

Nuovi materiali di riferimento
ad alto contenuto tecnologico:
l'importanza di (C)RM affidabili

Omogeneità

Stabilità

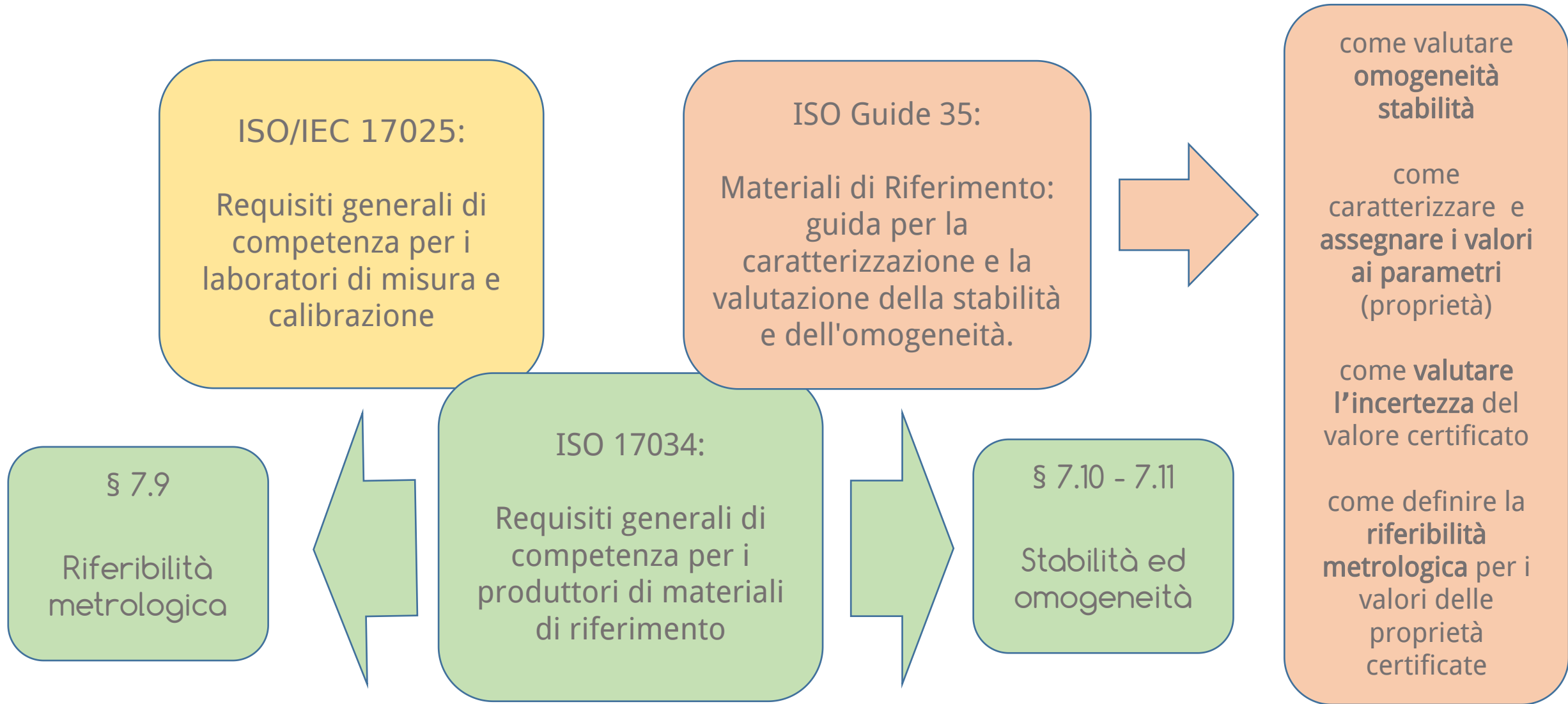
Materiale sufficientemente omogeneo e stabile rispetto ad uno o più parametri specifici tale da essere adatto per l'uso in un processo di misura.
(ISO GUIDE 35:2017-3.1)

