



Nuclei per le Stelle, la Salute e l'Ambiente

Giovanni Fiorentini

Un punto di vista sulla fisica nucleare

- La fisica nucleare e' una disciplina matura, che puo' e deve confrontarsi con altre discipline, per arricchirle e per arricchirsi essa stessa.
- Ad es. negli ultimi decenni • **geologia con neutrini, astrofisica nucleare** in laboratori sotterranei...



• Applicazioni ai temi della **salute** sono sempre andate di pari passo con lo sviluppo della fisica nucleare

Ovunque possibile, occorre superare barriere fra scienza pura ed applicazioni.

La mia esperienza alla guida dei Laboratori Nazionali di Legnaro dell'INFN (2010-2016)



per realizzare un ponte fra le stelle e la società

Che cos'è l'INFN



- **L'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare è l'Ente dedicato allo studio dei costituenti fondamentali della materia;**
- **«favorisce l'innovazione, promuovendo il trasferimento al mondo produttivo e alla società delle conoscenze e tecnologie acquisite»;**
- **opera nell'ambito di collaborazioni internazionali;**
- **al tempo stesso, è fortemente presente sul territorio nazionale.**



La presenza dell'INFN sul territorio



- L'INFN è presente presso le maggiori università italiane, con strutture dipartimentali proprie (Sezioni)
- Fra queste, la Sezione di Ferrara, creata piu' di trenta anni fa da Pietro Dalpiaz e Lionel Lovitch



Che cosa ricava L'Università dall'INFN ?

- Per la propria **ricerca**, la disponibilità di importanti strumentazioni, accesso ai grandi laboratori nazionali (**Legnaro**) e internazionali (**CERN**)
- Opportunità per la **formazione** dei propri laureandi, dottorandi, assegnisti, ricercatori, mediante stage e posizioni finanziate o cofinanziate tramite INFN
- Docenti che svolgono una **didattica** particolarmente qualificata mediante le proprie esperienze di ricerca





