

RD_FCC - Stato e prospettive

Consiglio di Sezione, Milano 10 luglio 2025

Attilio Andreazza,

contributi dal gruppo di Milano di RD_FCC, in particolare da
Alberto Bacci, Romualdo Santoro (RL), Samuele Mariotto



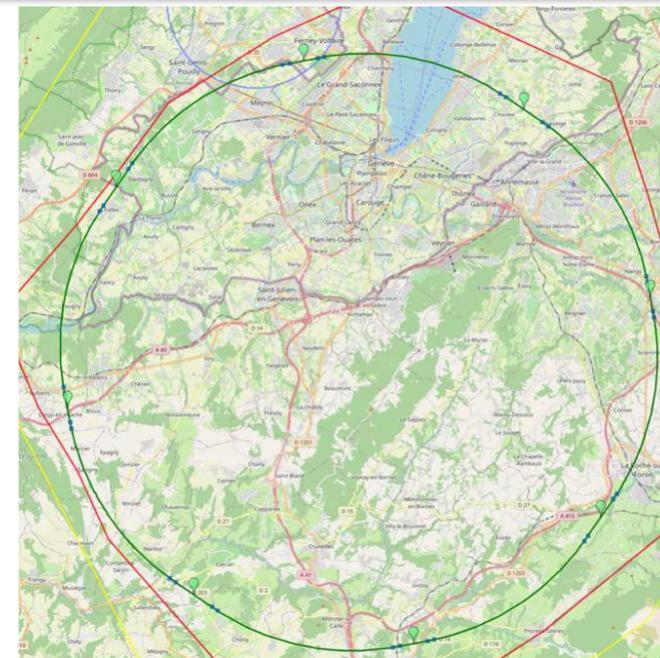
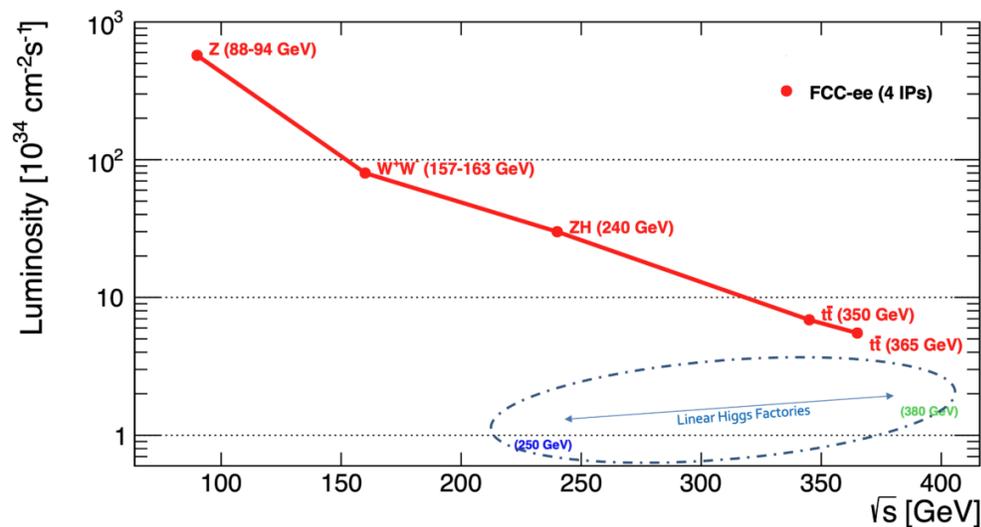
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO
DIPARTIMENTO DI FISICA

- Completato il **Feasibility Study** richiesto dall'European Strategy update del 2020

- Progetto combinato in due stage:
 - FCC-ee con energie del centro di massa da 90 a 365 GeV
 - FCC-hh, $\sqrt{s} > 85$ TeV

- Tunnel di 90.7 km
 - massimizza lo scavo in molasse
 - 4 regioni di interazione
 - 8 siti di superficie

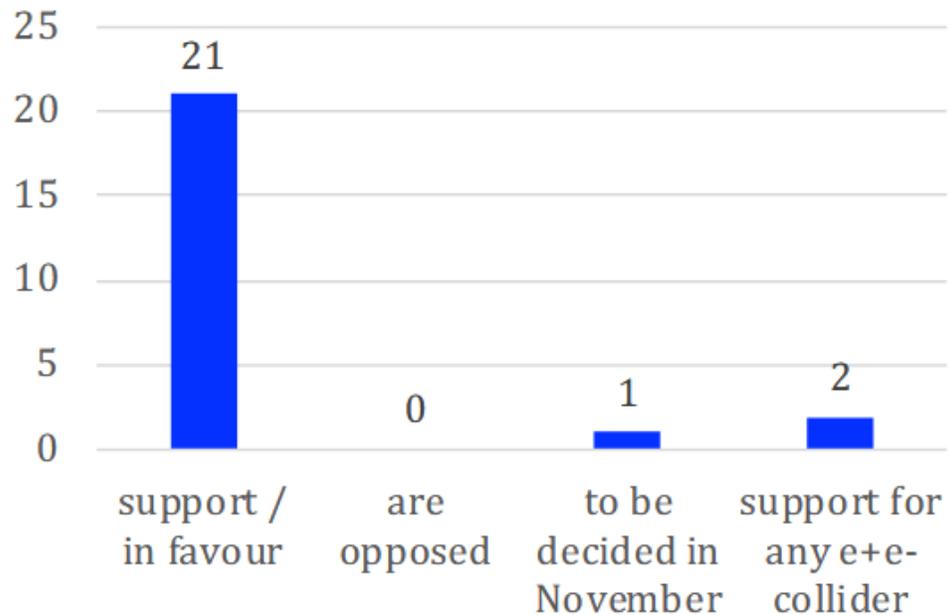
- **Fattibilità tecnica** → lavoro sulla sostenibilità finanziaria