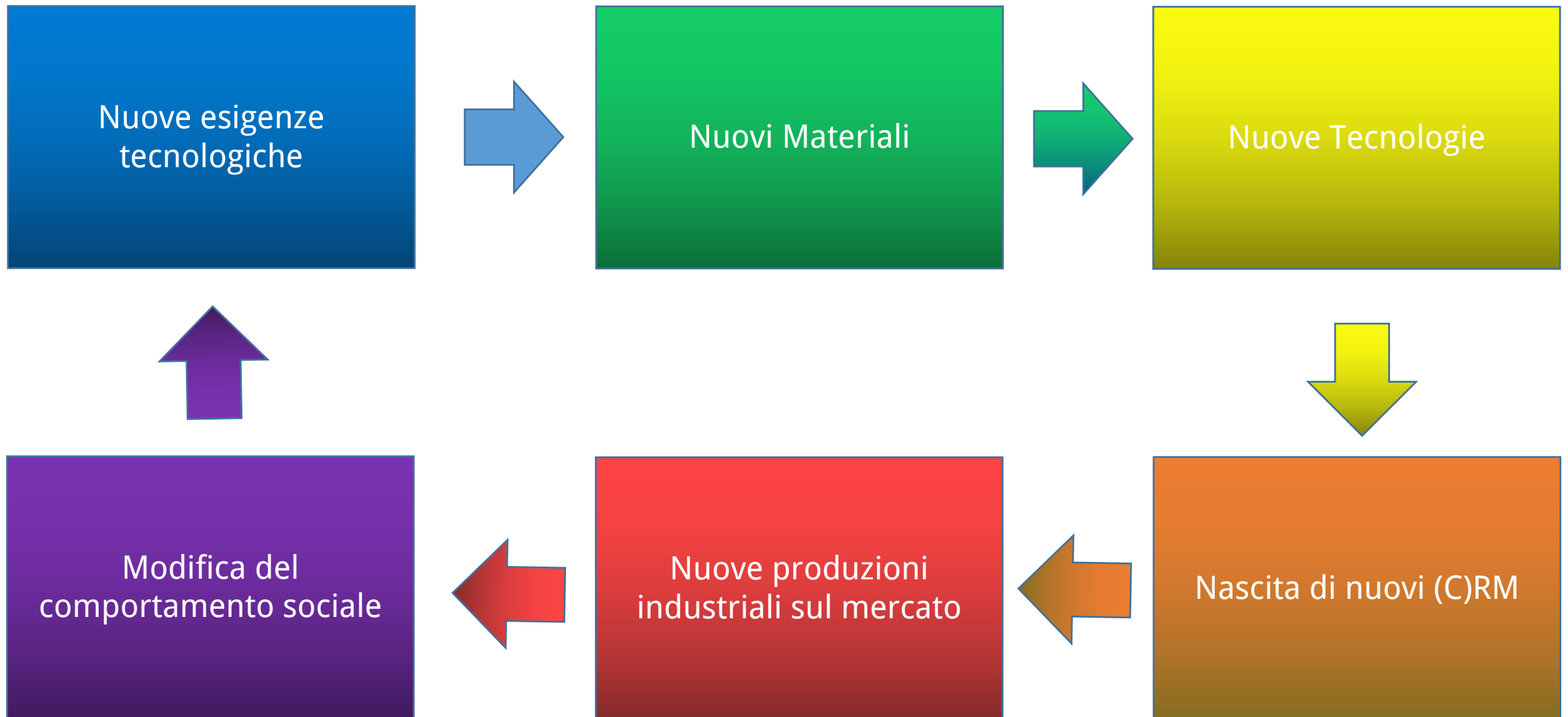
RM

CRM

RM caratterizzato per uno o più parametri attraverso una procedura metrologica valida e accompagnato da un documento che indichi i valori di tali parametri, la loro incertezza e la riferibilità metrologica.
(ISO GUIDE 35:2017-3.2)

Riferibilità
Metrologica





Medicina Nucleare

Dosimetria
Radiofarmaci per terapia e diagnostica
Materiali per rivelatori in diagnostica e adroterapia

Energia da fusione termonucleare

combustibile (D,T)
materiali per autorifornimento (Li)
Materiali Radiation Hard

Materiali

Superconduttori ad alta temperatura
Trasporto energia
Ricarica wireless
confinamento magnetico per fusione