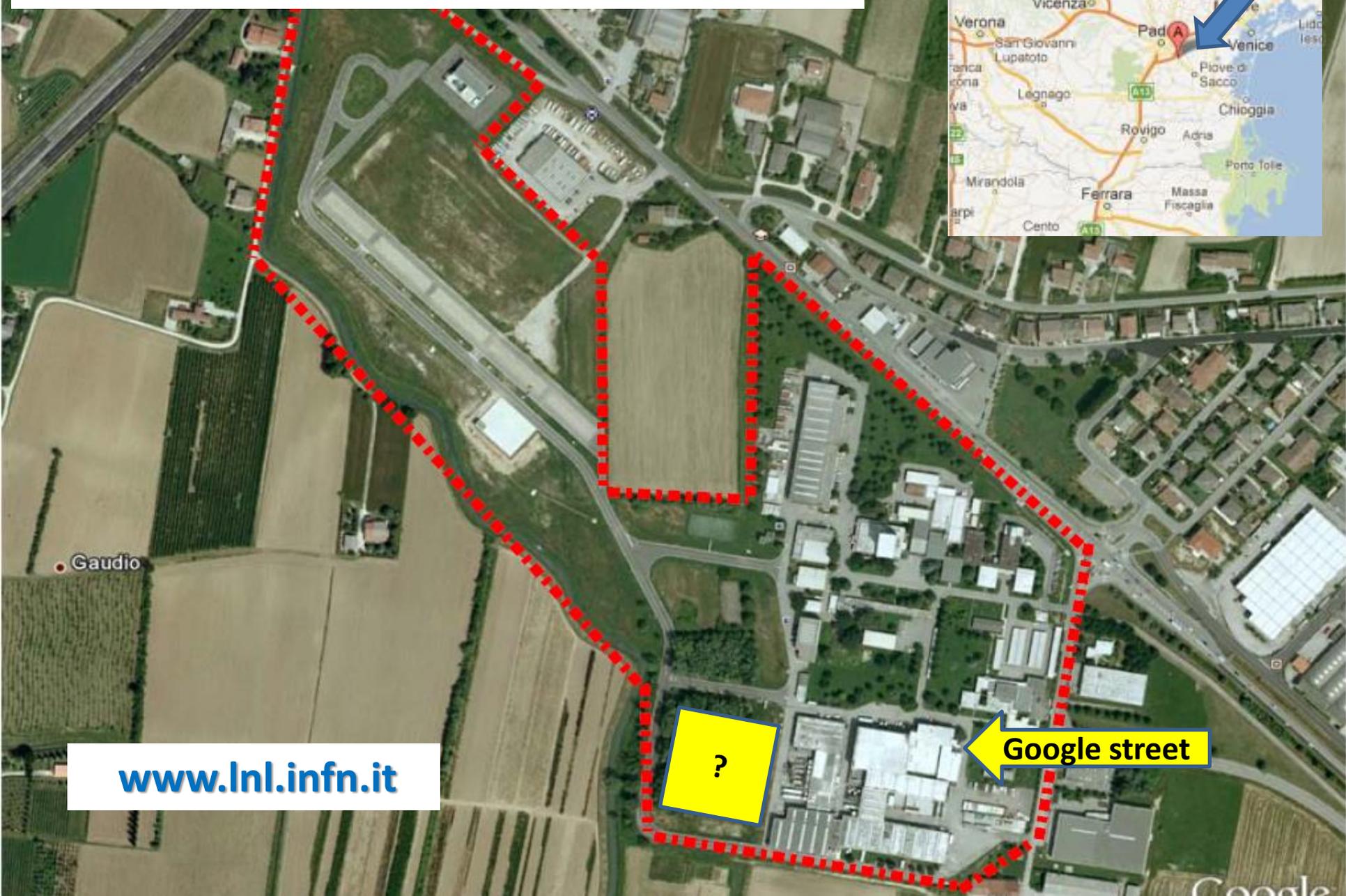
**Università
degli Studi
di Ferrara**

Il rapporto INFN - Università

- **Simbiosi e sinergia** col sistema universitario
- **Condivisione di spazi, di attrezzature e di risorse umane**
- **Mutualismo fruttuoso, da rafforzare**
- **ed ove possibile da estendere ad altre istituzioni di ricerca (ASI...)**



I Laboratori Nazionali di Legnaro



www.lnl.infn.it

Carta d'identità dei LNL

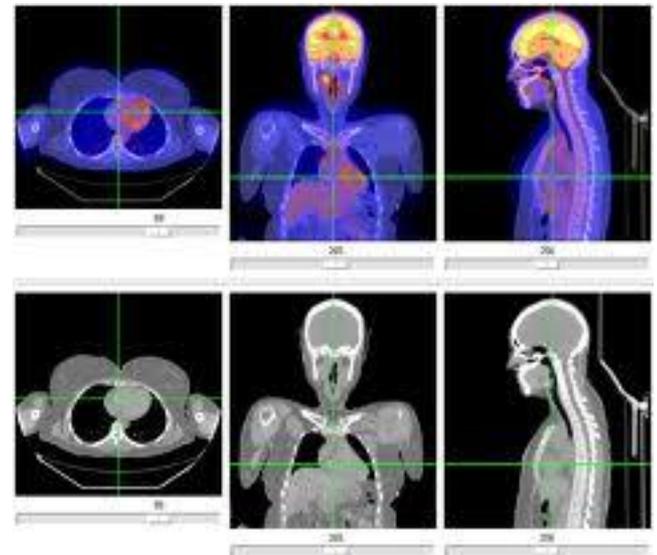


- **Missione:** fisica e astrofisica nucleare assieme alle applicazioni delle tecnologie nucleari connesse
- **Punti di forza:** sviluppo di acceleratori, rivelatori di radiazioni nucleari e trattamento di superfici
- **Personale:** lavorano ai LNL 250 persone, di cui la metà dipendenti dell'INFN
- **Costo** : 20 MEuro/anno (metà per funzionamento e ricerche, metà per spese di personale)
- **Bacino di utenza:** circa 700 ricercatori di molte università, italiane e straniere
- **Acceleratori** : erogano mediamente 8000 ore di fascio per anno all'utenza



