggere i confini dell'UE, affrontando una vasta gamma di ispezioni non intrusive container (NII) obiettivi, inclusi esplosivi, agenti di guerra chimica, droghe illecite, tabacco, clandestini e materiale nucleare speciale (SNM).

Per ulteriori dettagli si rimanda al sito web: <https://www.cbord-h2020.eu>

Per il progetto C-BORD ho svolto il ruolo di Work Package Leader per il WP4 sul sistema relativo alla costruzione del sistema a neutroni etichettati, che permette una rivelazione sensibile in posizione di esplosivi, droghe illecite e agenti chimici nei cargo container, e ad un'identificazione della composizione chimica elementare. Si è così realizzato il primo prototipo del sistema a neutroni etichettati di seconda generazione in termini di dimensioni, complessità, costi e di capacità di rivelazione, e come sede di test nel più importante porto europeo di Rotterdam.

Come workpackage leader ho partecipato attivamente alla maggior parte degli altri WP.

**Dissemination:**

Il progetto è stato presentato a diverse conferenze, ad esempio IEEE, CAARI, vedi referenze [7.][8.]

Il progetto C-BORD è stato rappresentato all'evento Security Research Event nel 2018 a Bruxelles, in Belgio. I nostri risultati con le cinque tecnologie sviluppate dal consorzio sono stati presentate.

Il progetto C-BORD è stato invitato il 27 novembre 2018 al Parlamento europeo e alla

Relazioni su Invito:

- 1) La sottoscritta Moretto Sandra è stata invitata al World Customs Organization, Technical Experts Group on Non-intrusive Inspection. 14 Dicembre 2019 in Brussels, Belgium.
- 2) La sottoscritta Moretto Sandra è stata invitata come "Expert" per la IAEA al Technical Meeting on Advancing Techniques for Complex Spectra Analysis in Turkey July 2019
- 3) La sottoscritta Moretto Sandra è stata invitata al prossimo "International Workshop on Nuclear Technology and Nonproliferation for Society" che si terrà a Venezia dal 18-20 Maggio 2023.

All'interno del progetto C-BORD sono stata responsabile dei seguenti assegni di ricerca:

1. Responsabile scientifico Assegno di ricerca dal titolo "Studio e sviluppo di un sistema di rivelatori gamma per la realizzazione di un prototipo di rivelazione non intrusivo nel campo della sicurezza portuale" presso il Dipartimento di Fisica e Astronomia Università degli Studi di Padova, Titolare Assegno: Fontana, 2015-2016.
2. Responsabile Scientifico Assegno di ricerca dal titolo "Simulazioni e test per la realizzazione di un prototipo di rivelazione non intrusivo nel campo della sicurezza portuale" presso il Dipartimento di Fisica e Astronomia Università degli Studi di Padova. Titolare Assegno: 2016-2017.
3. Responsabile scientifico Assegno di Ricerca dal titolo "Caratterizzazione e simulazione per la realizzazione di un prototipo di rivelazione non intrusivo nel campo della sicurezza portuale" presso il Dipartimento di Fisica e Astronomia Università degli Studi di Padova , 2017-2019.

All'interno del progetto C-BORD sono stata responsabile della seguente Tesi di Laurea Magistrale:

1. Relatrice di tesi di laurea magistrale in Ingegneria Meccanica "Automatic test bed for the characterization of scintillation detectors for the H2020 C-BORD project", 2017-2018

Referenze:

- [7.]Pino F. et al., "Detection module of the C-BORD Rapidly Relocatable Tagged Neutron Inspection System (RRTNIS)", (2021) Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, 986, art. no. 164743, DOI: 10.1016/j.nima.2020.164743
- [8.] Sardet A. et al., "Performances of C-BORD's Tagged Neutron Inspection System for Explosives and Illicit Drugs Detection in Cargo Containers" (2021) IEEE Transactions on Nuclear Science, 68 (3), art. no. 9316914, pp. 346-353. DOI: 10.1109/TNS.2021.3050002

# FINAPP\_MORETTO

**Candidata:** Moretto Sandra

**Titolo:** FINAPP startup FINAPP s.r.l

**Periodo:** da 1/12/2018 ad oggi.

Il nostro gruppo di ricerca ha sviluppato un misuratore innovativo del contenuto idrico del suolo, basato sulla misura dei neutroni ambientali prodotti dai raggi cosmici (Cosmic-Ray Neutron Sensing). Il sistema di rivelazione fa uso di materiali commerciali recentemente sviluppati, ma l'assemblaggio innovativo, unito a un software e alcuni componenti proprietari sviluppati dal nostro gruppo, ci assicura un notevole vantaggio nella misurazione rispetto alle sonde commerciali.

Abbiamo partecipato e vinto il secondo posto di Start Cup Veneto 2017 26/10/2017. A dicembre 2018 abbiamo fondato la startup FINAPP s.r.l.

A inizio 2019 abbiamo depositato una domanda di brevetto (n. 102019000000076 ) sulla struttura dell'ultimo prototipo. I membri soci fondatori di Finapp s.r.l., tutti ricercatori del Dipartimento di Fisica e Astronomia, sono gli autori del brevetto e UNIPD detiene la piena titolarità dell'invenzione. I soci fondatori tutti al 25% di FINAPP sono 4, la sottoscritta Moretto Sandra, Luca Stevanato, Marcello Lunardon e Cristiano Lino Fontana.

Si veda la referenza [9.] per una panoramica dei nostri primi risultati scientifici della ricerca in questo campo.

In Finapp s.r.l. il ruolo della sottoscritta è, in particolare, legato alla progettazione e alla partecipazione a bandi di carattere italiano ed europeo, cercando e creando nuove sinergie legate a Finapp.

Partecipo inoltre alla parte di sperimentazione dei nostri sensori e alla discussione dell'analisi dei dati e delle variabili significative per i vari settori di mercato di riferimento. Inoltre partecipo ad eventi espositivi e dimostrativi in rappresentanza di Finapp, come ad esempio al Exhibitors al Seed & Chip "THE LEADING FOOD INNOVATION SUMMIT IN THE WORLD "Milano 6-9 Maggio 2018.

Per ulteriori dettagli si rimanda al sito web: <http://www.finapptech.com/>

Referenze:

[9.]Stevanato L., et al. "A Novel Cosmic-Ray Neutron Sensor for Soil Moisture Estimation over Large Areas", Agriculture 2019, DOI: 10.3390/agriculture9090202

# Neutroni\_Gamma\_UAV

**Candidata:** Moretto Sandra

**Titolo:** Realizzazione di un primo prototipo su UAV di un sensore per la misura di radioattività e di riconoscimento di sorgenti.

**Periodo:** da 1/01/2020 ad oggi.

L'obiettivo del progetto Dragon (INFN) è quello di progettare, sviluppare e caratterizzare un sistema mobile composto da un Unmanned Aerial Vehicle (UAV). L'UAV sarà dotato di un sistema di rilevamento in grado di identificare la contaminazione radioattiva diffusa su un'area da poche a decine di metri quadrati. Il tipo di sorgenti radioattive che verranno rilevate sono emettitori gamma e materiali nucleari speciali (SNM). Inoltre, può essere facilmente portato sul sito piuttosto che portare il vettore sospetto al dispositivo di screening. Essendo montato su un UAV, il sistema di rilevamento e l'elettronica devono essere definiti da vincoli di dimensioni, peso e potenza. La tecnologia proposta incorpora rivelatori di neutroni termici e veloci insieme a rivelatori di raggi gamma. Queste misure sono complementari: la loro potenza combinata dovrebbe migliorare le prestazioni del sistema. La specificità unica del progetto è avere in particolare un doppio sistema di rivelazione facilmente intercambiabile per una misura di radioattività tipo contatore, ed una, più specifica, di spettroscopia gamma. Entrambi i sistemi hanno l'ulteriore unicità di avere la capacità intrinseca di discriminare gamma e neutroni.

In questo progetto sono la responsabile nazionale e locale della sigla DRAGON in commissione INFN\_E. Le sedi coinvolte sono Padova e Trento.

Ho partecipato a tutte le fasi, dalla ideazione, progettazione e misure del sistema. Si veda uno degli ultimi articoli dello studio di uno dei rivelatori del prototipo [10.]

Sono stata relatrice delle seguenti tesi di laurea:

- "Design and characterization of the neutron-gamma detection module of the DRAGON project", 2020- 2021
- "Simulation and tests for the characterization of the response of the detection system for a UAV system", 2020-2021
- "Study for a toolbox probes for UGV platform in D&D operations", , 2021-2022

I risultati di questo progetto hanno posto le basi per la parte di discriminazione neutroni/gamma su UGV nel progetto europeo CLEANDEM.

Sono stata responsabile del seguente assegno di ricerca:

- "Simulazione e caratterizzazione di nuovi sensori neutroni/gamma per misure da remoto nel campo dello smantellamento nucleare", INFN, Titolare dell'assegno 2021-2022

Una parte di questo progetto ha previsto studi per nuovi rivelatori flessibili, basso costo e con capacità di discriminazione neutroni/gamma.

Sono particolarmente coinvolta nella sperimentazione di questi nuovi rivelatori flessibili e con buone efficienze per rivelare simultaneamente neutroni e gamma, distinguendo le due radiazioni tramite la forma del loro diverso impulso, con il metodo di pulse shape discrimination. Si vedano le referenze [11.] e [12.]

Referenze:

- [10.] Pino F. et al. "Characterization of a medium-sized CLLB scintillator: Single neutron/gamma detector for radiation monitoring" (2021) Journal of Instrumentation, 16 (11), art. no. P11034 DOI: 10.1088/1748-0221/16/11/P11034
- [11.] Marchi T. et al., "Optical properties and pulse shape discrimination in siloxane-based scintillation detectors", Scientific Reports, Volume 9, Issue 1, 1 December 2019, Article number 9154, DOI: 10.1038/s41598-019-45307-8
- [12.] Carturan, S.M. et al., "Temperature effects on light yield and pulse shape discrimination capability of siloxane based scintillators", (2020) European Physical Journal C, 80 (11), art. no. 1057, . DOI: 10.1140/epjc/s10052-020-08640-1

## Partecipazione ad attività di ricerca internazionali

Partecipazione al progetto EXPLODET (EXPLosive DETection) per lo sviluppo di un sensore a neutroni termici per l'identificazione di mine nascoste. Istituto Nazionale di Fisica Nucleare

Partecipazione al progetto "Detection and Imaging of Antipersonnel Landmine by Neutron Backscattering (DIAMINE)" Quinto Programma Quadro (EC) FP5-IST-2000-25237, Grant. no. CEE IST-2000-25237, 2001-2003

Partecipazione a gruppo di ricerca presso Istituto Nazionale di Fisica Nucleare N2P GrIII Fisica Nucleare e Fisica Nucleare applicata Partecipanti: INFN Padova, Brescia-Pavia, Legnaro, Texas A&M University Bhabha Atomic Research Centre, Mumbai

Partecipazione alla collaborazione ALICE A Large Ion Collider Experiment al CERN

Partecipazione al progetto "EUROpean Illicit TRAfficking Countermeasures Kit (EURITRACK)" Scopo del progetto: EURITRACK ha lo scopo di aumentare la sicurezza dei porti sviluppando un kit di ispezione non intrusiva per la ricerca di materiale illecito e esplosivi nei container" Finanziamento Sesto Programma Quadro (Europe) FP6-IST-2002-2.3.2.9, Grant. no. 511471, 2004-2007