Nuove Tecnologie = Nuovi Materiali

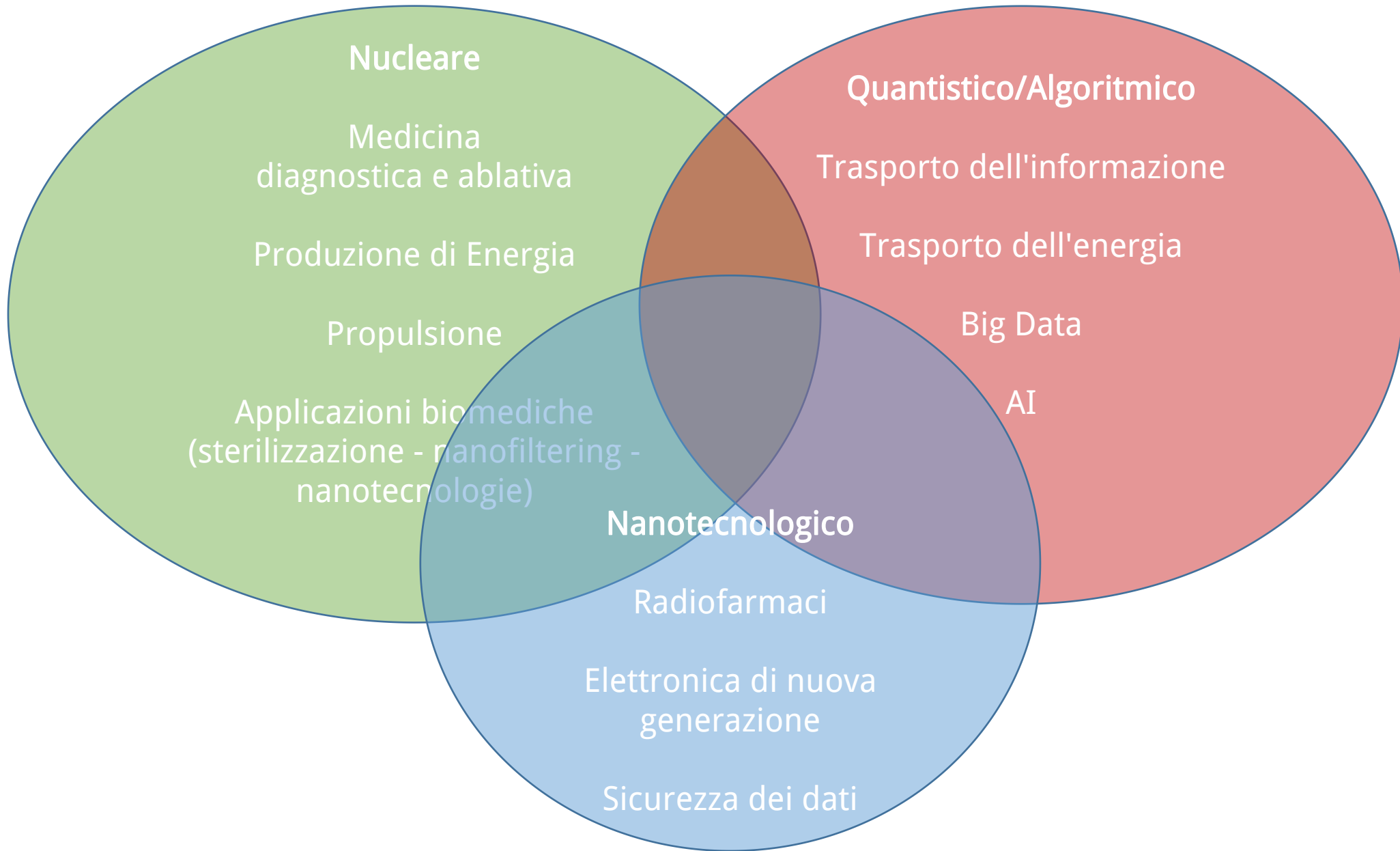
Tecnologie del Vuoto

Fotovoltaico di nuova generazione
Batterie ad alta capacità