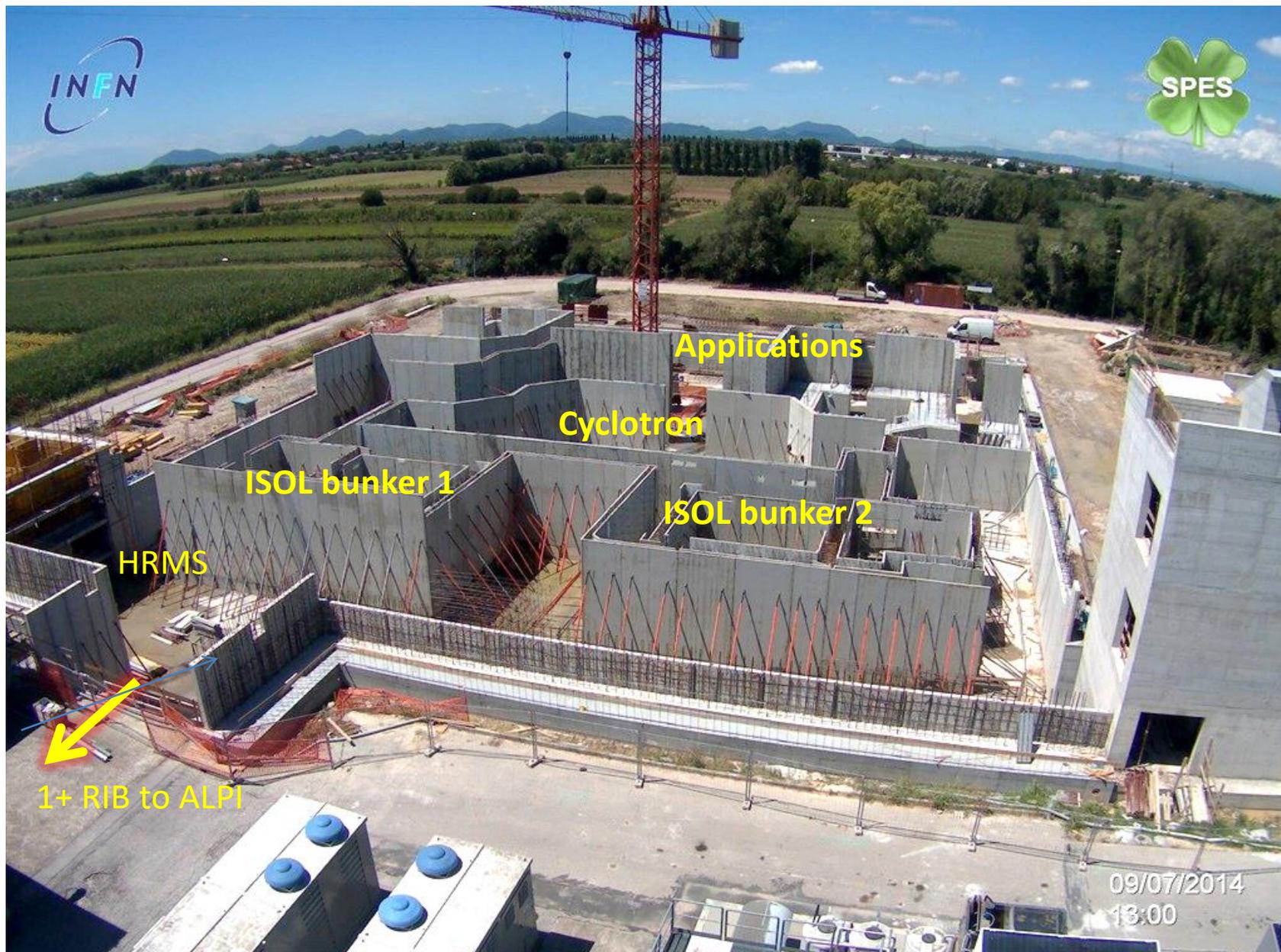
SPES: il progetto principale

- **SPES= Selective Production of Exotic Species**
 - studio di nuclei atomici prodotti nelle fasi avanzate dell'evoluzione stellare
 - produzione di radioisotopi di interesse sanitario
- In breve, dalle stelle alla società



Che cosa c'era da fare?

- **acquisire un acceleratore adatto per le due imprese e realizzare l'infrastruttura per ospitarlo**
- **sviluppare internamente il post-acceleratore per la produzione dei nuclei di interesse astrofisico**
- **sviluppare l'infrastruttura che potesse produrre e sperimentare radioisotopi di interesse sanitario**
- **Trovare partner, per la gestione degli aspetti della salute**
- **trovare le risorse finanziarie necessarie (circa 50 Milioni di euro, 30 da INFN, 20 da MIUR come progetti speciali «premiali»)**
- **Individuare un meccanismo di sostenibilità dell'investimento**