Partecipazione al progetto "MOdular DEtection System for Special Nuclear Material (MODES\_SNM)" Settimo Programma Quadro (EC) FP7-SEC-2011-1, Grant. no. 284842, 2012-2014

Partecipazione al progetto HOPE (HOPE (Horizons in Physics Education) dal 2013 al 2016

Partecipazione al progetto Europeo come workpackage leader "TAp WATER Radioactivity Real Time Monitor (TAWARA\_RTM)" Settimo Programma Quadro FP7-SEC-2012-1, Grant no. 312713, 2013-2016

Partecipazione al progetto europeo come workpackage leader "C-BORD: "effective Container inspection at BORDer control points" H2020 Grant agreement no: 653323 Call: BES-09-2014: Supply Chain Security topic 2:Technologies for inspections of large volume freight

Partecipazione come Responsabile Nazionale al progetto INFN DRAGON 2019-2020  
Partecipazione al progetto Europeo come responsabile nazionale INFN del progetto: "Cyber physical Equipment for unManned Nuclear DEcommissioning Measurements, CLEANDEM", EURATOM NFRP-09 Fostering Innovation in decommissioning of nuclear facilities. Grant Agreement number: 945335 — CLEANDEM — NFRP-2019-2020

Partecipazione al progetto Europeo come workpackage leader "EfficieNT Risk-bAsed iNspection of freight Crossing bordERs without disrupting business", ENTRANCE, topic H2020-SU-BES02-2018-2019-2020 Technologies to enhance border and external security, subtopic 4. Grant Agreement 883424

Partecipazione al progetto Europeo come workpackage leader "Laser-plasma based source 3D Tomography for cargo inspection, MULTISCAN 3D " Grant Agreement number: 101020100 — MULTISCAN 3D — H2020-SU-SEC-2018-2019-2020 / H2020-SU-SEC-2020

## Pubblicazioni Più significative

- [1.]Aamodt, K et al., "The ALICE experiment at the CERN LHC", JOURNAL OF INSTRUMENTATION, Total cited: 729/731, 2008, Vol. 3, Art. S08002, DOI 10.1088/1748-0221/3/08/S08002, WOS:000258875900009

Dal 2002 al 2019 ho partecipato in modo continuativo all'esperimento ALICE di fisica degli ioni pesanti ad energie ultrarelativistiche presso il Large Hadron Collider del CERN. In questo esperimento ho iniziato collaborando alla costruzione del rivelatore a pixel di silicio (il Silicon Pixel Detector, SPD) del sistema di tracciamento interno (Inner Tracking System, ITS), nel ruolo di responsabile locale dell'assemblaggio del rivelatore (una delle task di responsabilità del gruppo di Padova) . Ho partecipato ai test beam, ai test sui prototipi, all'analisi dei dati del SPD.

- [2.]Aamodt, K et al., "Alignment of the ALICE Inner Tracking System with cosmic-ray tracks", JOURNAL OF INSTRUMENTATION, Total cited: 84/85, 2010, Vol. 5, Art. P03003, DOI 10.1088/1748-0221/5/03/P03003, WOS:000280524100008

Mi sono occupata dello studio e dello sviluppo delle procedure di allineamento dell'Inner Tracking System tramite algoritmi di minimizzazione globale dei residui punto-traccia in eventi di raggi cosmici e collisioni protone-protone realizzando, in particolare, il primo allineamento per l'SPD.

- [3.]Aamodt, K et al., "Measurement of charm production at central rapidity in proton-proton collision at  $\sqrt{s}=2.76$  TeV.", JOURNAL OF HIGH ENERGY PHYSICS, Total cited: 52/52, 2012, Is. 7, Art. 191, DOI 10.1007/JHEP07(2012)191, WOS:000307299800073.

Ho lavorato allo studio dei canali di decadimento di particelle con quark pesanti (charm e beauty), partecipando all'attività del gruppo di Padova sulla misura della produzione di open-charm ottenuta principalmente attraverso il canale di decadimento della particella  $D^0 \rightarrow K\pi$ . Sono stata membro del gruppo di lavoro PWGHF della collaborazione ALICE sulla fisica dei quark pesanti e ho seguito le attività del gruppo di Padova sulla misura della produzione dei mesoni  $D^0$  in collisioni p-p, p-Pb e Pb-Pb alle diverse energie studiate nei run dell'esperimento dal 2009 al 2019.

- [4.]Adam, J., et al., "Measurement of D-meson production versus multiplicity in p-Pb collisions at  $\sqrt{s_{NN}}=5.02$  TeV", 2016 Journal of High Energy Physics 2016(8),78  
DOI: [https://doi.org/10.1007/JHEP08\(2016\)078](https://doi.org/10.1007/JHEP08(2016)078)

Ho lavorato allo studio dei canali di decadimento di particelle con quark pesanti (charm e beauty), partecipando all'attività del gruppo di Padova sulla misura della

produzione di open-charm ottenuta principalmente attraverso il canale di decadimento della particella  $D0 \rightarrow k\pi$ . Sono stata membro del gruppo di lavoro PWGHF della collaborazione ALICE sulla fisica dei quark pesanti e ho seguito le attività del gruppo di Padova sulla misura della produzione dei mesoni  $D0$  in collisioni p-p, p-Pb e Pb-Pb alle diverse energie studiate nei run dell'esperimento dal 2009 ad oggi.

- [5.] Acharya, S. et al., "Measurement of  $D$ ,  $D^+$ ,  $D^{*+}$  and  $Ds^+$  production in pp collisions at  $\sqrt{s}=5.02\text{TeV}$  with ALICE" (2019) European Physical Journal C, 79 (5), art. no. 388, DOI: 10.1140/epjc/s10052-019-6873-6

Dal 2015 al 2019 ho seguito e ho partecipato all'ingresso del gruppo di Padova nel progetto di upgrade dell'Inner Tracking System (ITS-Upgrade) nella specifica parte di meccanica e integrazione. Ho lavorato allo studio dei canali di decadimento di particelle con quark pesanti (charm e beauty), partecipando all'attività del gruppo di Padova sulla misura della produzione di open-charm ottenuta principalmente attraverso il canale di decadimento della particella  $D0 \rightarrow k\pi$ . Sono stata membro del gruppo di lavoro PWGHF della collaborazione ALICE sulla fisica dei quark pesanti e ho seguito le attività del gruppo di Padova sulla misura della produzione dei mesoni  $D0$  in collisioni p-p, p-Pb e Pb-Pb alle diverse energie studiate nei run dell'esperimento dal 2009 al 2019.

- [6.] Bodewits E. et al. "Characterization of a Large Area ZnS(Ag) Detector for Gross Alpha and Beta Activity Measurements in Tap Water Plants", IEEE TRANSACTIONS ON NUCLEAR SCIENCE, 2016, Vol. 63, Is. 3, Pag. 1565-1569, DOI 10.1109/TNS.2015.2495207, WOS:000379928300019

Per il progetto TAWARA\_RTM ho svolto il ruolo di Work Package Leader per il WP2 sul sistema di monitoraggio in tempo reale della radiazione alpha e beta (RTM o Real Time Monitor). Mi sono quindi occupata di coordinare e organizzare tutte le fasi di test, progettazione e integrazione. In particolare mi sono occupata delle fasi di assemblaggio e di tutti i test dei rivelatori a grande area ZnS(Ag) per lo studio del primo prototipo di TAWARA, sia nella parte meccanica che di analisi dati.

- [7.] Pino F. et al., "Detection module of the C-BORD Rapidly Relocatable Tagged Neutron Inspection System (RRTNIS)", (2021) Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, 986, art. no. 164743, DOI: 10.1016/j.nima.2020.164743

Per il progetto C-BORD ho svolto il ruolo di Work Package Leader per il WP4 sul sistema relativo alla costruzione del sistema a neutroni etichettati. In particolare, mi sono occupata della gestione, organizzazione e realizzazione di tutte le fasi del sistema a neutroni etichettati. Ho partecipato e organizzato tutti i test sia dei singoli componenti che del sistema finale. Ho partecipato a tutte le fasi di analisi dati, coordinando tutti i partners coinvolti. Ho partecipato e organizzato tutta la fase di integrazione del sistema a neutroni nel sistema globale di C\_BORD, sia nei confronti degli end-users, le dogane, che nei confronti di tutti gli altri partner tecnologici.

- [8.] Sardet A. et al., "Performances of C-BORD's Tagged Neutron Inspection System for Explosives and Illicit Drugs Detection in Cargo Containers" (2021) IEEE Transactions on Nuclear Science, 68 (3), art. no. 9316914, pp. 346-353. DOI: 10.1109/TNS.2021.3050002

Per il progetto C-BORD ho svolto il ruolo di Work Package Leader per il WP4 sul sistema relativo alla costruzione del sistema a neutroni etichettati. In particolare, mi sono occupata della gestione, organizzazione e realizzazione di tutte le fasi del sistema a neutroni etichettati. In particolare, Padova aveva la responsabilità del sistema di rivelazione gamma, composto da 20 NaI(Tl) di grande area. Per tale sistema mi sono occupata del procurement e dell'assemblaggio di tutti i rivelatori, dei test in termini di risoluzione temporale ed energetica. Abbiamo assemblato e testato anche 2 rivelatori LaBr, occupandoci dei test sempre di risoluzione in energia e temporale. Ho partecipato a tutti i test di laboratorio del sistema di rivelazione gamma finale. Ho partecipato e organizzato tutti i test sia dei singoli componenti che del sistema finale. Ho partecipato a tutte le fasi di analisi dati, coordinando tutti i partners coinvolti. Ho partecipato a tutta la campagna di test a Cadarache e Saclay (CEA) per la definizione delle quantità minime rivelabile, per i false alarm rate di tutto il sistema, dalla parte hardware a quella software.

- [9.] Stevanato L. et al., "A Novel Cosmic-Ray Neutron Sensor for Soil Moisture Estimation over Large Areas", Agriculture 2019, DOI: 10.3390/agriculture9090202

Il nostro gruppo di ricerca ha sviluppato un misuratore innovativo del contenuto idrico del suolo, basato sulla misura dei neutroni ambientali prodotti dai raggi cosmici (Cosmic-Ray Neutron Sensing). Partecipo in particolare alla sperimentazione dei nostri sensori in laboratorio e in campo (campi agricoli, alta montagna.). Partecipiamo tutti attivamente alla discussione dell'analisi dei dati allo scopo di definire nuove variabili significative per i vari settori di mercato di riferimento.

- [10.] Pino F. et al., "Characterization of a medium-sized CLLB scintillator: Single neutron/gamma detector for radiation monitoring" (2021) Journal of Instrumentation, 16 (11), art. no. P11034 DOI: 10.1088/1748-0221/16/11/P11034

Il Progetto DRAGON ha sviluppato il prototipo per un sensore capace di discriminare neutroni e gamma montato su drone. Di questo progetto ho partecipato a tutte le fasi dallo studio, alle simulazioni, ai test finali dei sensori provati.