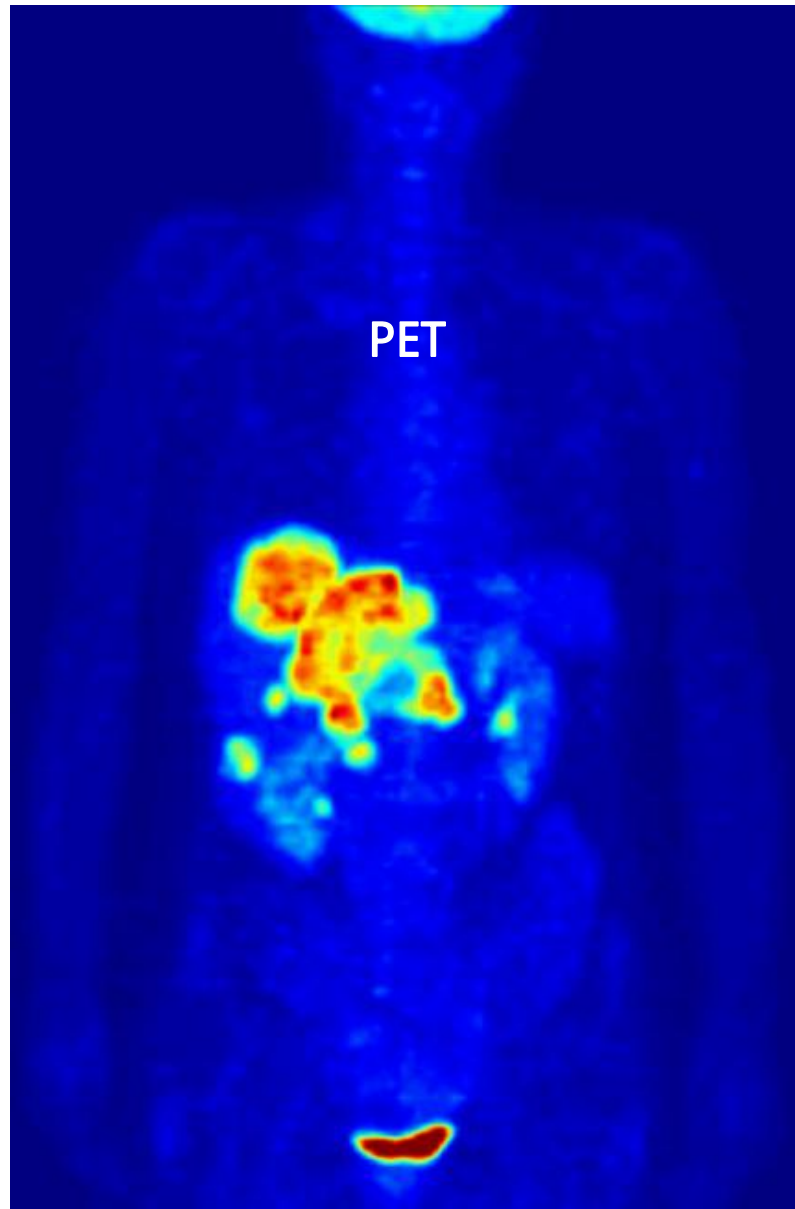
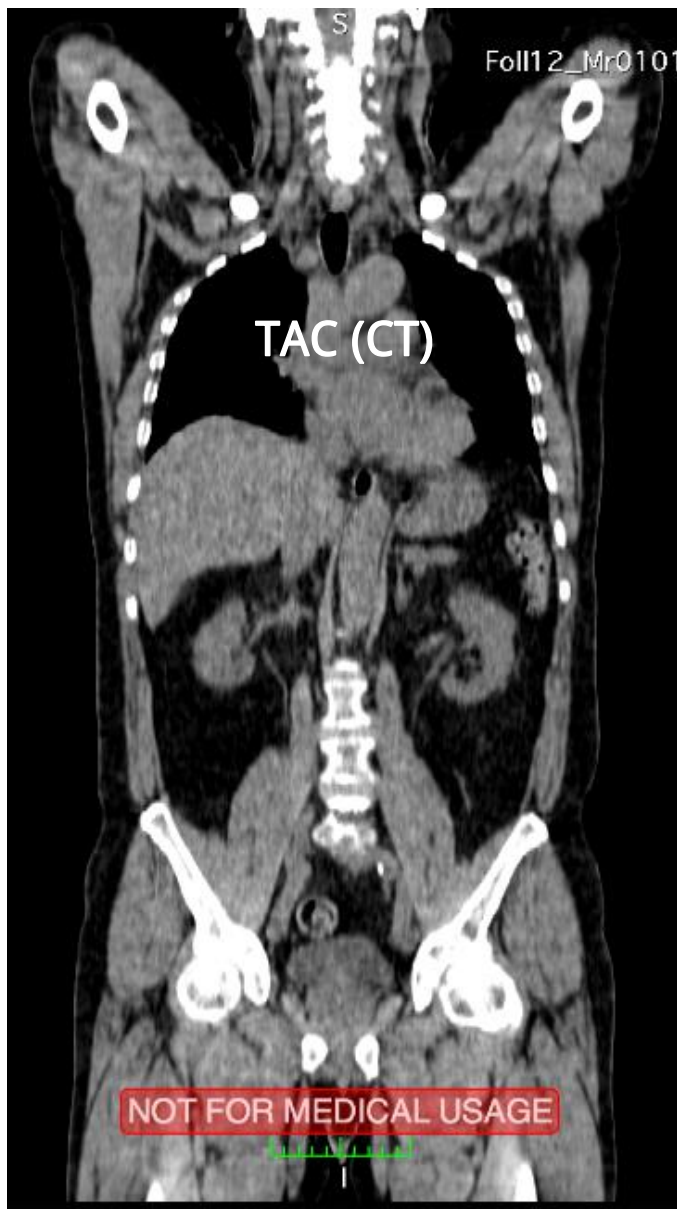
Nanotecnologie per Quantum Computing e trasporto dati