Applications
Cyclotron
ISOL bunker 1
ISOL bunker 2
HRMS
1+ RIB to ALPI

09/07/2014
13:00

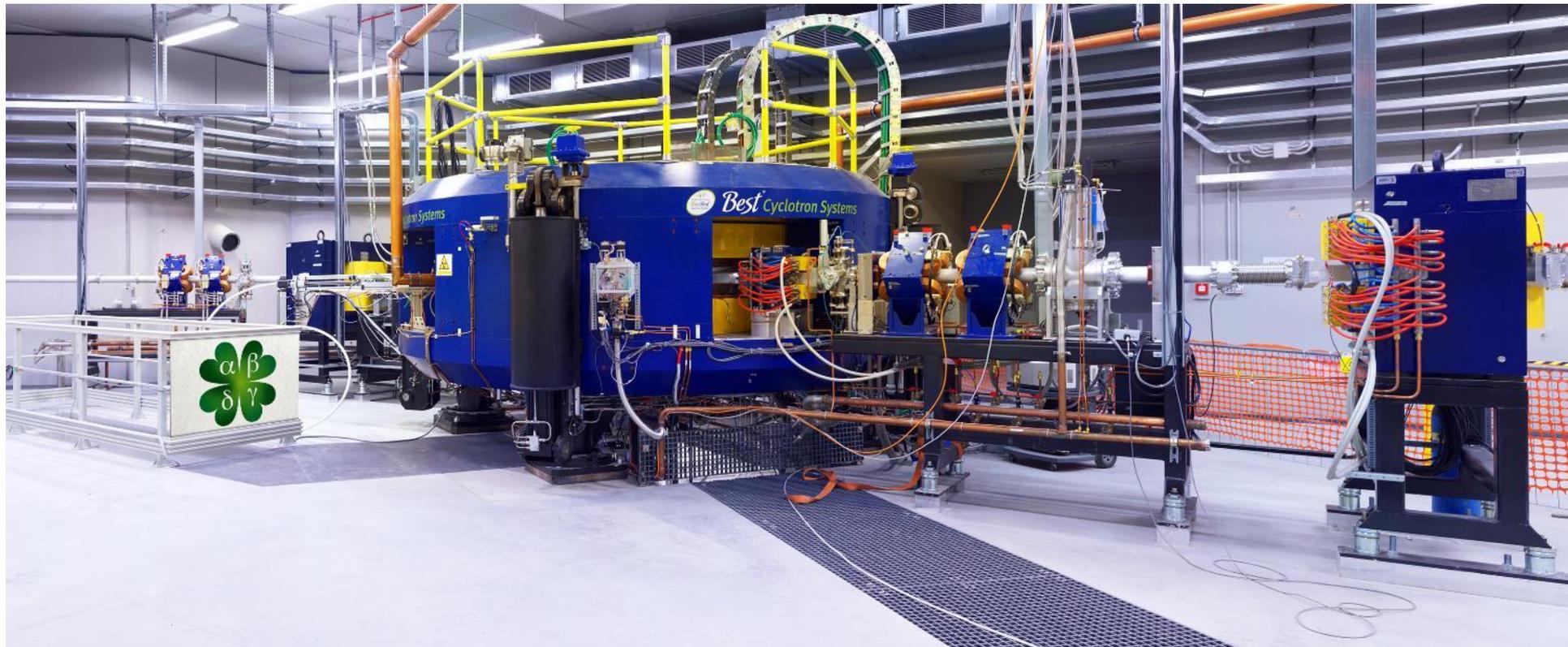


L'edificio SPES nel 2016



Costo di 10 Meur, messi a disposizione da INFN,
rigorosamente quanto preventivato e giusto in tempo
per l'arrivo del ciclotrone