- [11.] Marchi T. et al., "Optical properties and pulse shape discrimination in siloxane-based scintillation detectors", Scientific Reports, Volume 9, Issue 1, 1 December 2019, Article number 9154, DOI: 10.1038/s41598-019-45307-8

Il nostro gruppo di ricerca ha sviluppato nuovi sensori per la rivelazione di neutroni e gamma. Sono particolarmente coinvolta nella sperimentazione di nuovi rivelatori flessibili e con buone efficienze per rivelare simultaneamente neutroni e gamma, distinguendo le due radiazioni tramite la forma del loro diverso impulso, con il

metodo di pulse shape discrimination.

- [12.] Carturan, S.M. et al., "Temperature effects on light yield and pulse shape discrimination capability of siloxane based scintillators" (2020) European Physical Journal C, 80 (11), art. no. 1057, DOI: 10.1140/epjc/s10052-020-08640-1

Il nostro gruppo di ricerca ha sviluppato nuovi sensori per la rivelazione di neutroni e gamma. Sono particolarmente coinvolta nella sperimentazione di nuovi rivelatori flessibili e con buone efficienze per rivelare simultaneamente neutroni e gamma, distinguendo le due radiazioni tramite la forma del loro diverso impulso, con il metodo di pulse shape discrimination.

# Christian Farnese

+39  
✉

## Curriculum scientifico-professionale redatto ai sensi degli articoli 46 e 47 del D.P.R. 445/2000.

*Il sottoscritto CHRISTIAN FARNESE, consapevole della responsabilità penale in cui può incorrere in caso di falsità in atti e dichiarazioni mendaci*

### DICHIARA

*che tutte le informazioni riportate in questo curriculum vitae corrispondono al vero.*

#### Posizione attuale

Posizione *Ricercatore di III livello professionale con contratto di lavoro a tempo indeterminato*

Affiliazione INFN - Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Sezione di Padova

#### Esperienza Lavorativa: Attività di ricerca

- 01/05/2019 – **Ricercatore di III livello professionale con contratto di lavoro a tempo indeterminato**, INFN, Sezione di Padova.  
oggi
- 01/02/2017 – **Ricercatore universitario a tempo determinato RTDA**, Università degli studi di Padova, Dipartimento di Fisica e Astronomia "Galileo Galilei".  
30/04/2019 Attività di ricerca sperimentale nell'ambito della fisica del neutrino.
- 01/09/2015 – **Assegnista di ricerca**, INFN, Sezione di Padova.  
31/01/2017 Tema di ricerca: *Algoritmi di identificazione di interazioni di neutrini in Argon liquido.*
- 03/01/2013 – **Assegnista di ricerca**, INFN, Sezione di Padova.  
02/01/2015 Tema di ricerca: *La rivelazione e misura del  $\nu_e$  in ICARUS.*
- 01/03/2010 – **Assegnista di ricerca**, Università degli studi di Padova, Dipartimento di  
29/02/2012 fisica.  
Tema di ricerca: *Ricerche sulla fisica della materia oscura ai LNGS con il rivelatore WARP.*

## Borse di studio per attività di ricerca

- novembre-  
dicembre  
2018 **Neutrino Physics Center Fellowship**, *Fellowship della durata complessiva di un mese per svolgere attività di ricerca*, Fermilab, Chicago, USA.
- settembre-  
ottobre 2017 **Neutrino Physics Center Fellowship**, *Fellowship della durata complessiva di un mese per svolgere attività di ricerca*, Fermilab, Chicago, USA.
- febbraio-  
marzo 2017 **Neutrino Physics Center Fellowship**, *Fellowship della durata complessiva di un mese per svolgere attività di ricerca*, Fermilab, Chicago, USA.
- aprile-  
dicembre  
2012 **Borsa di studio Fondazione Angelo della Riccia(Firenze) per soggiorni all'estero con scopo di attività di ricerca**, CERN, Ginevra.
- agosto-  
dicembre  
2006 **Borsa di studio/premio Prof. Humi Huzita dell'Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti**, *per un periodo di attività di ricerca presso il Dipartimento di Fisica G.Galilei dell'Università di Padova e presso il CERN.*

## Istruzione e formazione

- 2007–2009 **Dottorato di Ricerca in Fisica**, *Università degli Studi di Padova*, Padova, Italy.  
Titolo della tesi: *Studio degli algoritmi di ricostruzione di eventi di neutrino in ICARUS T600 e identificazione  $e/\pi^0$* , Relatore: Prof. D. Gibin.
- 2000–2006 **Laurea in Fisica**, *Università degli Studi di Padova*, Padova, Italy.  
Titolo della tesi: *Studio Sperimentale della ricostruzione degli elettroni in ICARUS*, Relatore: Prof. D. Gibin, voto: 110/110 e lode.
- 1995–2000 **Diploma di Liceo Scientifico**, *Liceo Scientifico A. Cornaro*, Padova, Italy.  
voto: 100/100 con lode.

La mia attività di ricerca è rivolta allo studio sperimentale di fenomeni che possano segnalare la presenza di nuova fisica oltre il Modello Standard delle interazioni fondamentali. In particolare mi sono dedicato allo studio delle proprietà dei neutrini nell'ambito dell'esperimento ICARUS guidato dal prof. Carlo Rubbia e all'interno del gruppo ICARUS di Padova, di cui attualmente sono il coordinatore.

Le TPC ad Argon liquido (LAr-TPC), ideate da Rubbia e sviluppate dalla collaborazione ICARUS, sono rivelatori elettronici omogenei che ottengono su grandi masse risoluzioni spaziali e calorimetriche paragonabili a quelle delle camere a bolle. La ricchezza e la qualità delle informazioni raccolte permettono l'identificazione non ambigua di fenomeni rari anche sulla base di pochi eventi, rendendo questo rivelatore strumento di elezione per la ricerca delle oscillazioni dei neutrini e per lo studio della stabilità della materia barionica.

Il rivelatore T600, che contiene 760 ton di Argon liquido, è il più grande rivelatore LAr-TPC ad oggi costruito. Il successo del lungo run presso i laboratori sotterranei del Gran Sasso avvenuta nel periodo 2010-2013 con il fascio CNGS e con i raggi cosmici, a cui ho partecipato, finalizza anni di ricerca e sviluppo fortemente sostenuti dall'INFN, in cui l'Italia è stata protagonista e nei quali il gruppo di Padova ha avuto un ruolo molto rilevante. Dopo una fase di upgrade avvenuta al CERN fra il 2015 ed il 2017, il T600 è stato trasferito a Fermilab, installato e messo nuovamente in funzione. A partire dall'estate 2020 il T600 sta nuovamente registrando interazioni di neutrini dal fascio BNB e NuMI nell'ambito del progetto SBN.

La mia attività ha come scopo principale lo studio delle oscillazioni di neutrino ed in particolare la selezione, identificazione e ricostruzione delle interazioni dei neutrini, predisponendo metodi di analisi che sfruttino appieno la ricchezza di informazioni fornita dalle LAr-TPC. Durante la presa dati al Gran Sasso mi sono dedicato principalmente allo studio dei  $\nu_e$  e allo sviluppo di strumenti per la ricostruzione degli sciami elettromagnetici e delle loro caratteristiche, quali la misura dell'energia e della direzione, la ricostruzione dello sviluppo longitudinale e una misura del  $dE/dx$  iniziale per sciami con energia compresa fra le decine di MeV (energia tipica degli elettroni prodotti nel decadimento del muone) e vari GeV (energia tipica degli eventi da fascio CNGS). Questi strumenti permettono una ricostruzione dettagliata dell'elettrone primario prodotto al vertice di interazione e forniscono anche una separazione efficiente elettrone/fotone e di conseguenza una drastica riduzione dei fondi per la ricerca dell'oscillazione  $\nu_\mu \rightarrow \nu_e$  dovuti ai fotoni emessi nel decadimento di pioni neutri nelle interazioni in corrente neutra. I risultati di questa mia attività di ricerca si sono concretizzati nell'identificazione e nella ricostruzione delle interazioni di  $\nu_e$  nel fascio CNGS e dei neutrini atmosferici raccolti durante la presa dati del T600 presso i LNGS.

A partire dall'esperienza acquisita grazie allo studio dei dati al Gran Sasso, attualmente sto coordinando le attività e contribuendo in prima persona allo sviluppo degli strumenti per la selezione e ricostruzione delle interazioni di neutrino raccolte al Fermilab per lo studio dell'oscillazione  $\nu_\mu \rightarrow \nu_e$  al fascio di neutrini del Booster nell'ambito del progetto SBN. L'evidenza in comparsa dei  $\nu_e$ , insieme alla misura di una possibile scomparsa dei  $\nu_\mu$  nel fascio, è attesa fornire una risposta definitiva sull'esistenza di ulteriori stati di neutrino "sterili" con massa dell'ordine dell'elettronvolt, come suggerito dalle anomalie osservate in esperimenti con gli acceleratori, ai reattori nucleari e con intense sorgenti radioattive. In prospettiva gli strumenti sviluppati troveranno applicazione per lo studio dei  $\nu_e$  nell'esperimento DUNE con un rivelatore composto da almeno 2 moduli LAr-TPC da 17 kton ciascuno ed esposto al fascio di neutrini LBNF del Fermilab a una distanza di circa 1300 km, per la misura di violazioni di CP e per la determinazione della gerarchia di massa dei neutrini.

1) **Ricerca dell'oscillazione  $\nu_\mu \rightarrow \nu_e$  negli eventi CNGS raccolti ai LNGS e ricostruzione dei neutrini dell'elettrone**

Le anomalie sperimentali relative ad un eccesso di segnale di  $\nu_e$  ed anti- $\nu_e$  in esperimenti con neutrini agli acceleratori (LSND/MiniBooNE) e ad una scomparsa di segnale misurata in prossimità di reattori nucleari e in eventi di calibrazione da sorgenti radioattive negli esperimenti sui neutrini solari (GALLEX/SAGE) suggeriscono l'esistenza di un quarto stato di neutrino "sterile" non standard responsabile di oscillazioni su breve distanza con  $\Delta m^2 \leq 1eV^2$ .

Grazie alla piccola contaminazione intrinseca di  $\nu_e$  nel fascio ( $< 1\%$ ), ICARUS ha condotto una sensibile ricerca di una possibile comparsa anomala di  $\nu_e$  nel fascio di neutrini CNGS ( $E \sim 20$  GeV,  $L=732$  km). Un eventuale segnale anomalo di tipo LSND poteva essere determinato confrontando il numero di eventi  $\nu_e CC$  osservato con quello previsto dalla sola componente intrinseca del fascio e dalle oscillazioni convenzionali  $\nu_\mu \rightarrow \nu_\tau$  con  $\tau^- \rightarrow e^- \bar{\nu}_e \nu_\tau$  e  $\nu_\mu \rightarrow \nu_e$  via  $\theta_{13}$ , mentre la segnatura in energia è cancellata dalla baseline molto maggiore ( $L/E_\nu \approx 36.5$  m/MeV al CNGS,  $L/E_\nu \approx 1$  m/MeV in LSND).

Sono stato il responsabile del processo di classificazione tramite scanning visuale degli eventi CNGS ed in particolare della selezione e ricostruzione delle interazioni del neutrino dell'elettrone, coordinando e revisionando l'attività di scanning svolta nei vari laboratori della collaborazione ICARUS.