QuBits da diamanti
Fibreottiche pumping
Grafene e altri nanomateriali

Genetica



Medicina Nucleare



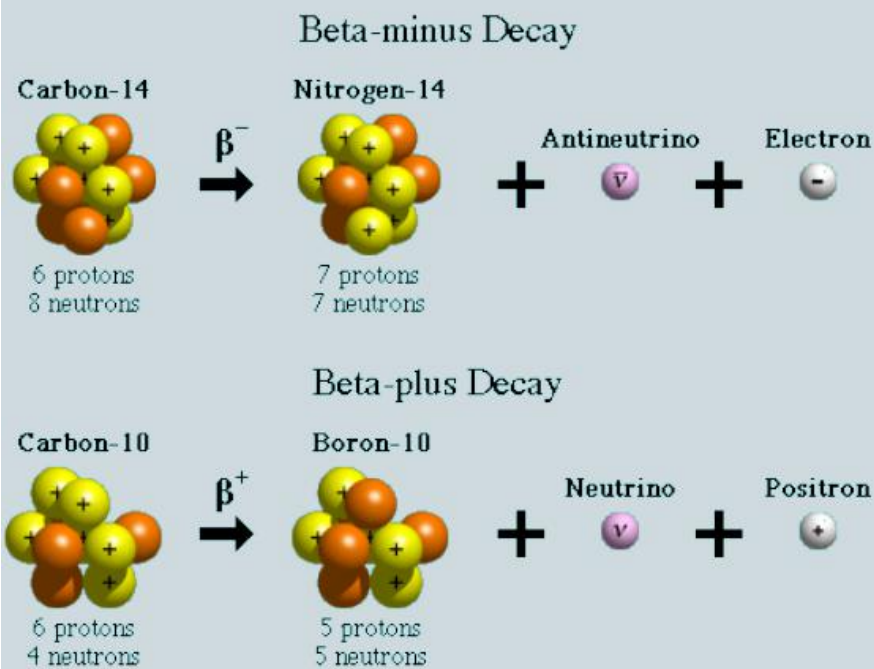
Medicina Nucleare

La **Tomografia Computerizzata** (CT) e' una tecnica di imaging che misura le **caratteristiche anatomiche**

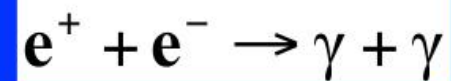
Le caratteristiche anatomiche **non sempre sono sufficienti** a caratterizzare una lesione/anomalia

Positron Emission Tomography (Tomografia a Emissione di Positroni) È una tecnica diagnostica che misura l'**attività funzionale/metabolica**