Il ciclotrone SPES nel 2016

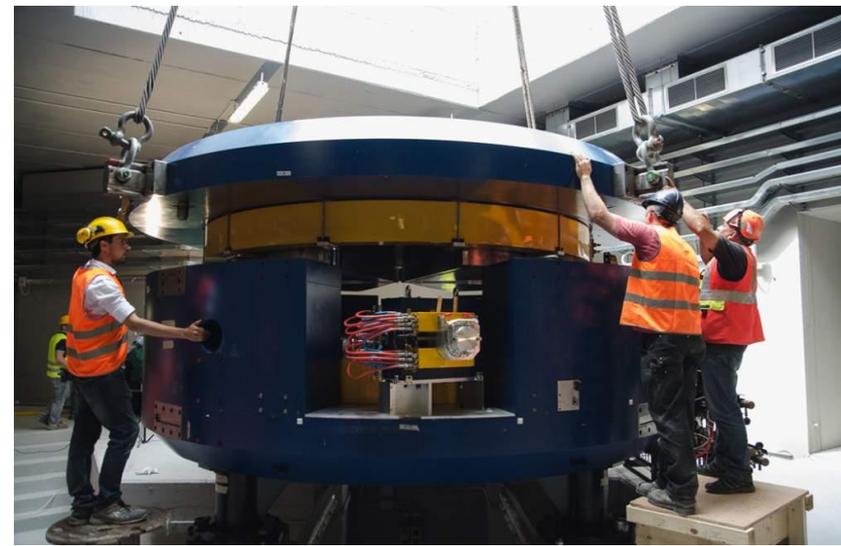


Macchina installata nel palazzo e collaudata con successo !



Le caratteristiche del ciclotrone di Legnaro

- Acceleratore di protoni ad alta intensità ed alta energia
- Solo un altro al mondo con queste caratteristiche
- Genera due fasci allo stesso tempo, configurazione **ideale** per svolgere la duplice missione del laboratorio, nuclei per le stelle e per le applicazioni



protoni
30 – 70 MeV
750 μ A
52 kW
Fascio “duale”

2 dicembre 2016: inaugurazione

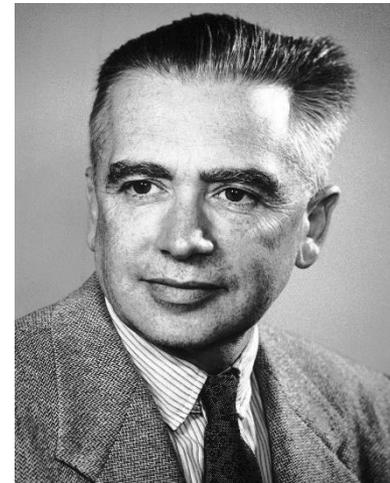
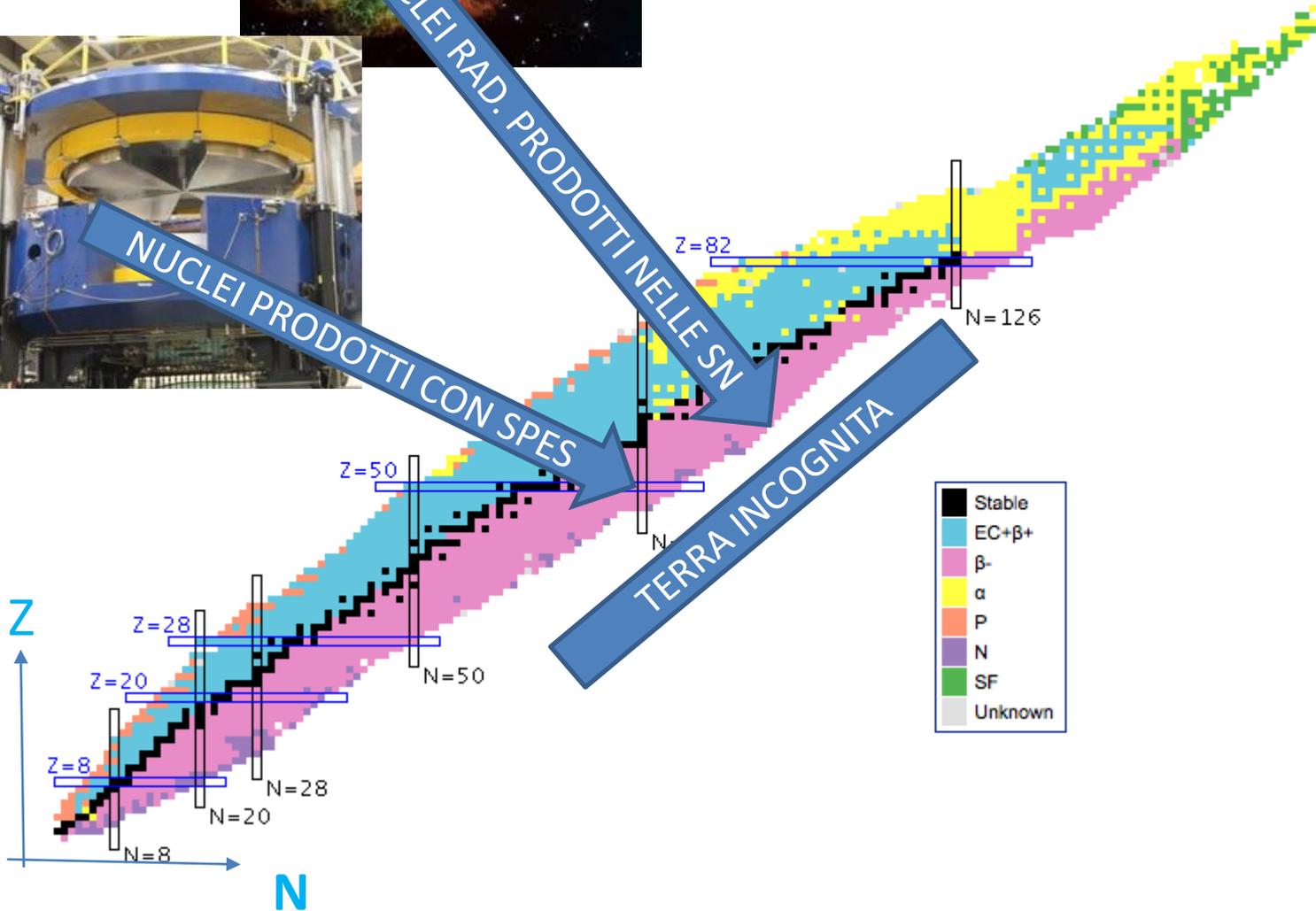
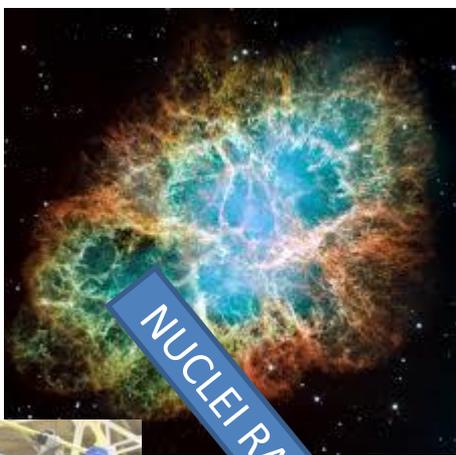