Su una statistica di circa  $8 \times 10^{19}$  protoni su bersaglio (pot) ho identificato ed analizzato in dettaglio 2650 eventi di neutrino raccolti ed ho identificato 7 interazioni in corrente carica del  $\nu_e$ . Tale risultato, compatibile con il numero di eventi attesi, ha permesso di escludere la maggior parte dello spazio dei parametri [ $\Delta m^2, \sin^2(2\theta)$ ] in approssimazione a due sapori, relativa ai principali esperimenti pubblicati e sensibili all'oscillazione  $\nu_\mu \rightarrow \nu_e$ .

Come responsabile della identificazione visuale degli eventi CNGS ho inoltre collaborato alla verifica sperimentale dell'ipotesi di neutrini superluminali, realizzata a seguito della iniziale indicazione dell'esperimento OPERA. Ho in particolare verificato la possibile produzione di fotoni e coppie  $e^+ - e^-$  da parte dei neutrini superluminali, in analogia alla radiazione Cherenkov, e l'eventuale conseguente distorsione dello spettro dei neutrini, come osservato da Cohen e Glashow. Non sono stati osservati eventi  $e^+ - e^-$  nel rivelatore e l'energia depositata nelle interazioni di neutrino è risultata compatibile con lo spettro previsto per neutrini "ordinari": tali osservazioni hanno permesso di confutare l'evidenza di neutrini superluminali. Tale risultato è stato inoltre confermato tramite accurate misure dirette del tempo di volo dei neutrini dal CERN al Gran Sasso, a cui ho partecipato.

## 2) Misura della purezza in TPC ad Argon liquido

La misura precisa dell'energia depositata e della densità di ionizzazione si basa sulla carica raccolta sui piani di fili delle LAr-TPC. Per mantenere un'elevata precisione nella misura è necessario quantificare accuratamente l'attenuazione del segnale raccolto sui fili causata dalle impurezze elettronegative residue nell'argon. A questo scopo ho sviluppato, durante il dottorato di ricerca, un metodo per misurare la purezza dell'argon liquido studiando l'attenuazione del segnale in funzione della distanza di deriva nelle tracce di muoni che attraversano il rivelatore. Dopo averlo applicato ad una mini LAr-TPC di 25 litri (ICARINO) installata ai Laboratori Nazionali di Legnaro, ho applicato il metodo, successivamente ottimizzato, realizzando lo strumento ufficiale per la misura automatica e in tempo reale dell'evoluzione nel tempo della purezza dell'argon liquido in ICARUS T600 durante la presa dati al Gran Sasso.

Le misure che ho effettuato hanno contribuito con informazioni preziose alla gestione dell'impianto criogenico, facilitando l'ottimizzazione di tutti i parametri del sistema ed aiutando a comprendere il funzionamento del rivelatore. Questa attività è culminata nel 2013, durante gli ultimi mesi della presa dati di ICARUS, quando sono stati raggiunti valori di vita media molto elevati, che superano i 15 ms. Questo risultato, che conferma quello ottenuto in ICARINO, ha aperto la strada alla costruzione di rivelatori LAr-TPC di parecchi kton e con distanze di deriva superiori a 5 m. Queste condizioni sono quelle previste per la prossima generazione di rivelatori LAr-TPC.

A partire dal metodo per la misura della purezza ho anche realizzato un secondo livello di trigger offline per rimuovere i trigger fasulli preservando gli eventi fisici. Questo strumento, primo passo per la ricerca automatica di eventi rari quali i neutrini atmosferici, è risultato essenziale all'esperimento per rendere sostenibile il flusso di dati senza apprezzabili riduzioni di efficienza per gli eventi fisici.

Durante la presa dati al Gran Sasso ho inoltre sviluppato gli algoritmi necessari per garantire l'uniformità della risposta degli oltre 50 mila canali dell'elettronica, utilizzando segnali calibrati (test pulse), e gli strumenti per l'analisi delle condizioni di rumore elettronico dei fili delle TPC, per evidenziare in tempo reale eventuali anomalie nella catena elettronica e permettere una rapida soluzione a questi problemi. Con tali strumenti è stato possibile disporre di un tempo attivo di presa dati del rivelatore superiore del 93%.

### 3) **Identificazione dei neutrini atmosferici registrati dal T600 al Gran Sasso**

Sono stato il responsabile della ricerca automatica e della ricostruzione delle interazioni di neutrino atmosferico raccolte nel T600 al Gran Sasso. Ho studiato in dettaglio gli eventi associati ai raggi cosmici raccolti nel rivelatore fra il 2012 ed il 2013 (esposizione corrispondente a circa un anno,  $0.43 \text{ kton} \times \text{y}$ ). Per riconoscere le poche interazioni di  $\nu_e$  atmosferico attese (circa 30 in un anno di presa dati) fra più di un milione di eventi associati ai raggi cosmici e registrati in un anno (circa 3000 eventi ogni giorno), ho sviluppato un filtro che permetteva di rigettare le tracce dovute ai raggi cosmici passanti (fattore di reiezione circa 100) e riconoscere interazioni caratterizzate dalla presenza di sciami elettromagnetici. Ho poi coordinato l'attività di studio visuale degli eventi selezionati, che ha coinvolto un gruppo di circa 10 fisici della collaborazione. Gli eventi considerati interessanti in questa fase sono stati da me studiati in dettaglio per fornire la classificazione definitiva e la ricostruzione dell'evento.

Questo processo ha portato all'identificazione di 14 interazioni di neutrino atmosferico con energia depositata maggiore di 200 MeV (6 associate a neutrini muonici, 8 a neutrini elettronici), con un'efficienza di identificazione per i  $\nu_e$  di circa 80%. In parallelo ho valutato il numero di eventi attesi di neutrino atmosferico nell'esposizione studiata, tenendo conto dell'efficienza di selezione, di trigger e dello studio visuale degli eventi, che risulta 17.

Questa analisi costituisce il primo studio su neutrini atmosferici rivelati in una TPC ad Argon liquido di grandi dimensioni. Inoltre questa analisi dimostra che la selezione automatica delle interazioni di neutrino richiesta nell'esperimento SBN è realizzabile (stesso intervallo di energia). Infine gli strumenti sviluppati e gli eventi selezionati in questo studio sono attualmente utilizzati in un'analisi a cui sto partecipando e dedicata alla ricerca di un possibile segnale associato all'interazione di materia oscura.

#### 4) **Preparazione della proposta dell'esperimento Short Baseline Neutrino al Fermilab**

Ho preso parte allo studio per la proposta del programma SBN che intende chiarire la natura delle anomalie sperimentali dei neutrini precedentemente ricordate utilizzando il fascio BNB del Fermilab ( $E \sim 1$  GeV) e tre rivelatori TPC ad Argon liquido posti a varia distanza dalla sorgente di neutrini. Il rivelatore T600 è il "far detector" posto a 600 m dalla sorgente. Confrontando fra loro gli spettri degli eventi di neutrino misurati nelle differenti postazioni sarà possibile minimizzare le incertezze sistematiche e chiarire definitivamente l'esistenza dei neutrini "sterili" tramite la ricerca simultanea di una possibile comparsa di  $\nu_e$  e di una possibile scomparsa dei  $\nu_\mu$  nel fascio. Con una esposizione di  $6.6 \times 10^{20}$  pot raccolti in 3 anni di presa dati SBN potrà esplorare completamente con una sensibilità di  $5 \sigma$  la regione dei parametri permessa da LSND. Durante gli studi per la proposta di questo progetto mi sono dedicato alla definizione dei criteri di selezione degli eventi di  $\nu_e$  e allo studio dei possibili fondi sia associati al fascio che dovuti ai raggi cosmici che attraversano il rivelatore T600.

I rivelatori del progetto SBN raccolgono dati essenzialmente in superficie e pertanto per ogni evento raccolto ci aspettiamo di osservare anche diverse tracce associate ai raggi cosmici passanti nel rivelatore. Queste particelle possono produrre nel rivelatore vertici che possono essere in qualche caso confusi con un'interazione di neutrino. Per mitigare queste sorgenti di fondo, uno strato di cemento (overburden) spesso circa 3 metri è stato posizionato sopra il rivelatore T600. Gli studi a cui ho partecipato hanno mostrato, usando una descrizione dettagliata del rivelatore ICARUS e gli strumenti di simulazione più aggiornati, che tale protezione passiva riduce fortemente il numero totale di fondi associati ai raggi cosmici ed è quindi fondamentale per l'esperimento.

#### 5) **Studi per la selezione degli eventi di neutrino in SBN al Fermilab**

La presa dati in superficie nell'ambito del progetto SBN richiede lo sviluppo di metodi automatici per selezionare e ricostruire le interazioni di neutrino, distinguendole dalle tracce prodotte dai raggi cosmici, nei milioni di eventi che saranno raccolti nel corso dell'esperimento. Inoltre l'analisi combinata degli eventi raccolti nei rivelatori del progetto SBN richiede l'utilizzo di strumenti di selezione, ricostruzione ed analisi il più possibile uguali nel rivelatore near e far, per evidenziare eventuali segnali di oscillazione minimizzando le possibili sistematiche. Lo sviluppo di questi strumenti è coordinato dal gruppo SBN Analysis, comune a ICARUS ed al near detector SBND. Fra il 2019 ed il 2021 sono stato uno degli organizzatori di alcuni "SBN Analysis Workshop", dedicati a discutere approfonditamente argomenti d'interesse per il programma SBN ed a sviluppare strumenti condivisi per lo studio delle oscillazioni, per la selezione e misura degli eventi di neutrino, per identificare e mitigare i possibili effetti sistematici associati ai rivelatori e per migliorare la ricostruzione degli eventi.

Sono stato fra il 2018 ed il 2022 il coordinatore per ICARUS del gruppo "SBN Event Selection" ed a partire dal febbraio 2023 sono uno dei coordinatori del gruppo "ICARUS Neutrino Identification and Cosmic Rejection". Questi gruppi di lavoro hanno l'obiettivo primario di sviluppare strumenti automatici per la selezione delle interazioni di neutrino e per la reiezione dei possibili fondi, associati in primis ai raggi cosmici. La selezione delle interazioni di neutrino, al cui sviluppo sto contribuendo, deve sfruttare la ricchezza delle informazioni fornite dai rivelatori. In primo luogo la selezione si basa sullo studio dei segnali registrati sui fili delle TPC utilizzando strumenti di pattern recognition per identificare i vertici d'interazione candidati e rigettare i raggi cosmici passanti. Lo studio dei segnali di luce registrati dai PMT, presenti all'interno del rivelatore, permette di verificare se l'evento candidato è compatibile con il segnale di luce registrato in coincidenza con lo spill del fascio, rimuovendo tutte le particelle registrate fuori tempo rispetto al trigger. Un'ulteriore riduzione dei fondi, in particolare dai raggi cosmici, è ottenuta studiando i segnali registrati dal Cosmic Ray Tagging System, che circonda esternamente il rivelatore. Infine, per i candidati selezionati, le particelle prodotte al vertice primario vengono studiate in dettaglio per identificare la presenza del leptone carico primario associato al neutrino (muone/elettrone). Gli studi finora condotti, a cui ho partecipato, sono stati focalizzati sulla selezione dei  $\nu_\mu$ , ottenendo un'efficienza di identificazione di circa 80% per le interazioni con il vertice in un opportuno volume fiduciale. In parallelo lo sviluppo degli strumenti per la selezione dei  $\nu_e$  è in corso con l'obiettivo di migliorarne l'efficienza d'identificazione e la precisione per la ricostruzione degli sciami elettromagnetici.