Karl Jakobs, ESPP Open Symposium, Venezia, giugno 2025

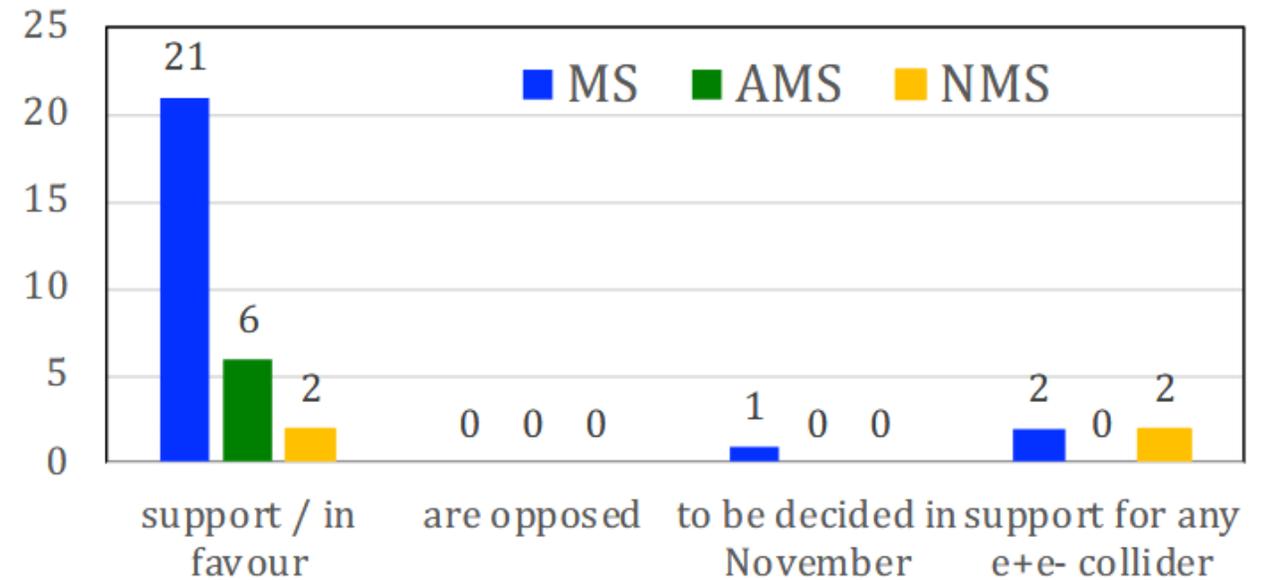
What is the preferred large-scale accelerator for CERN

CERN Member States (MS)



- Overwhelming support (21/24 CERN MS HEP communities) in favour of the integrated FCC-ee/hh programme

... incl. Associate- and Non-Member States (MS)

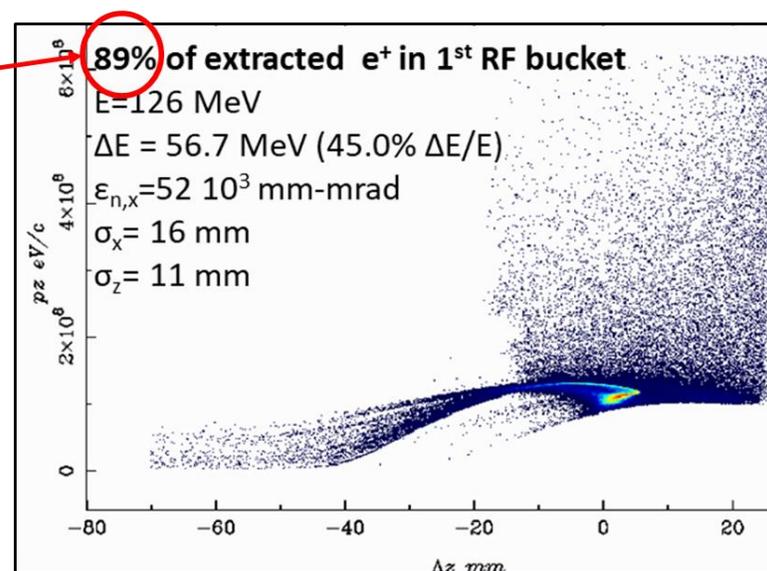
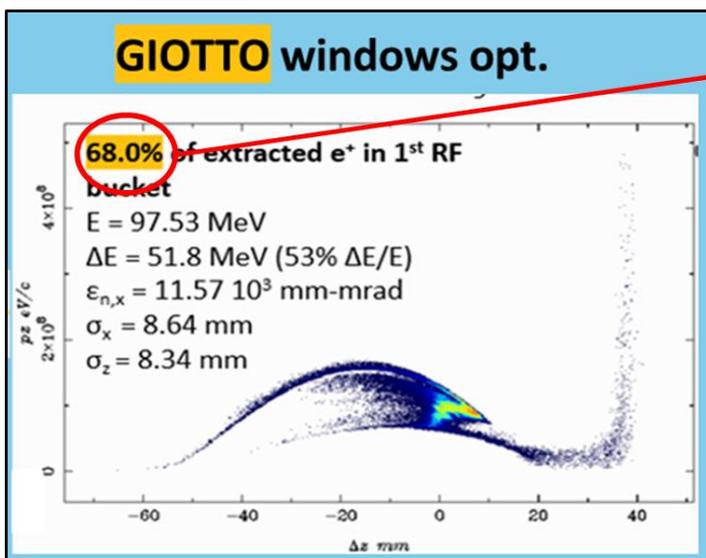