Nuclei per le stelle



- I modelli nucleari prevedono un gran numero di nuclei con eccesso di neutroni nella regione detta "Terra Incognita"
- Questi nuclei sono di particolare interesse per
 - determinare i confini della «carta di Segre'»
 - comprendere come si formino gli elementi più pesanti
 - comprendere (parte del)le nostre origini

SPES-beta: Nuclei per le stelle



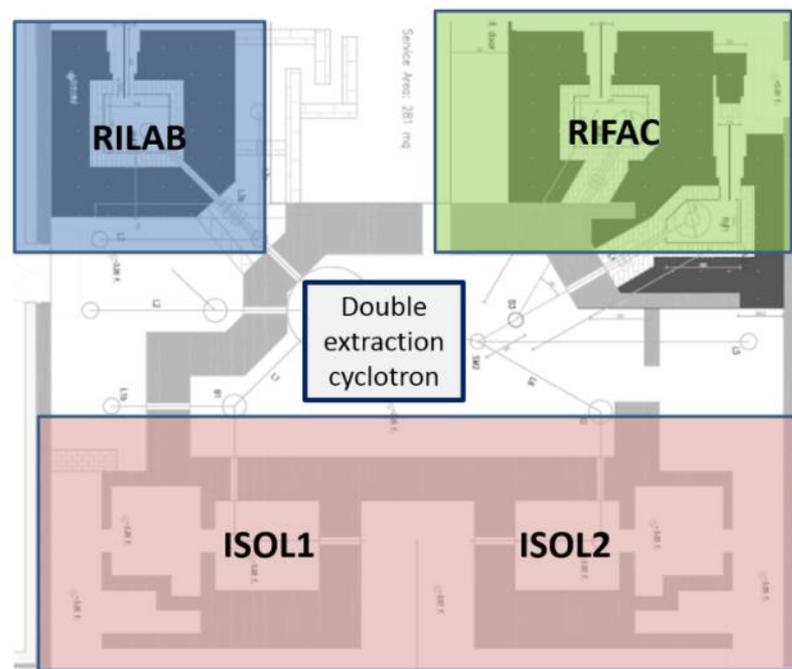


SPES- γ

Nuclei per la salute (LARAMED)