#### 6) **Installazione, attivazione, commissioning e presa dati del T600 al Fermilab**

Ho partecipato attivamente con il gruppo di Padova al refurbishing del rivelatore T600 presso il CERN nell'ambito della Neutrino Platform (esperimento WA104/NP01) che si sono concluse con lo spostamento del rivelatore al Fermilab nel 2017. In questa fase sono state introdotte alcune innovazioni tecnologiche migliorando le prestazioni già raggiunte e dimostrate nella precedente presa dati. Il gruppo ICARUS di Padova ha sviluppato una versione aggiornata della catena elettronica per acquisire i segnali sui fili delle TPC, finalizzata a fornire una migliore qualità nella ricostruzione degli eventi. Ho partecipato alla realizzazione dei test di questa nuova elettronica di read-out, eseguiti su una mini LAr-TPC installata al CERN, che hanno dimostrato che il rapporto segnale rumore risulta migliore nelle viste di Induzione rispetto alla versione precedente utilizzata al Gran Sasso.

In parallelo alle attività di aggiornamento del rivelatore T600 al Fermilab, anche il codice utilizzato per l'analisi degli eventi raccolti nel T600 è stato completamente rinnovato ed integrato all'interno dell'ambiente di sviluppo LArSoft, sviluppato presso il Fermilab ed adottato dagli altri rivelatori del progetto SBN e dall'esperimento di long base-line DUNE. È stato pertanto necessario sviluppare nell'ambiente LArSoft gli elementi necessari per gestire gli eventi raccolti in ICARUS. A questo scopo ho contribuito a tutti gli sviluppi necessari, importando anche nel nuovo ambiente di sviluppo gli strumenti d'analisi che avevo sviluppato ed utilizzato durante la presa dati al Gran Sasso (descrizione della geometria del rivelatore, simulazione di eventi associati ai raggi cosmici ed alle interazioni di neutrino, algoritmi per la ricostruzione spaziale e calorimetrica di tracce passanti e di sciame elettromagnetici).

Durante l'installazione del rivelatore T600 a Fermilab, nel corso del 2019, ho contribuito direttamente all'installazione e messa in funzione della nuova elettronica di read-out delle TPC. Ho eseguito test per verificarne il funzionamento e per valutare le condizioni di rumore elettronico durante le varie fasi di installazione. Ho inoltre sviluppato strumenti di analisi per monitorare le condizioni di rumore sui fili prima, durante e dopo la fase di riempimento del rivelatore con Argon liquido, avvenuta fra febbraio e aprile 2020. Ho inoltre investigato il livello di rumore durante la fase di commissioning per cercare di identificare e ridurre tutte le possibili sorgenti.

Ho partecipato, fra la fine del 2020 e durante il 2021 allo sviluppo e commissioning del sistema di trigger. Ho studiato le interazioni registrate con diverse configurazioni di trigger: in qualità di responsabile dello studio visuale degli eventi, ho formato e coordinato il gruppo (circa 30 componenti) che ha studiato visivamente gli eventi raccolti. Questa attività ha permesso di identificare un campione di eventi contenenti interazioni di  $\nu_\mu$  associati al fascio BNB ed al fascio NuMI ed un piccolo campione di eventi candidati di  $\nu_e$  dal fascio NuMI, fornendo anche feedback importanti per ottimizzare il sistema di trigger attualmente in uso. Le interazioni di neutrino da me identificate, oggetto di studio dettagliato, sono adesso utilizzate anche per validare e migliorare i programmi automatici di selezione e ricostruzione. Ho ottimizzato questi strumenti, inizialmente sviluppati con simulazioni Monte Carlo, per tener conto delle peculiarità dei dati reali acquisiti dal rivelatore.

Attualmente il rivelatore T600 è in presa dati e lo studio degli eventi raccolti è in corso. La fase di commissioning del T600 si è conclusa nel giugno del 2022 con l'installazione del Top CRT e dell'overburden in cemento, dello spessore di circa 3 m. Il primo run di fisica con il rivelatore T600 al completo è stato quindi eseguito fra il 9 giugno ed il 10 luglio 2022; il secondo run di fisica è invece iniziato nel dicembre 2022 e si è concluso nel luglio del 2023 mentre attualmente è in corso il terzo run di fisica. In questa prima fase di presa dati di fisica con ICARUS stand-alone, il focus è rivolto a una verifica del segnale di oscillazione in un nuovo tipo di neutrini suggerito dall'esperimento Neutrino-4 a un reattore nucleare. Questo esperimento ha infatti osservato un segnale in scomparsa con una modulazione caratteristica  $L/E \sim 1-3 \text{ m/MeV}$  che corrisponde a un segnale  $\Delta m^2 \sim 7.5 \text{ eV}^2$ . ICARUS potrà verificare questo segnale utilizzando due distinti canali associati al fascio BNB e NuMI: in primo luogo verrà studiato un segnale in scomparsa del  $\nu_\mu$  studiando gli eventi quasi elastici completamente contenuti nel rivelatore e con un muone primario di almeno 50cm. Inoltre ICARUS investigherà un segnale in scomparsa dei  $\nu_e$  considerando ancora una volta interazioni quasi-elastiche completamente contenute. Sto collaborando a questo studio, concentrandomi in particolare sullo sviluppo degli strumenti per la selezione e ricostruzione delle interazioni di neutrino, anche attraverso lo studio visuale degli eventi.

## 7) Calibrazione del rivelatore T600 al Fermilab

Elemento fondamentale per una ricostruzione dettagliata delle interazioni di neutrino è anche una precisa calibrazione dei segnali registrati ed una identificazione e quantificazione di tutti i possibili effetti sistematici associati al rivelatore stesso. A partire dall'estate 2018 e fino alla fine del 2022 sono stato uno dei due coordinatori del gruppo dedicato alla Calibrazione del rivelatore ICARUS. Compito principale di questo gruppo è lo sviluppo degli strumenti che sono utilizzati per la calibrazione dei sotto-rivelatori che costituiscono il T600 (TPCs, PMTs e CRT).

Ho coordinato e partecipato in prima persona alle attività relative alla selezione di eventi che possano essere usati per la calibrazione. Ad esempio le tracce registrate di muoni cosmici sono state studiate per ottenere una calibrazione dei segnali registrati sui fili delle TPC e sui 360 fotomoltiplicatori installati dietro i fili sui cui segnali si basa il trigger del rivelatore. Il confronto fra i segnali registrati lungo queste tracce ed il  $dE/dx$  atteso potrà fornire le costanti di calibrazione e l'equalizzazione della risposta dei vari canali della TPC. Inoltre il confronto fra la luce associata a queste tracce e registrata dai PMT con il valore previsto via Monte Carlo sta fornendo informazioni utili per valutare e monitorare la temporizzazione ed il guadagno dei PMTs.

In parallelo ho ottimizzato il metodo automatico per la misura della purezza dell'Argon liquido adattandolo all'operazione in superficie che comporta in media una decina di muoni cosmici passanti nel rivelatore sovrapposti casualmente ad ogni evento raccolto. Questo strumento è entrato in funzione non appena sono state registrate le prime tracce di muoni cosmici passanti nel rivelatore nell'estate del 2020, fornendo in real time informazioni sulle condizioni dell'Argon liquido nei due criostati del T600.

Fra gli elementi da tenere in considerazione nella ricostruzione degli eventi vi è anche l'effetto associato alla carica spaziale generata dai raggi cosmici che attraversano il rivelatore. L'accumulo degli ioni positivi prodotti al passaggio delle particelle cariche nel volume attivo può portare a una modifica locale del campo elettrico di deriva, introducendo quindi distorsioni sulle tracce raccolte. Questo effetto è stato studiato, con il mio contributo, anche utilizzando i dati raccolti a Pavia nel 2001, quando uno dei criostati è stato esposto in superficie ai raggi cosmici. L'analisi di questi dati ha mostrato come nel rivelatore ICARUS l'effetto della carica spaziale in superficie non sia un parametro critico, sebbene sia necessario introdurre una piccola correzione per ottenere una corretta ricostruzione degli eventi. Uno studio di questo effetto è in corso anche con i dati acquisiti a Fermilab nell'ambito del gruppo di Calibrazione.

## 8) **Proposta per un futuro esperimento Long Baseline**

La tecnologia delle LAr-TPC ha raggiunto una piena maturità dimostrando la realizzabilità di rivelatori dell'ordine delle decine di kton, con la proposta di una TPC di 20 kton progenitore del rivelatore DUNE (progetto MODULAR) cui ho attivamente partecipato durante il dottorato di ricerca, che rappresenta l'estensione naturale della conoscenza accumulata per la realizzazione di ICARUS.

Sono coinvolto anche nel progetto DUNE, un esperimento di Long Baseline basato sulla realizzazione di un rivelatore LAr-TPC di struttura modulare con una massa totale 40 kton dedicato allo studio di possibili violazioni di CP nel settore leptonic e alla determinazione della gerarchia di massa dei neutrini. In particolare il mio contributo consisterà nello studio degli eventi di neutrino dell'elettrone nell'intervallo di energia 0-3 GeV del fascio NUMI off-axis che ICARUS sta attualmente raccogliendo al Fermilab un intenso segnale di neutrino. Questo campione di dati rappresenterà un contributo fondamentale per DUNE, permettendo la misura delle sezioni d'urto in argon e il perfezionamento sperimentale delle tecniche di selezione e ricostruzione dei  $\nu_e$ .

## 9) Attività di R&D utilizzando il rivelatore ICARINO

Il rivelatore ICARINO installato presso i Laboratori Nazionali di Legnaro dal gruppo ICARUS di Padova, per le sue piccole dimensioni, risulta ideale per effettuare test innovativi e misure correlate alla tecnologia di base del rivelatore ICARUS. Durante il dottorato di ricerca (2008-2009) ho partecipato ad alcune prese dati eseguite con questo rivelatore esposto ai raggi cosmici. ICARINO è stato utilizzato in primo luogo per eseguire una misura di precisione della purezza dell'argon liquido: grazie alle nuove tecniche di riempimento e di purificazione messe a punto su questo prototipo è stato possibile ottenere un livello di impurezze inferiore a 15 ppt, corrispondenti a vite medie degli elettroni di deriva di circa 20 ms. La misura di valori così elevati di purezza, corrispondenti ad effetti di attenuazioni inferiori al percento nella test-facility, ha richiesto il controllo al per mille degli effetti sistematici nel rivelatore quali le distorsioni residue del campo elettrico nella TPC e l'equalizzazione della risposta dei canali dell'elettronica. Tale precisione è stata ottenuta con un mio studio dettagliato degli eventi raccolti, della mappa simulata del campo elettrico di deriva e della risposta dell'elettronica a segnali calibrati (test-pulse). ICARINO è stato inoltre utilizzato per lo sviluppo di un sistema di trigger basato su una identificazione efficiente ed on-line dei segnali fisici raccolti sui fili della TPC dopo aver filtrato le componenti di rumore ad alta e bassa frequenza. Tale algoritmo è stato inoltre concepito nella maniera più semplice possibile per essere implementato direttamente sulle schede di read-out di ICARUS e per fornire una risposta veloce, essenziale per un sistema di trigger. Con il mio contributo, le performance di questo nuovo sistema sono state studiate in dettaglio su eventi associati ai raggi cosmici, dimostrandone la capacità di identificare eventi di bassa energia (fino a qualche MeV). Questo sistema di trigger è stato successivamente utilizzato anche durante la presa dati al Gran Sasso del T600, fornendo un incremento dell'efficienza di trigger del rivelatore sugli eventi a bassa energia.