- Support as well from Associate Member states (AMS) and Non-member states (NMS)

FCC-ee Milano BD: A. Bacci, I. Drebot, M. Rossetti Conti

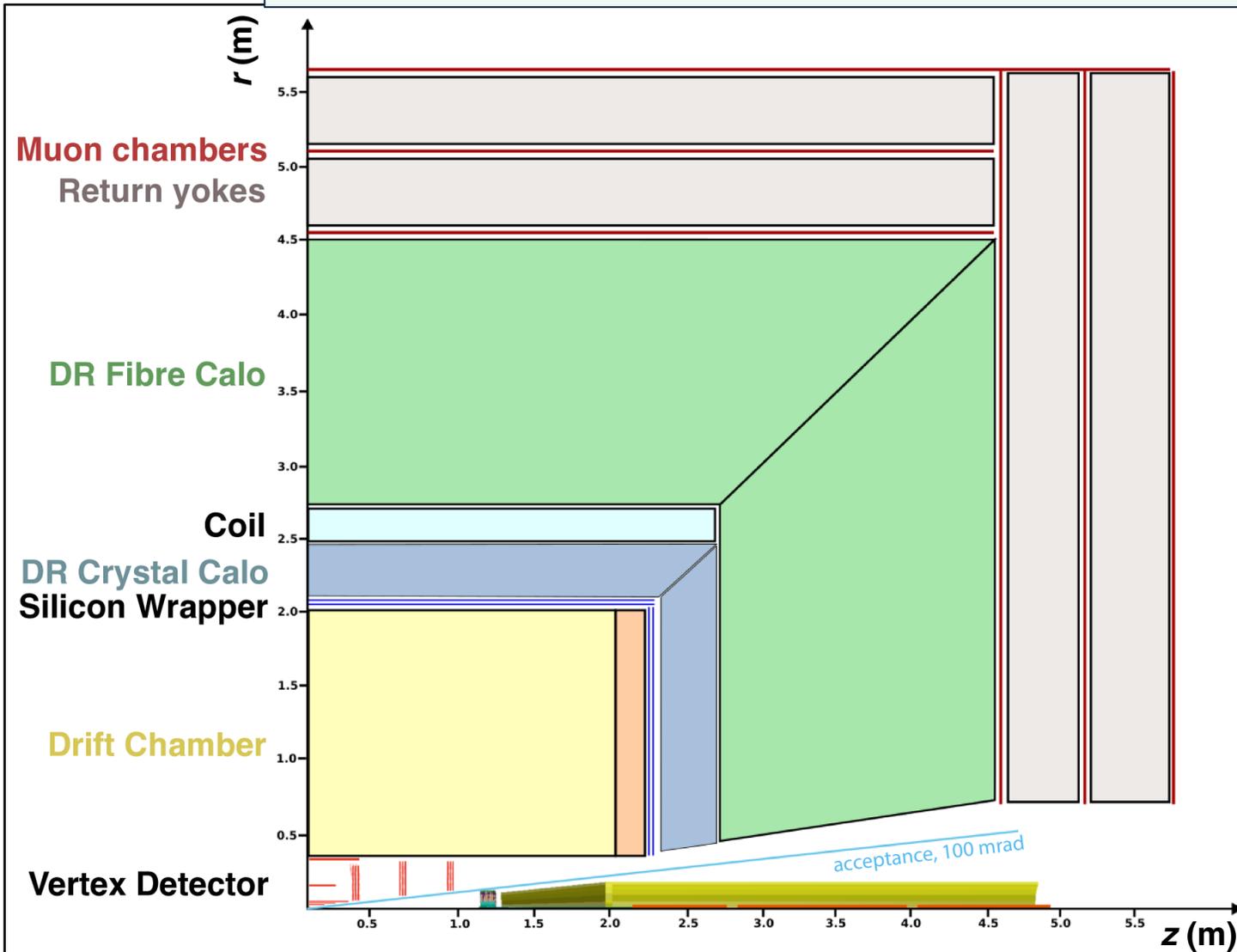
Ongoing activities

- 1 Compton Back scattering **CBS is still a hot topic**: beam-cleaning & flip-flop instability: Two new proceeding presented @IPAC25
- 2 **e^+ capture beamline optimization is not still completed** :
In 2026, low freq. bunchers (hundreds of MHz) will be studied to further boost capture efficiency, The use of **GIOTTO AI** INFN optimization software (a project now presented @ CNS5) will be widely used to set up the line, which involves many interrelated knobs in a complex way .