- Una infrastruttura per ricerca e produzione di radioisotopi di interesse medico
- **LARAMED =**
Laboratorio
Radioisotopi per
MEDicina





Le tappe di LARAMED



2010 : Analisi di fattibilità da parte di A Duatti e P Bianchi

2012: INFN e CNR col supporto di BEST-Medical International, propongono al governo la creazione di LARAMED

2013-2016: La realizzazione di LARAMED e' finanziata con due successivi progetti premiali

-Costituzione di un gruppo di ricerca, guidato da A Duatti, E Palmieri e C Rossi Alvarez per formare giovani ricercatori nel campo dello studio e produzione di radioisotopi

2014 BEST propone a INFN un accordo per ricerca, produzione e formazione nel campo dei radiofarmaci mediante LARAMED

2018 Viene approvato un contratto fra INFN e BEST





26 Ottobre 2018, *Best*TM medical

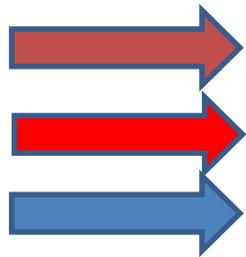
La firma del contratto



Perche' LARAMED ?

- Un campo di ricerca con aspetti di **fisica e tecnologia** **assai interessanti**
- La **condivisione** delle attrezzature con comunità scientifiche diverse è un obbligo.
- I **fondi esterni** che saranno generati dalla produzione di radioisotopi sono un'opportunità per mandare avanti tutto il laboratorio
- Il riconoscimento del **ruolo della fisica nucleare per la salute** e' un importante bonus per la comunità dei fisici²²

I prodotti di LARAMED



Radioisotope	Half-life
Fe-52	8.3 h
Cu-64	12.7 h
Cu-67	2.58 d
Sr-82	25.4 d
Ge-68	270.8 d
I-124	4.18 d
Ac-225	10 d

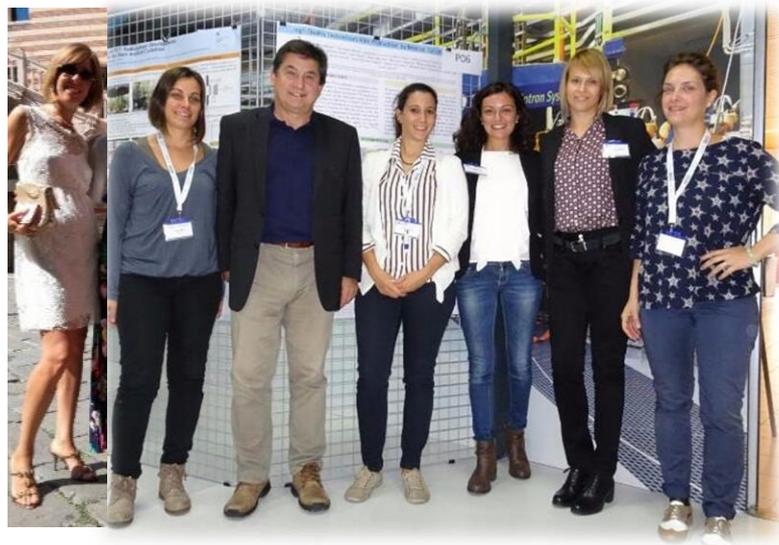
- L'energia e l'intensità del ciclotrone permettono di produrre nuovi radioisotopi in quantità idonee per le attività mediche
- Le frecce indicano radioisotopi di particolare interesse medico che possono essere prodotti utilizzando il ciclotrone di Legnaro

^{64}Cu e ^{67}Cu

- Negli ultimi anni e' stata dimostrata l'importanza clinica di radiofarmaci basati su isotopi del rame, che si concentrano selettivamente nelle cellule ipossiche
- In particolare, questi radioisotopi si sono dimostrati utili nella **diagnosi** e nella **terapia** delle neoplasie prostatiche (**teranostica**)
- Un ciclotrone di energia medio-alta ed alta intensità costituisce uno strumento efficace per aumentare le rese di produzione di Cu-64 e Cu-67 e di conseguenza, assicurare una più adeguata disponibilità di radiofarmaci