Il nostro gruppo ha inoltre recentemente provato in ICARINO una nuova tecnica di rivelazione: il classico anodo costituito dai piani di fili (tipico dei rivelatori alla ICARUS) è stato sostituito da un multilayer Large Electron Multiplier (LEM) costituito da 3 strati elettrici opportunamente polarizzati. Ho partecipato attivamente alla prova sperimentale di questa tecnica di rivelazione, effettuata con i raggi cosmici: l'analisi degli eventi raccolti, a cui ho collaborato, ha dimostrato che questa tecnica permette una ricostruzione tridimensionale dell'evento in modo analogo a quanto accade con le camere a fili, con un rapporto segnale-rumore, da me stimato, confrontabile con quello delle camere a fili, rendendo quindi questa tecnica molto promettente.

## 10) **Altre attività: Radiolab**

A partire dal 2019 collaboro con il progetto di terza missione Radiolab che coinvolge in particolare gli studenti delle scuole superiori ed il cui obiettivo è di divulgare le conoscenze relative alle tematiche della radioattività ambientale e del Radon. L'attività proposta agli studenti, che si svolge durante l'anno scolastico come PCTO (Percorsi per le Competenze Trasversali e l'Orientamento), prevede lezioni frontali sulla fisica nucleare, sulla radioattività e sul Radon ed una misura di concentrazione di Radon mediante dosimetri passivi CR39. Dopo aver esposto un dosimetro, gli studenti studiano le tracce registrate sul dosimetro e prodotte dai decadimenti del Radon e tramite una curva di calibrazione da loro stimata estraggono la misura della concentrazione di Radon nell'ambiente in cui il dosimetro è stato posizionato.

Dal primo gennaio 2022 sono il Responsabile locale del gruppo Radiolab presso la sezione INFN di Padova.

## 11) **Altre attività: tesi di Laurea presso l'Università degli Studi di Padova**

Ho seguito, in qualità di relatore per la tesi di laurea, due studenti del corso di Laurea triennale in Fisica: M. Bottene con la tesi "Test sulla nuova elettronica del rivelatore Icarus T600, finalizzata all'esperimento Short Baseline Neutrino (SBN) al FermiLab" (2018) e L. Zappacosta con la tesi "Studio sperimentale di tracce di muoni cosmici nel rivelatore ICARUS T600 al Fermilab" (2022). Infine ho seguito in qualità di relatore D. Diretto con la tesi di Laurea magistrale in Physics dal titolo "Studies for the selection of the neutrino events collected in ICARUS T600 at FERMILAB" (2023).

## **Incarichi di responsabilità all'interno della collaborazione ICARUS**

- 2023-oggi Co-convener del gruppo che si occupa della selezione delle interazioni di neutrino nell'ambito e della reiezione dei fondi da raggi cosmici per la presa dati del rivelatore ICARUS al Fermilab
- 2018-2022 Co-convener del gruppo che si occupa delle attività relative alla calibrazione per la presa dati del rivelatore ICARUS al Fermilab
- 2018-2022 Co-convener del gruppo che si occupa della selezione delle interazioni di neutrino nell'ambito del progetto SBN al Fermilab
- 2016-2020 Responsabile della selezione, identificazione e ricostruzione dei neutrini atmosferici raccolte nel T600 durante la presa dati al Gran Sasso

- 2010-2018 Responsabile della identificazione e ricostruzione delle interazioni dei neutrini dell'elettrone registrate dal T600 al Gran Sasso sia nel fascio CNGS sia nei raggi cosmici
- 2010-2014 Coordinatore dell'attività di studio visuale degli eventi raccolti nel fascio CNGS svolta nei vari laboratori dalla collaborazione ICARUS
- 2010-2014 Responsabile del gruppo di ricerca, identificazione e classificazione tramite studio visuale degli eventi raccolti nel fascio CNGS
- 2010-2013 Responsabile per la misura della vita media degli elettroni in argon liquido nel T600 durante la presa dati al Gran Sasso

## Attività didattica

A partire dall'anno accademico 2007/2008 ho svolto in modo non continuativo **attività didattica di supporto** nell'ambito dell'insegnamento di "Laboratorio di Fisica" per gli studenti del primo e secondo anno di vari corsi di laurea in Ingegneria dell'Università degli Studi di Padova.

A partire dall'anno accademico 2015/2016 svolgo **attività didattica** nell'ambito del "Laboratorio di fisica avanzato, modulo B" per il Corso di Laurea magistrale in Fisica (poi divenuto "Advanced Physics Laboratory" per il corso di laurea magistrale in Physics). Coordino, insieme con A.Guglielmi, il gruppo di studenti impegnato nella misura della vita media dei muoni in alluminio. Dopo aver caratterizzato ed ottimizzato nel primo modulo del corso l'apparato sperimentale a disposizione, nella parte di corso da me tenuta gli studenti preparano gli strumenti necessari all'analisi dello spettro temporale raccolto per estrarre una stima della vita media dei muoni e del rapporto fra i flussi del muone positivo e negativo nei raggi cosmici. Vengono anche preparate simulazioni Monte Carlo, utili per testare ed ottimizzare gli strumenti d'analisi sviluppati.

Durante gli anni accademici 2016/2017, 2017/2018 e 2018/2019 ho svolto 40 ore di **attività didattica** nell'ambito del corso di Fisica 1 per gli studenti del canale 2 di Ingegneria dell'Informazione. Sono stato in particolare il responsabile dell'attività di laboratorio svolta dagli studenti e ho svolto le lezioni frontali sui principi della Termodinamica nella parte finale del corso.

## Altre attività di terza missione

Ho partecipato alla edizione 2017, 2018, 2020 e 2021 della Notte Europea dei Ricercatori a Padova. In particolare ho collaborato alla realizzazione dello stand e, durante le serate, ho gestito una breve attività dal titolo "Indovina le particelle in ICARUS": dopo aver mostrato e descritto alcune immagini di eventi raccolti nel rivelatore LAr-TPC ICARUS, ho proposto ai partecipanti un quiz in cui, guardando l'immagine di un evento, doveva essere identificata la particella raccolta nel rivelatore.

Ho partecipato come collaboratore alla realizzazione della Mostra Scientifica Interattiva "Sperimentando 2018: La scienza delle immagini" tenutasi dal 14 aprile al 13 maggio 2018 presso la "Cattedrale" ex Macello a Padova. Ho collaborato in particolare alla realizzazione di una parte dello stand di Fisica "Immagini con le particelle", preparando del materiale divulgativo per presentare l'esperimento ICARUS ed un gioco interattivo che è stato poi svolto dai partecipanti alla mostra.

Ho partecipato il 27 e 28 settembre 2018 a "NEMES: Non è magia, è scienza" che si è svolto anche presso il dipartimento di Fisica e Astronomia. Dopo una lezione introduttiva sul Modello Standard delle interazioni fondamentali ho spiegato agli studenti delle scuole superiori i principi che regolano l'identificazione delle particelle in rivelatori come ICARUS ed infine gli studenti hanno svolto un piccolo gioco per verificare quanto prima imparato.

Ho partecipato alle iniziative relative alla Notte Europea dei Ricercatori all'interno dell'evento "Science4all la festa della scienza a Padova" tenutosi fra il 26 settembre ed il 2 ottobre 2022. In particolare ho contribuito alle proposte coordinate dalla sezione INFN di Padova e dal Dipartimento di Fisica e Astronomia partecipando a "Misteriosi neutrini - Incontro con gli scienziati" tenutosi il 1 ottobre tra le 17 e le 23: insieme ad altri colleghi, ho parlato alle persone che si avvicinavano al banco predisposto dei neutrini e di come si possono studiare, mostrando ad esempio qualche immagine relativa a ICARUS

Ho partecipato alle iniziative relative alla Notte Europea dei Ricercatori all'interno dell'evento "Science4all la festa della scienza a Padova" tenutosi fra il 29 settembre ed il 1 ottobre 2023. In particolare ho contribuito alle attività che si sono svolte il 30 settembre e coordinate dalla sezione INFN di Padova e dal Dipartimento di Fisica e Astronomia partecipando presentando alle persone che si avvicinavano al banco predisposto le attività svolte dal progetto RADIOLAB.

## Presentazioni a Conferenze

- [22 - 27 Settembre 2008] *XCIV Congresso Nazionale SIF*, Genova (Italy). Presentazione: "Simulazione di un algoritmo di track finding in real time".
- [6 - 11 Dicembre 2010] *Discrete 2010, Symposium on Prospect in the Physics of Discrete Symmetries*, Roma (Italy). Presentazione: "ICARUS-T600 and beyond: LAr-TPC for neutrino physics and proton decay search".
- [26 - 30 Settembre 2011] *XCVII Congresso Nazionale SIF*, L'Aquila (Italy). Presentazione: "Misure di vita media degli elettroni nel rivelatore ICARUS T600".
- [28 Maggio - 2 Giugno, 2012] *Vulcano Workshop 2012, Frontier Objects in Astrophysics and Particle Physics*, Vulcano (Italy). Presentazione: "Neutrinos from ICARUS".
- [2 - 7 Giugno 2014] *Neutrino 2014, XXVI International Conference on Neutrino Physics and Astrophysics*, Boston (USA). Presentazione: "Some recent results from ICARUS".
- [1 - 2 Dicembre 2014] *WHAT NEXT: Oscillazioni di Neutrino, INFN Workshop*, Padova (Italy). Presentazione: "The role of the LAr-TPC technology for the present and future neutrino physics".
- [26 - 30 Settembre 2016] *CII Congresso Nazionale SIF*, Padova (Italy). Presentazione su invito: "ICARUS: stato e prospettive".
- [17 - 29 Agosto 2017] *6th International Conference on New Frontiers in Physics (ICNFP 2017)*, Kolymbari, Crete, Greece. Presentazione: "The ICARUS experiment".  
poster: "The new front end and DAQ of the ICARUS detector"
- [4 - 12 Luglio 2018] *7th International Conference on New Frontiers in Physics (ICNFP 2018)*, Kolymbari, Crete, Greece. Presentazione: "The ICARUS experiment".  
poster: "Atmospheric neutrino search in the ICARUS T600 detector"
- [3 - 8 Giugno 2019] *The 27th International Workshop on Weak Interactions and Neutrinos (WIN 2019)*, Bari, Italy. Presentazione: "Sterile neutrino searches with the ICARUS detector".
- [28 Luglio - 6 Agosto 2020] *The 40th International Conference on High Energy Physics - ICHEP 2020*, Virtual conference. Presentazione: "Sterile neutrino searches with the ICARUS detector".
- [26 Agosto - 3 Settembre 2021] *17th International Conference on Topics in Astroparticle and Underground Physics - TAUP 2021*, Presentazione: "Short-Baseline neutrino oscillation searches with the ICARUS detector".
- [30 Agosto - 11 Settembre 2022] *11th International Conference on New Frontiers in Physics (ICNFP 2022)*, Kolymbari, Crete, Greece. Presentazione: "Short-Baseline neutrino oscillation searches with the ICARUS detector".