The IDEA Detector Concept

Innovative Detector for e^+e^- Accelerator



- Central tracking device:
 - light Drift CHamber
- **Silicon detectors for precision measurements**
 - inner vertex detector
 - **outer vertex detector**
 - **silicon wrapper/TOF**
- Dual readout crystal electromagnetic calorimeter
- **Thin solenoid with 2-3 T field**
- **Dual readout hadronic calorimeter**
- Muon chambers in the solenoid return yoke

<https://arxiv.org/abs/2502.21223>

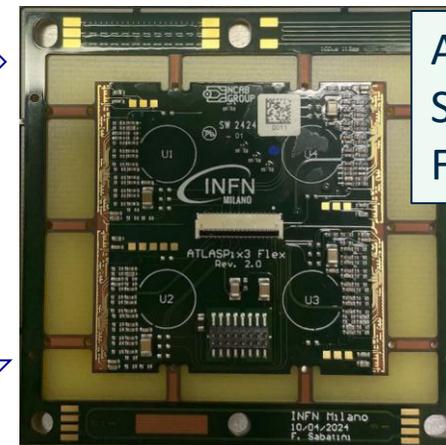
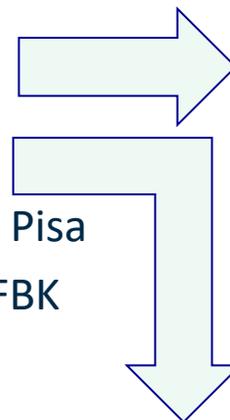
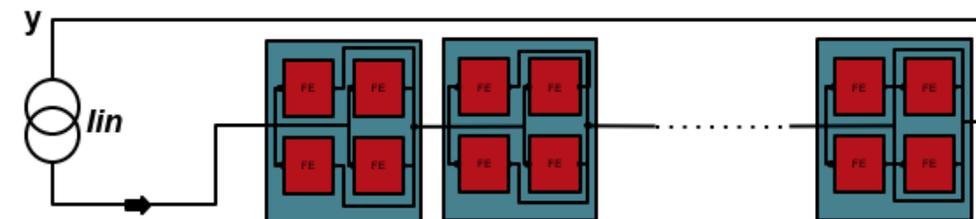
Sviluppo di sensori per l'outer vertex ed il silicon wrapper di IDEA

Integrazione e serial powering (ATLASPIX3)

- Realizzati i flex ed assemblati i primi quad module con serial powering
- Progettato il bus tape in Al per creare catene di moduli
- Caratterizzazione termica con long-stave (133 cm) fabbricata da Pisa
- Continuazione con lo sviluppo di flex sottili e tape bonding con FBK
- Rivelatori utilizzati anche sui fasci CNAO (PRIN CREMA)

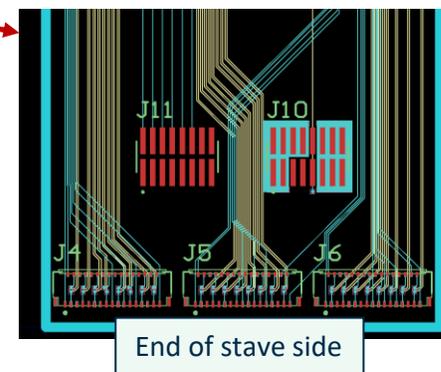
Sviluppo rivelatori (ARCADIA, COFFEE3, MightyPIX)

- Misura della prestazione con rivelatori monolitici sviluppati dal Progetto INFN ARCADIA
 - pixel $25 \times 25 \mu\text{m}^2$ size, low power readout
 - disponibili wafer con regione attiva di $50 \mu\text{m}$
- Collaborazione con KIT e IHEP per lo sviluppo di rivelatori HV-CMOS
 - prototipo in LF 150 nm nel 2026
 - prime prove in processo CMSO 55 nm

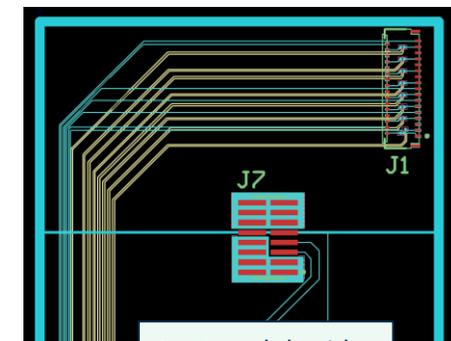


A. Andreazza, B. Cervato,
S. D'Auria, M. Lazzaroni,
F. Sabatini, R. Zanzottera

**Attività trasversale
DRD3-WG1 e WG7
DRD7-WG1**



End of stave side



Last module side

Solenioide da 3 T in superconduttore High-T per il detector IDEA

Cavo superconduttore High-T ad alta Corrente in Alluminio stabilizzato (Al2.0wtNi)

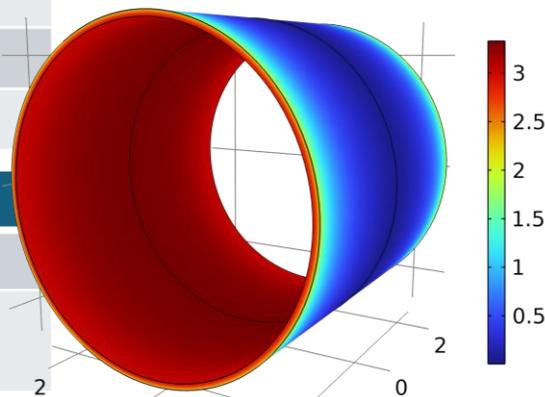
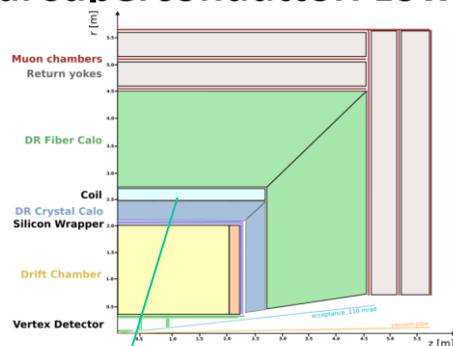
- $T_{op} = 20\text{ K}$ (riduzione del consumo di potenza)
- Riduzione dell'utilizzo di He
- Aumento del margine rispetto ai superconduttori Low-T