Decadimento β

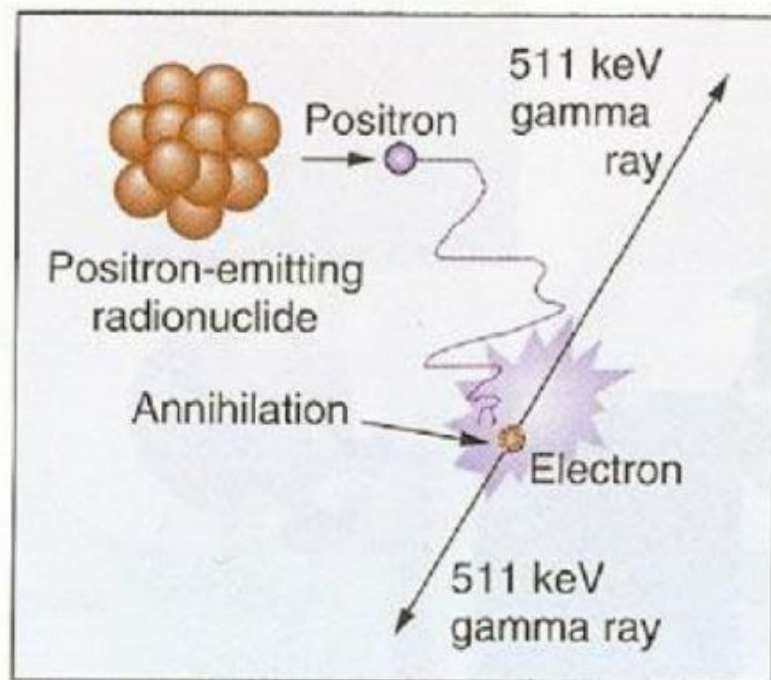


Annichilazione

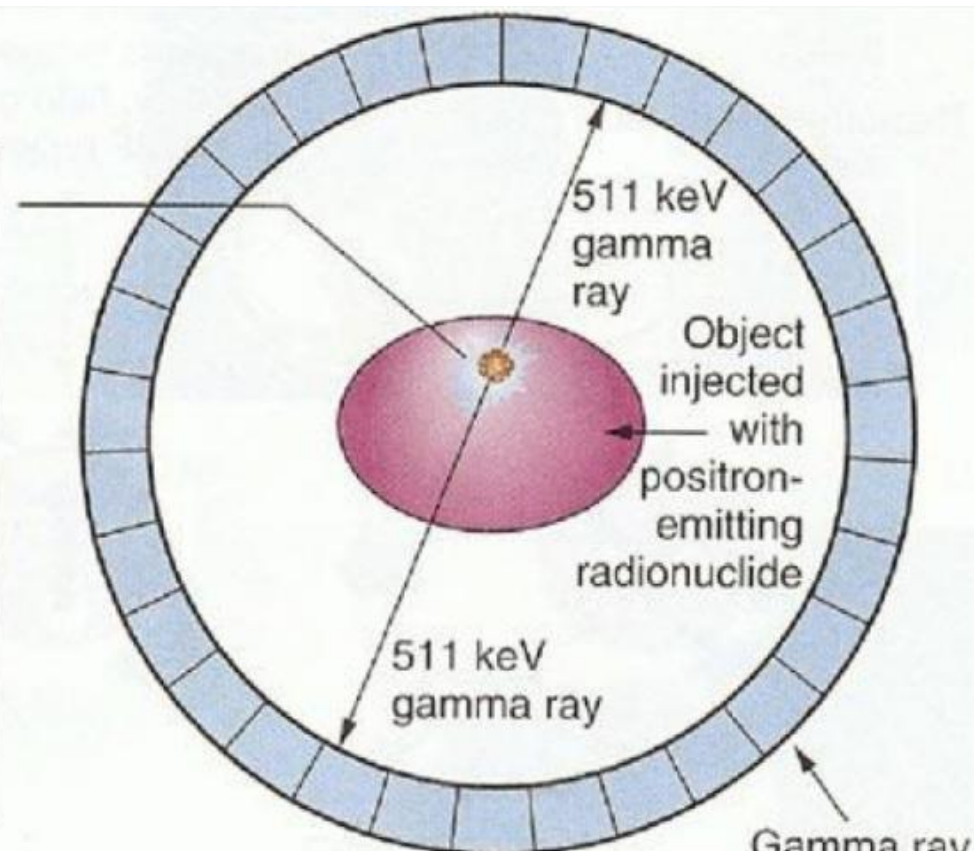


l'idea è quella di "depositare" un isotopo nella regione della **lesione**

Medicina Nucleare



Positron emission and positron-electron annihilation



PET Scanner

in modo che produca una **coppia di fotoni ricostruibili** con un rivelatore di particelle