- [1] C. Farnese in Baibussinov B. et al. "A new very massive modular Liquid Argon Imaging Chamber to detect low energy off-axis neutrinos from the CNGS beam (Project MODULAR)", *Astroparticle Physics* 29, 174-187 (2008), *arXiv:0704.1422 [hep-ph]*, DOI 10.1016/j.astropartphys.2008.01.001.
- [2] C. Farnese in Angeli D. et al. "Towards a new Liquid Argon Imaging Chamber for the MODULAR project", *JINST* 4, P02003 (2009), DOI 10.1088/1748-0221/4/02/P02003.
- [3] C. Farnese in Ankowski A. et al., "Energy reconstruction of electromagnetic showers from  $\pi^0$  decays with the ICARUS T600 Liquid Argon TPC", *Acta physica polonica B* 41, 103-125 (2010), *arXiv:0812.2373 [hep-ex]* (2008).
- [4] C. Farnese in Baibussinov B. et al., "Free electron lifetime achievements in Liquid Argon Imaging TPC", *JINST* 5, P03005 (2010), *arXiv:0910.5087 [physics.ins-det]* DOI 10.1088/1748-0221/5/03/P03005.
- [5] C. Farnese in Baibussinov B. et al., "A hardware implementation of Region-of-Interest selection in LAr-TPC for data reduction and triggering", *JINST* 5, P12006 (2010), *arXiv:1009.2262 [physics.ins-det]*, DOI 10.1088/1748-0221/5/12/P12006.
- [6] C. Farnese in Rubbia C. et al., "Underground operation of the ICARUS T600 LAr-TPC: first results", *JINST* 6, P07011 (2011), *arXiv:1106.0975 [hep-ex]* (2011), DOI 10.1088/1748-0221/6/07/P07011;
- [7] C. Farnese in Antonello M. et al., "A search for the analogue to Cherenkov radiation by high energy neutrinos at superluminal speeds in ICARUS", *Physics Letters B Volume 711, Issues 3-4, 15 May 2012, Pages 270-275.*, *arXiv:1110.3763 [hep-ex]*, DOI 10.1016/j.physletb.2012.04.014.
- [8] C. Farnese in Antonello M. et al., "Measurement of the neutrino velocity with the ICARUS detector at the CNGS beam", *Physics Letters B Volume 713, Issue 1, 18 June 2012, Pages 17-22*, *arXiv:1203.3433 [hep-ex]*, DOI 10.1016/j.physletb.2012.05.033.
- [9] C. Farnese in Antonello M. et al., "Precision measurement of the neutrino velocity with the ICARUS detector in the CNGS beam", *Journal of High Energy Physics, JHEP11 (2012)049*, *arXiv:1208.2629 [hep-ex]*, DOI 10.1007/JHEP11(2012)049.
- [10] C. Farnese in Antonello M. et al., "Experimental search for the 'LSND anomaly' with the ICARUS detector in the CNGS neutrino beam", *Eur. Phys. J. C (2013) 73:2345*, *arXiv:1209.0122 [hep-ex]*, DOI 10.1140/epjc/s10052-013-2345-6.
- [11] C. Farnese in Antonello M. et al., "Search for anomalies in the  $\nu_e$  appearance from a  $\nu_\mu$  beam", *Eur. Phys. J. C (2013) 73:2599*, *arXiv:1307.4699 [hep-ex]*, DOI 10.1140/epjc/s10052-013-2599-z.
- [12] C. Farnese in Antonello M. et al., "Precise 3D track reconstruction algorithm for the ICARUS T600 liquid argon time projection chamber detector.", *Advances in High Energy Physics, Volume 2013 (2013), Article ID 260820, 16 pages*, *arXiv:1210.5089 [physics.ins-det]*, DOI 10.1155/2013/260820.

- [13] C. Farnese in Antonello M. et al., "The trigger system of the ICARUS experiment for the CNGS beam", *JINST* 9, P08003 (2014), *arXiv:1405.7591 [physics.ins-det]*, DOI 10.1088/1748-0221/9/08/P08003.
- [14] C. Farnese (corresponding author) in Antonello M. et al., "Experimental observation of an extremely high electron lifetime with the ICARUS-T600 LAr-TPC", *JINST* 9, P12006 (2014), *arXiv:1409.5592 [physics.ins-det]*, DOI 10.1088/1748-0221/9/12/P12006.
- [15] C. Farnese in Antonello M. et al., "Operation and performance of the ICARUS T600 cryogenic plant at Gran Sasso underground Laboratory", *JINST* 10, P12004 (2015), *arXiv:1504.01556 [physics.ins-det]*, DOI 10.1088/1748-0221/10/12/P12004.
- [16] C. Farnese in Antonello M. et al., "Muon momentum measurement in ICARUS-T600 LAr-TPC via multiple scattering in few-GeV range", *JINST* 12, P04010 (2017), *arXiv:1612.07715 [physics.ins-det]*, DOI 10.1088/1748-0221/12/04/P04010.
- [17] C. Farnese in Baibussinov B. et al., "Operation of a LAr-TPC equipped with a multilayer LEM charge readout", *JINST* 13, T03001 (2018), *arXiv:1711.06781 [physics.ins-det]*, DOI 10.1088/1748-0221/13/03/T03001.
- [18] C. Farnese (corresponding author) in Bagby L. et al., "New read-out electronics for ICARUS-T600 liquid Argon TPC. Description, simulation and tests of the new front-end and ADC system", *JINST* 13, P12007 (2018), *arXiv:1805.03931 [physics.ins-det]*, DOI 10.1088/1748-0221/13/12/P12007.
- [19] C. Farnese in Babicz M. et al., "Test and characterization of 400 Hamamatsu R5912-MOD photomultiplier tubes for the ICARUS T600 detector", *JINST* 13, P10030 (2018), *arXiv:1807.08577 [physics.ins-det]*, DOI 10.1088/1748-0221/13/10/P10030.
- [20] C. Farnese in Babicz M. et al., "Scintillation light DAQ and trigger system for the ICARUS T600 experiment at Fermilab", *Nuclear Inst. and Methods in Physics Research, A* Volume 936, Pages 358-359 (2019), DOI 10.1016/j.nima.2018.11.111.
- [21] C. Farnese in Antonello M. et al., "Study of space charge in the ICARUS T600 detector", *JINST* 15, P07001 (2020), DOI 10.1088/1748-0221/15/07/P07001.
- [22] C. Farnese in Abi B. et al., "Volume I. Introduction to DUNE", *JINST* 15, T08008 (2020), DOI 10.1088/1748-0221/15/08/T08008.
- [23] C. Farnese in Abi B. et al., "Volume III. DUNE far detector technical coordination", *JINST* 15, T08009 (2020), DOI 10.1088/1748-0221/15/08/T08009.
- [24] C. Farnese in Abi B. et al., "Volume IV. The DUNE far detector single-phase technology", *JINST* 15, T08010 (2020), DOI 10.1088/1748-0221/15/08/T08010.
- [25] C. Farnese in Abi B. et al., "Long-baseline neutrino oscillation physics potential of the DUNE experiment: DUNE Collaboration", *EPJC* 80, 978 (2020), DOI 10.1140/epjc/s10052-020-08456-z.
- [26] C. Farnese in Ali-Mohammadzadeh B. et al., "Design and implementation of the new scintillation light detection system of ICARUS T600", *JINST* 15, T10007 (2020), DOI 10.1088/1748-0221/15/10/T10007.

- [27] C. Farnese in Abi B. et al., "Neutrino interaction classification with a convolutional neural network in the DUNE far detector", *Physical Review D* 102, 092001 (2020), DOI 10.1103/PhysRevD.102.092003.
- [28] C. Farnese in Abi B. et al., "First results on ProtoDUNE-SP liquid argon time projection chamber performance from a beam test at the CERN Neutrino Platform", *JINST* 15, P12004 (2020), DOI 10.1088/1748-0221/15/12/P12004.
- [29] C. Farnese in Bagby L. et al., "Overhaul and installation of the ICARUS-T600 liquid argon TPC electronics for the FNAL Short Baseline Neutrino program", *JINST* 16, P01037 (2021), DOI 10.1088/1748-0221/16/01/P01037.
- [30] C. Farnese in Abi B. et al., "Prospects for beyond the Standard Model physics searches at the Deep Underground Neutrino Experiment. DUNE Collaboration", *EPJC* 81, 322 (2021), DOI 10.1140/epjc/s10052-021-09007-w.
- [31] C. Farnese in Abi B. et al., "Supernova neutrino burst detection with the Deep Underground Neutrino Experiment. DUNE Collaboration", *EPJC* 81, 423 (2021), DOI 10.1140/epjc/s10052-021-09166-w.
- [32] C. Farnese in The DUNE collaboration, "Searching for solar KDAR with DUNE", *JCAP* 10, 065 (2021), DOI 10.1088/1475-7516/2021/10/065.
- [33] C. Farnese in A. Abed Abud et al.(DUNE collaboration), "Deep Underground Neutrino Experiment (DUNE) Near Detector Conceptual Design Report", *Instruments* 5, 31 (2021), DOI 10.3390/instruments5040031.
- [34] C. Farnese in The DUNE collaboration, "Design, construction and operation of the ProtoDUNE-SP Liquid Argon TPC", *JINST* 17, P01005 (2022), DOI 10.1088/1748-0221/17/01/P01005.
- [35] C. Farnese in A. Abed Abud et al. (DUNE collaboration), "Low exposure long-baseline neutrino oscillation sensitivity of the DUNE experiment", *PHYSICAL REVIEW D* 105, 072006 (2022), DOI 10.1103/PhysRevD.105.072006.
- [36] C. Farnese in A. Abed Abud et al. (DUNE collaboration), "Scintillation light detection in the 6-m drift-length ProtoDUNE Dual Phase liquid argon TPC", *EPJC* 82(7), 618 (2022), DOI 10.1140/epjc/s10052-022-10549-w.
- [37] C. Farnese in A. Abed Abud et al. (DUNE collaboration), "Separation of track- and shower-like energy deposits in ProtoDUNE-SP using a convolutional neural network", *EPJC* 82(10), 903 (2022), DOI 10.1140/epjc/s10052-022-10791-2.
- [38] C. Farnese et al. (on behalf of the ICARUS collaboration), "Implementation of the trigger system of the ICARUS-T600 detector at Fermilab", *Nuclear Inst. and Methods in Physics Research, A* 1045, 167498 (2023), DOI 10.1016/j.nima.2022.167498.
- [39] C. Farnese in A. Abed Abud et al. (DUNE collaboration), "Highly-parallelized simulation of a pixelated LArTPC on a GPU", *JINST* 18, P04034 (2023), DOI 10.1088/1748-0221/18/04/P04034.
- [40] C. Farnese in A. Abed Abud et al. (DUNE collaboration), "Identification and reconstruction of low-energy electrons in the ProtoDUNE-SP detector", *PHYSICAL REVIEW D* 107, 092012 (2023), DOI 10.1103/PhysRevD.107.092012.