Design Parameters

Bore Field	3 T
Current	8168 A
Peak Field	3.27 T
Coil Length	5.3 m
Coil Radius	2.5 m
Stored Energy	412 MJ

T Margin

Max Strain	0.18%
Hot Spot T	160 K (10 s T_{det})

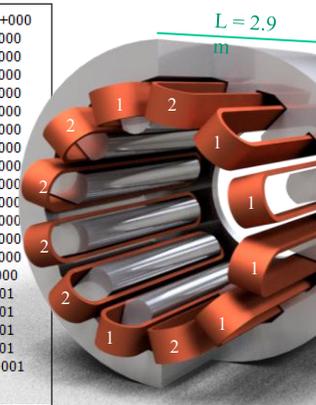
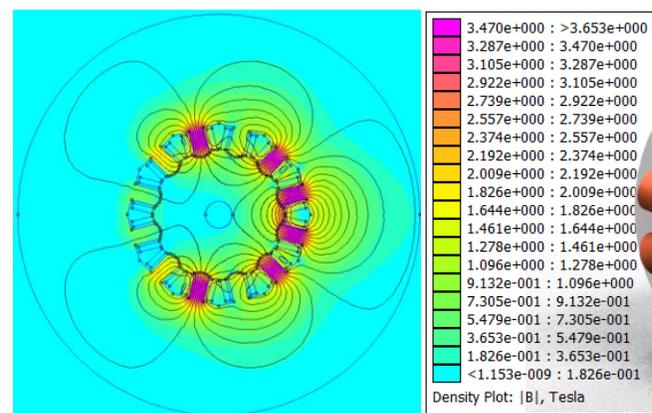


Magnete combinato Quad/Sext per l'anello principale di FCC-ee

Progetto di magnete dodecapolare asimmetrico superferrico con superconduttori ad alta temperatura

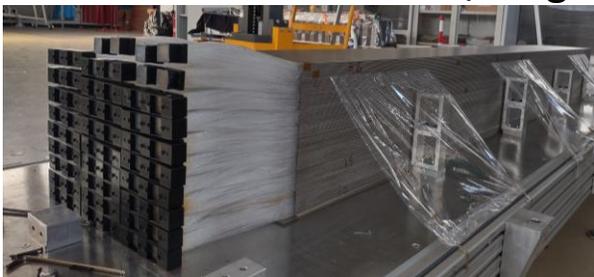
- Aumento copertura dei dipoli nell'anello del collider (-10% radiazione di sincrotrone)
- Applicazione dello sviluppo di magneti HO (HL-LHC)
- Bobine piatte *racetrack* con alimentazioni indipendenti

T_{op}	Max Current [A]	G [T/m]	S [T/m ²]	B dipole [T]
20 K	447.15	11.863	880	-0.0022
30 K	341.27	11.8596	880	0.0113



L. Balconi,
S. Busatto,
L. Carletto,
E. De Matteis,
S. Mariotto,
L. Rossi,
M. Sorbi,
S. Sorti

- Costruzione di un **dimostratore con contenimento di sciami adronici** sta progredendo (TB @ CERN a Settembre 2025)
 - 63/70 LG minimodules pronti
 - Focus sull'assemblaggio di 10 HG minimodules (SiPM readout)
 - In corso l'assemblaggio di tutte le component; l'integrazione sarà completata nell'ultima settimana di luglio o la prima di settembre.
- Analisi dati del testbeam e simulazione Geant4
 - TB2023: [arXiv:2503.15616](https://arxiv.org/abs/2503.15616) (accettato per pubblicazione)
 - TB2024: [L. Nasella @ VCI2025](#)
- Il progetto Hidra (GRV) termina alla fine dell'anno, ma le attività continuano in RD_FCC:
 - misura delle prestazioni adroniche con dati di test-beam
 - ulteriori studi / miglioramenti HW (es.: timing)