Isotopo	Cu-64	Cu-67
$\tau_{1/2}$	12.7h	2.5d
EC	41%	-
β^+	19%	-
β^-	39%	100%

La famiglia di LARAMED



Consiglio Nazionale Ricerche



Università degli Studi di Ferrara

Policlinico S. Orsola-Malpighi



SERVIZIO SANITARIO REGIONALE EMILIA-ROMAGNA

Azienda Ospedaliero - Universitaria di Bologna



ALMA MATER STUDIORUM UNIVERSITÀ DI BOLOGNA



Best™ medical internat

ITALRAD: la mappa della radioattività naturale dell'Italia



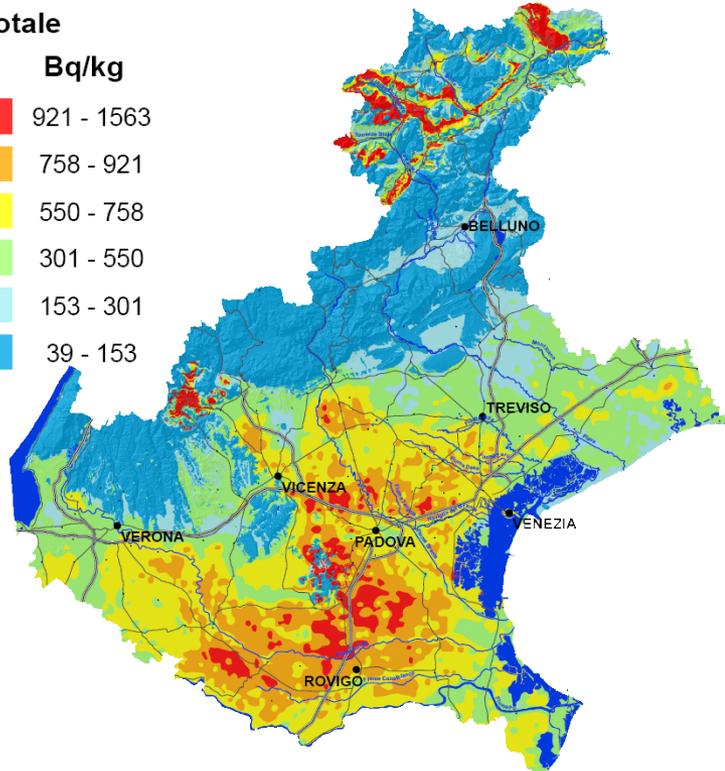
- Progetto sviluppato fra LNL e Uni-Fe, coordinato da Fabio Mantovani
- Si sono realizzate strumentazioni innovative, anche coperte da brevetti di UniFe

Monitoraggio della radioattività naturale

- Sono state realizzate carte tematiche della radioattività naturale delle regioni Toscana, Veneto, Sardegna, e Umbria...
- Si sono utilizzati fondi di un progetto premiale MIUR in cofinanziamento con quelli locali-regionali.

Attività totale

Percentili	Bq/kg
95 - 100	921 - 1563
80 - 95	758 - 921
50 - 80	550 - 758
20 - 50	301 - 550
5 - 20	153 - 301
0 - 5	39 - 153



Percentile	Total Radioactivity (Bq/kg)
95-100	1643-3761
85-95	886-1643
70-85	712-886
50-70	553-712
30-50	259-553
10-30	52-259
0-10	7-52

A che serve il monitoraggio della radioattività naturale?

- Un patrimonio per le future generazioni in caso di **contaminazioni**
- Uno strumento per la pianificazioni territoriale (problema del **Radon, Green building**)
- Sviluppo di Tecnologie **nucleari per l'agricoltura di precisione**: stima del contenuto idrico dei suoli
- **byproduct**: progetto ALADIN



Università
degli Studi
di Ferrara



Regione Emilia-Romagna



La famiglia di ITALRAD



UN GRANDE GRAZIE

- **Ai colleghi, al personale tecnico ed amministrativo dell'Università di Ferrara, cui ho chiesto molto e da cui ho sempre avuto validissima collaborazione.**
- **Ai miei studenti**
- **Alla città, in cui ho potuto viver bene per quasi trent'anni**
- **All'amministrazione e alla popolazione di Legnaro**
- **Ai miei cari, che sempre mi hanno supportato, ed anche sopportato**
- **Ai presenti, per la loro attenzione.**