- [41] C. Farnese in P. Abratenko et al., "ICARUS at the Fermilab Short-Baseline Neutrino program: initial operation", *EPJC* 83, 467 (2023), DOI 10.1140/epjc/s10052-023-11610-y.
- [42] C. Farnese in The DUNE collaboration et al., "Impact of cross-section uncertainties on supernova neutrino spectral parameter fitting in the Deep Underground Neutrino Experiment", *PHYSICAL REVIEW D* 107, 112012 (2023), DOI 10.1103/PhysRevD.107.112012.
- [43] C. Farnese in The DUNE collaboration et al., "Reconstruction of interactions in the ProtoDUNE-SP detector with Pandora", *EPJC* 83, 618 (2023), DOI 10.1140/epjc/s10052-023-11733-2.
  
- [Ar1] C. Farnese in Antonello M. et al., "*Some conclusive considerations on the comparison of the ICARUS  $\nu_\mu$  to  $\nu_e$  oscillation search with the MiniBooNE low-energy event excess*", arXiv:1502.04833 [hep-ph] (2015);
- [Ar2] C. Farnese in B. Abi et al. (DUNE collaboration), "Experiment Simulation Configurations Approximating DUNE TDR ", arXiv:2103.04797 [hep-ex], (2021).
- [Ar3] C. Farnese in A. Abed Abud et al. (DUNE collaboration), "Snowmass Neutrino Frontier: DUNE Physics Summary ", arXiv:2203.06100 [hep-ex], (2022), Contribution to Snowmass 2021.
- [Ar4] C. Farnese in A. Abed Abud et al. (DUNE collaboration), "A Gaseous Argon-Based Near Detector to Enhance the Physics Capabilities of DUNE", arXiv:2203.06281 [hep-ex], (2022), Contribution to Snowmass 2021.

## Proposte per futuri esperimenti

- [P1] C. Farnese in Baibussinov B. et al., "*DOUBLE-LAr: Liquid Argon Imaging Chamber at FNAL* ", presentata al FNAL (2008);
- [P2] C. Farnese in Antonello M. et al., "A comprehensive search for "anomalies" from neutrino and anti-neutrino oscillations at large mass differences ( $\Delta m^2 \approx 1\text{eV}^2$ ) with two LAr-TPC imaging detectors at different distances from the CERN-PS.", CERN-SPSC-2011-033 / SPSC-P-345 (2011);
- [P3] C. Farnese in Antonello M. et al., "Search for "anomalies" from neutrino and anti-neutrino oscillations at  $\Delta m^2 \approx 1\text{eV}^2$  with muon spectrometers and large LAr-TPC imaging detectors.", CERN-SPSC-2012-010, SPSC-P-347 (2012), arXiv:1203.3432 [physics.ins-det];

- [P4] C. Farnese in Antonello M. et al., "Search for anomalies in the neutrino sector with muon spectrometers and large LArTPC imaging detectors at CERN.", arXiv:1208.0862 [physics.ins-det];
- [P5] C. Farnese in Adams C. et al., "The Long-Baseline Neutrino Experiment: Exploring Fundamental Symmetries of the Universe.", arXiv:1307.7335 [hep-ex] (2013);
- [P6] C. Farnese in Antonello M. et al., "ICARUS at FNAL.", arXiv:1312.7252 [hep-ex] (2013);
- [P7] C. Farnese in Acciarri R. et al., "A Proposal for a Three Detector Short-Baseline Neutrino Oscillation Program in the Fermilab Booster Neutrino Beam", arXiv:1503.01520 [physics.ins-det] (2015);
- [P8] C. Farnese in Acciarri R. et al., "Long-Baseline Neutrino Facility (LBNF) and Deep Underground Neutrino Experiment (DUNE) Conceptual Design Report Volume 2: The Physics Program for DUNE at LBNF", arXiv:1512.06148 [physics.ins-det] (2015);
- [P9] C. Farnese in Acciarri R. et al., "Long-Baseline Neutrino Facility (LBNF) and Deep Underground Neutrino Experiment (DUNE) Conceptual Design Report, Volume 4 The DUNE Detectors at LBNF", arXiv:1601.02984 [physics.ins-det] (2016);
- [P10] C. Farnese in Acciarri R. et al., "Long-Baseline Neutrino Facility (LBNF) and Deep Underground Neutrino Experiment (DUNE) Conceptual Design Report Volume 1: The LBNF and DUNE Projects", arXiv:1601.05471 [physics.ins-det] (2016);
- [P11] C. Farnese in Abi B. et al., "The Single-Phase ProtoDUNE Technical Design Report ", arXiv:1706.07081 [physics.ins-det] (2017);
- [P12] C. Farnese in Abi B. et al., "The DUNE Far Detector Interim Design Report, Volume 2: Single-Phase Module ", arXiv:1807.10327 [physics.ins-det] (2018);
- [P13] C. Farnese in Abi B. et al., "The DUNE Far Detector Interim Design Report Volume 1: Physics, Technology and Strategies ", arXiv:1807.10334 [physics.ins-det] (2018);
- [P14] C. Farnese in Abi B. et al., "The DUNE Far Detector Interim Design Report, Volume 3: Dual-Phase Module ", arXiv:1807.10340 [physics.ins-det] (2018);
- [P15] C. Farnese in Abi B. et al., "Deep Underground Neutrino Experiment (DUNE), Far Detector Technical Design Report, Volume II: DUNE Physics ", arXiv:2002.03005 [physics.ins-det] (2020);

---

## Proceedings

- [Pr1] C. Farnese in Baibussinov B. et al., "Measurement of a large electron lifetime in a Liquid Argon TPC", *Nuovo Cimento C — Colloquia on Physics* (2010);

- [Pr2] C. Farnese in Baibussinov B. et al., "A local trigger system for large LAr-TPC detector", *Nuovo Cimento C — Colloquia on Physics* 33, 6 (2010);
- [Pr3] C. Farnese for the ICARUS Collaboration, "Icarus-T600 and beyond: LAr-TPC for neutrino physics and proton decay search", *Journal of Physics: Conference Series* 335 (2011) 012074, DOI 10.1088/1742-6596/335/1/012074;
- [Pr4] C. Farnese for the ICARUS Collaboration, "Neutrinos from ICARUS", *Acta Polytechnica* 53(Supplement):776-781, 2013, DOI 10.14311/AP.2013.53.0776
- [Pr5] C. Farnese for the ICARUS Collaboration, "Some recent results from ICARUS", *AIP Conf. Proc.* 1666, 110002 (2015), DOI 10.1063/1.4915574.
- [Pr6] C. Farnese for the ICARUS Collaboration, "The new front end and DAQ of the ICARUS detector", *EPJ Web of Conferences* 182, 03003 (2018), DOI 10.1051/epjconf/201818203003.
- [Pr7] C. Farnese for the ICARUS Collaboration, "The ICARUS experiment", *EPJ Web of Conferences* 182, 02042 (2018), DOI 10.1051/epjconf/201818202042.
- [Pr8] C. Farnese for the ICARUS Collaboration, "Atmospheric Neutrino Search in the ICARUS T600 Detector", *Universe* 5, 17 (2019), DOI 10.3390/universe5010017.
- [Pr9] C. Farnese for the ICARUS Collaboration, "The ICARUS experiment", *Universe* 5, 49 (2019), DOI 10.3390/universe5020049.
- [Pr10] C. Farnese for the ICARUS Collaboration, "Sterile neutrino searches with the ICARUS detector", *POS ICHEP2020*, 127 (2020), DOI 10.22323/1.390.0127.
- [Pr11] C. Farnese in Kose U. et al., "ICARUS: new voyage to sterile neutrino search in the Short Baseline Program", *POS 395 (ICRC2021)* (2022), DOI 10.22323/1.395.1071.
- [Pr12] C. Farnese for the ICARUS Collaboration, "Short-Baseline neutrino oscillation searches with the ICARUS detector", *Journal of Physics: Conference Series*, 2156 (2022) 012141, DOI 10.1088/1742-6596/2156/1/012141.

## — Note Interne alla Collaborazione ICARUS

- [N1] C. Farnese in Farnese C. et al., "A study of a trigger system for ICARUS T600", ICARUS TM/07-03 (2007);
- [N2] C. Farnese in Farnese C. et al., "Electron reconstruction in ICARUS T600", ICARUS TM/07-04 (2007);
- [N3] C. Farnese in Cieslik K. et al., "Muon Momentum measurement in Icarus by multiple scattering: an improvement", ICARUS TM/07-02 (2007);
- [N4] C. Farnese in Angeli D. et al., "Towards a new Liquid Argon Imaging Chamber for the MODULAR project", ICARUS TM/08-01 (2008);

- [N5] C. Farnese in Baibussinov B. et al., "Cosmic ray tests with the ICARUS LAr-TPC test-facility at LNL", ICARUS TM/08-03 (2008);
- [N6] C. Farnese in Baibussinov B. et al., "A real time algorithm for track finding in ICARUS experiment", ICARUS TM/08-04 (2008);
- [N7] C. Farnese in Cieslik K. et al., "Neutrino interaction vertex identification algorithms part I: the Global Track Search algorithm", ICARUS TM/09-01 (2009);
- [N8] C. Farnese in Baibussinov B. et al., "A software application of DR-slw algorithm for triggering on the CNGS events in ICARUS-T600", ICARUS TM/11-02 (2011).
- [N9] C. Farnese in Ciano L. et al., "Shifter duties", ICARUS TM/12-02 (2012).
- [N10] C. Farnese in Dequal D. et al., "DAQ Handbook", ICARUS TM/12-03 (2012).
- [N11] C. Farnese in Cesana A. et al., "Status Report of the 2010-11 Data Processing", ICARUS TM/12-07 (2012).
- [N12] C. Farnese in Dequal D. et al., "2010-2011 CNGS data processing: insight in the technical features", ICARUS TM/13-01 (2013).
- [N13] C. Farnese in Boffelli F. et al., "Advances in 2010-2012 CNGS data processing and preliminary results", ICARUS TM/13-04 (2013).
- [N14] C. Farnese in Antonello M. et al., "Muon momentum measurement by multiple scattering with the Kalman filter technique in ICARUS-T600 at LNGS", ICARUS TM/13-05 (2013).
- [N15] C. Farnese in Antonello M. et al., "Muon momentum measurement by multiple scattering in ICARUS-T600: classical method", ICARUS TM/13-06 (2013).
- [N16] C. Farnese in Belluco M. et al., "Analysis of the light yield in ICARUS T600", ICARUS TM/14-01 (2014).
- [N17] C. Farnese in Baibussinov B. et al., "The trigger system of the ICARUS experiment for the CNGS beam", ICARUS TM/14-02 (2014).
- [N18] C. Farnese in Boffelli F. et al., "Final update of 2010-2012 CNGS data processing", ICARUS TM/15-01 (2015).
- [N19] C. Farnese in Falcone A. et al., "Study of cosmic background for ICARUS at FNAL", ICARUS TM/16-01 (2016).