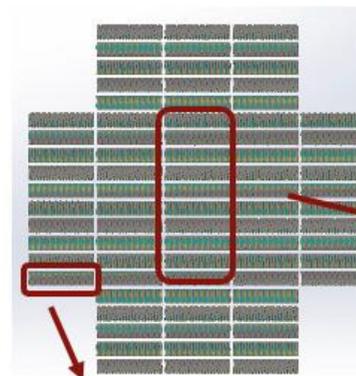


Attività parte di DRD6-WG3

A. Burdyko, L. Carminati, L. Nasella,
R. Santoro, R. Turra

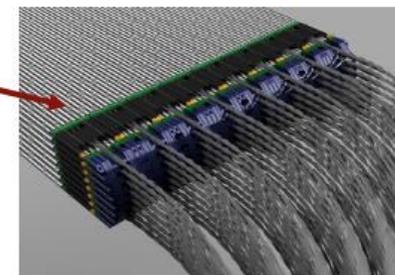
The HiDRa prototype

Designed to be scalable and large enough to measure hadronic performances



High Granular minimodules

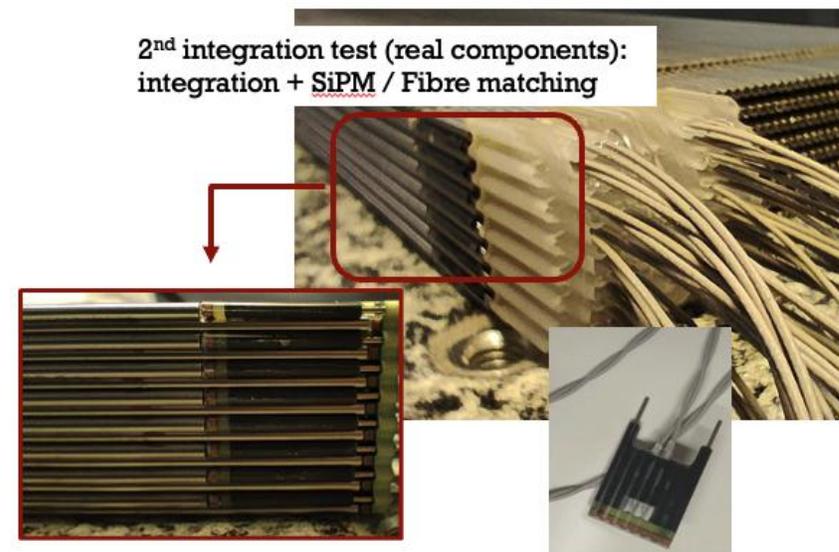
10 central minimodules read out with 10k SiPMs (one per fibre)



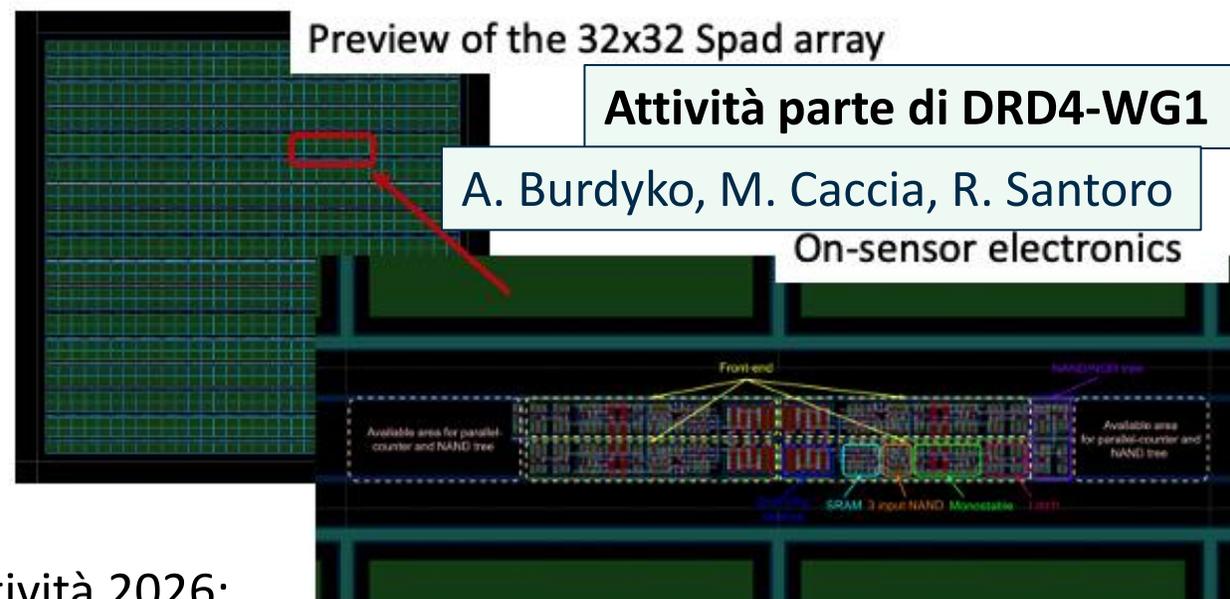
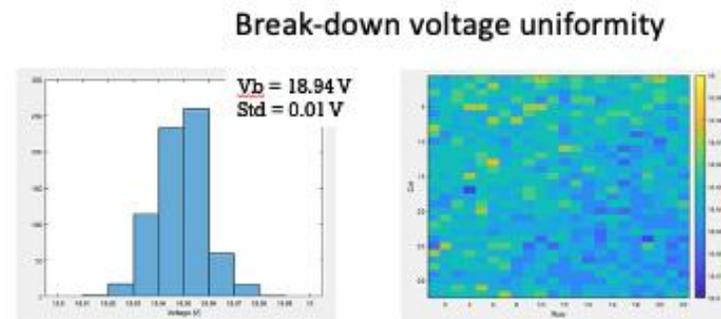
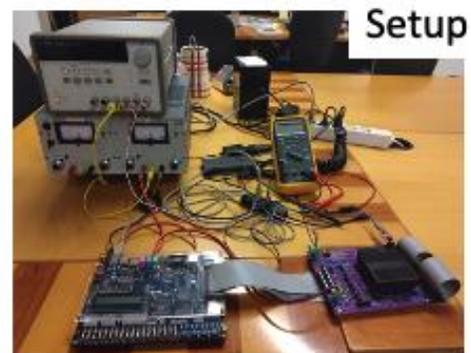
Low Granular minimodules

70 Mini-modules read out with PMT for cost optimization reason

2nd integration test (real components):
integration + SiPM / Fibre matching



- Obiettivo: sviluppo di un CMOS SPAD ed una piattaforma per SiPM digitali per HEP
- Progetto di GRV, sinergico con RD_FCC
- Calorimetria è una delle applicazioni possibile
- Attività 2025
 - Finalizzazione del software e firmware per la caratterizzazione del prototipo in LF-110 nm
 - Misura delle proprietà principali del dispositivo (es. V_{bd} , DCR, AP, cross-talk)
 - Preparation del setup per test criogenici e di resistenza alle radiazioni.
 - Progettazione del primo prototipo:
 - 1x1mm² chip con 32x32 SPADs di passo 30 μm
 - Elettronica on-sensor per contare il numero di SPAD attivati, temporizzazione e soglia per readout
 - Sottomissione in dicembre 2025



- Attività 2026:
 - Qualifica del primo prototipo
 - Progetto di un dimostratore specializzato per HiDRa

Il successo del Feasibility Study di FCC è stato un importante input per l'update della European Strategy

- Progetto integrato in due stadi: FCC-ee e FCC-hh
- Esteso supporto dalla comunità di fisica delle alte energie
- **RD_FCC attiva principalmente in R&D sul primo stadio: FCC-ee**

Apporti della sezione di Milano all'acceleratore

- Studi di dinamica dei fasci
- Magnetici con superconduttori ad alta temperatura

Partecipazione allo Study Group del rivelatore IDEA

- Detector Concept originato dall'INFN
- Tracciatore in silicio
- Solenoide sottile
- Calorimetria dual readout
- **Forte integrazione degli sviluppi sui rivelatori con le collaborazioni DRD* di ECFA**

- **Anagrafica**

- Ricercatori 18 (3.3 FTE), Tecnologi 3 (0.1 FTE)
- Sigle sinergiche: GIOTTO (0.45 FTE), ASPIDES(1.7 FTE)

- **Servizi**

- Servizio di elettronica (progettazione flex e setup di test) 3 m.p.
- Servizio di progettazione meccanica (struttura del silicon wrapper) 3 m.p.

- **Consumi: 85 k€**

- FERS per dual readout: 15 k€
- Aggiornamento DAQ per pixel: 4 k€
- Sviluppo circuiti flessibili con FBK: 26 k€
- Meccanica per avvolgimenti HTS: 30 k€
- LASA Licenze CAD: 10 k€

- **Missioni: 21 k€**

- Test beam pixel: 4 k€
- Test beam dual readout: 8 k€
- ICS-beam control: 3 k€
- Collaborazioni e campagne di misura a PSI e IJCLab e MAMI: 6 k€

BACKUP



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO
DIPARTIMENTO DI FISICA

1 Bunch intensity control and diagnostics via Compton Back Scattering in the main ring of FCC



Main idea is to use **CBS** to Maintaining a tightly **controlled charge balance** between collision partner bunches within a 3-5% tolerance is critical for mitigating the impact of **beamstrahlung** on bunch length and preventing **flip-flop instabilities**.

Work in progress:

- **Improve IP** (LASER / $e^- e^+$ beams interaction) inside the bending magnet
- **Find optimum:**
bunch charge reduction VS emit. degradation (flip-flop instability)
- $e^- e^+$ energy **optimization** exploiting the dispersion **inside** IP bending magnet
- Study: **Beam halo reducing using donuts-shaped laser beam.**
An experiment, “**Laser Control and Collimation of Particle Beams for Higgs Factories**” is planned at **FACET-II (SLAC)**, an experimental validation of the proposed concepts.
- Study of scattered **photons (25 GeV & 150GeV)** from **CBS** in the FCC for Primakoff pseudoscalar particles production, opens doors to new physics.
(FTX Group **collaboration** - **LUXE exp. @ DESY**)

Publications

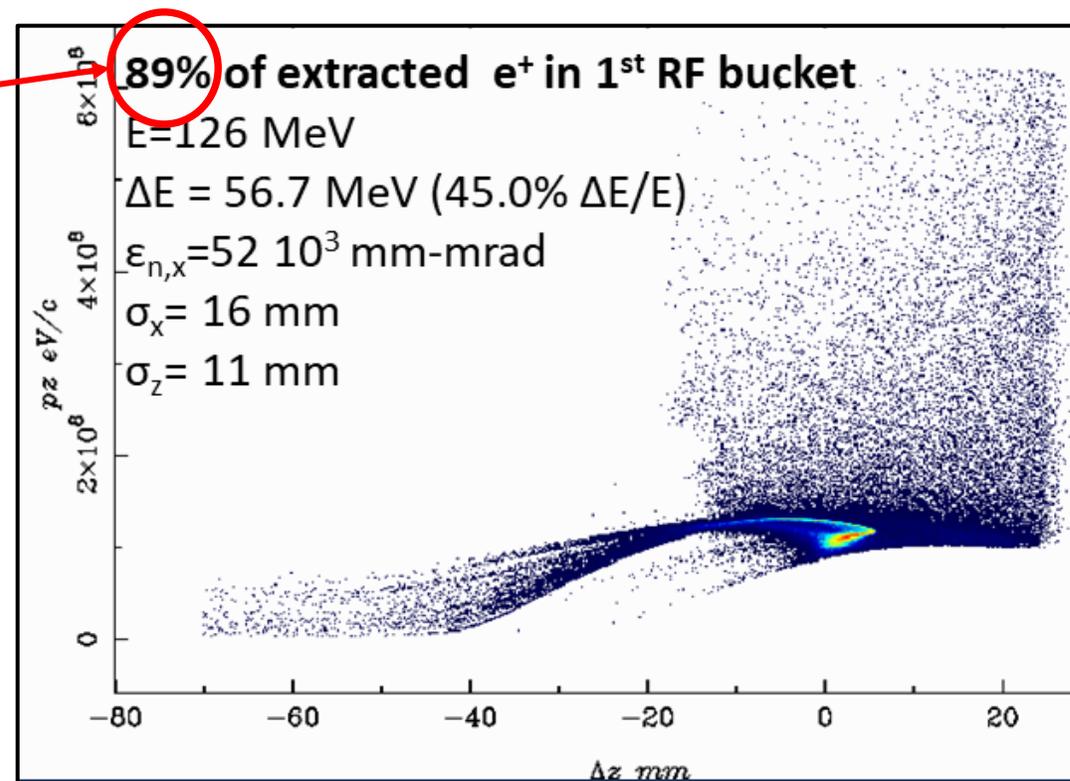
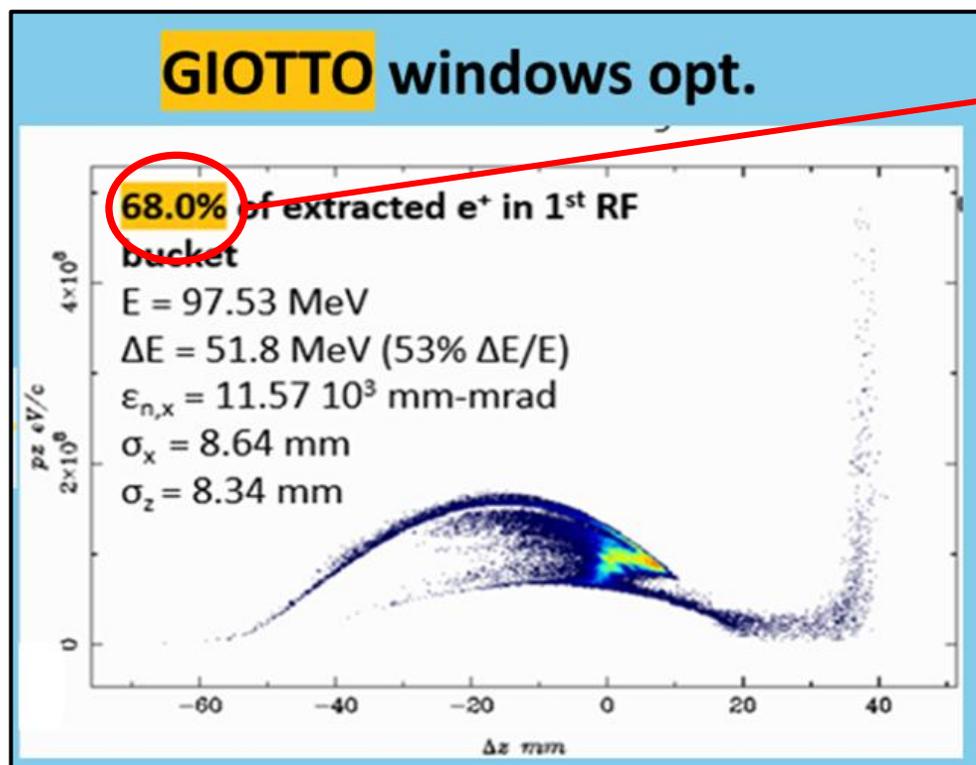
- I. I. Drebot S. Gessner, G. Broggi, S. Redaelli, F. Zimmermann, "*Laser Compton backscattering for precision beam intensity control in the FCC-ee electron-positron collider*", in Proc. IPAC'25, Taipei.
- II. I. Drebot, S. Casalbuoni, A. Chance, K. Dupraz, F. Zimmermann, "*Generation of GeV-range photons via Inverse Compton scattering at the FCC-ee*", in Proc. IPAC'25, Taipei.

2

Ongoing activities for

FCC positron capture beam line design

A low-velocity-phase, low freq. (325 MHz) RF buncher can strongly increase the % of captured e^+ : **from 68% upto 89% at first tentative**
an hot topic for 2026 studies



Saliamo tutti:

FTE:

Marcello (0%): + 20% FTE di GIOTTO (CSN5 in proposal) in sinergia con RD_FCC

Alberto (5%): + 15% FTE di GIOTTO (CSN5 in proposal) in sinergia con RD_FCC

Illya (5%): + 10% FTE di GIOTTO (CSN5 in proposal) in sinergia con RD_FCC

'26 richiesta budget 9k€

Trasferte in programma:

Illya:

3k€: 2 settimane al CERN in due momenti diversi, per collaborazione su ICS-beam control,

Alberto, Illya e Marcello:

6k€: riunioni di collaborazione e campagne di misura da svolgersi presso PSI e IJCLab-Orsay