.... e fare in modo di

-> essere abbastanza precisi per l'identificazione della lesione

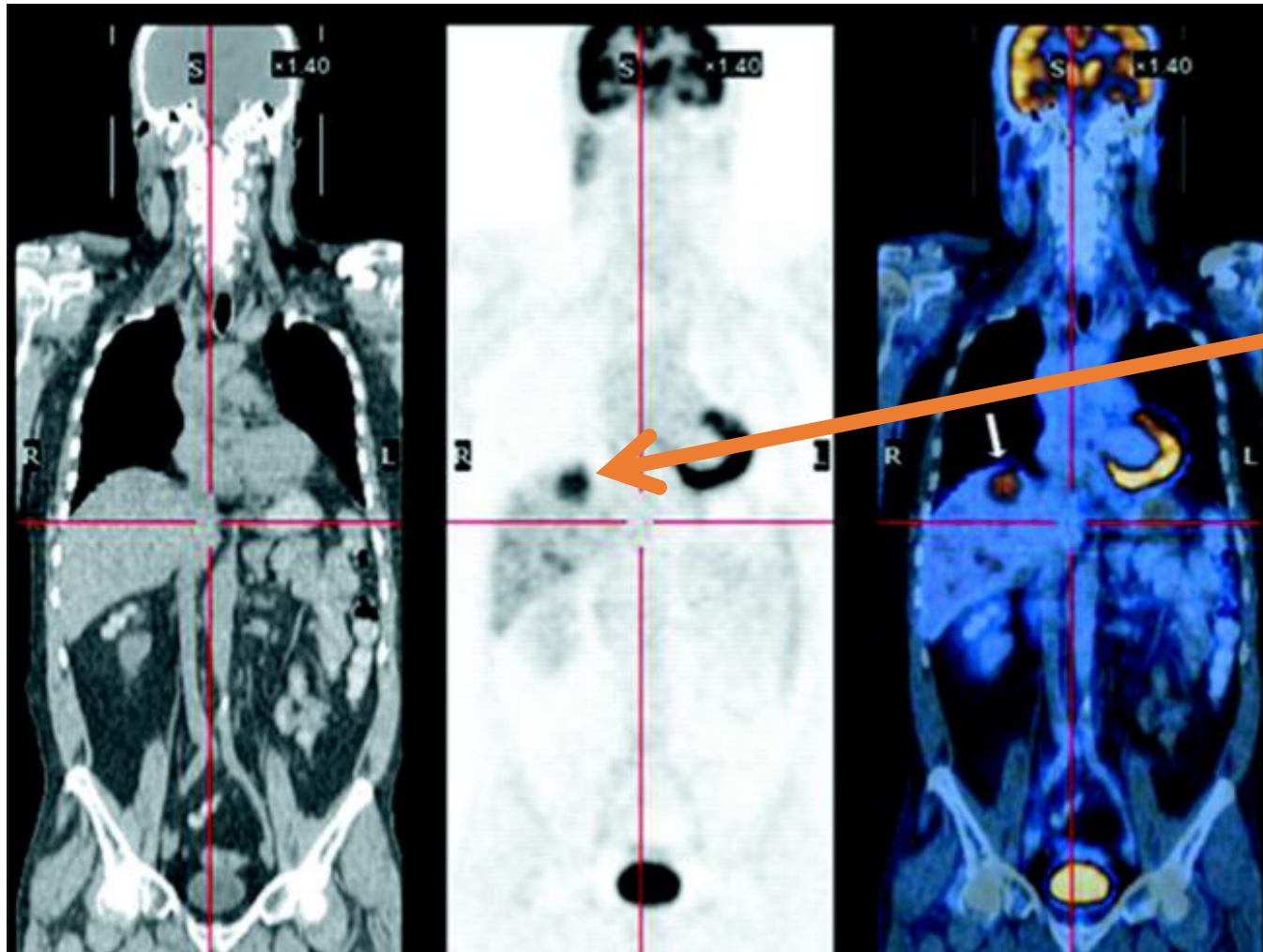
-> ed identificare la regione in cui la lesione è **metabolicamente più attiva**

Diagnostica combinata

Morfologica (CT)

Funzionale (PET)

Medicina Nucleare



- Diagnosi

... primaria
... stadiazione

- Terapia

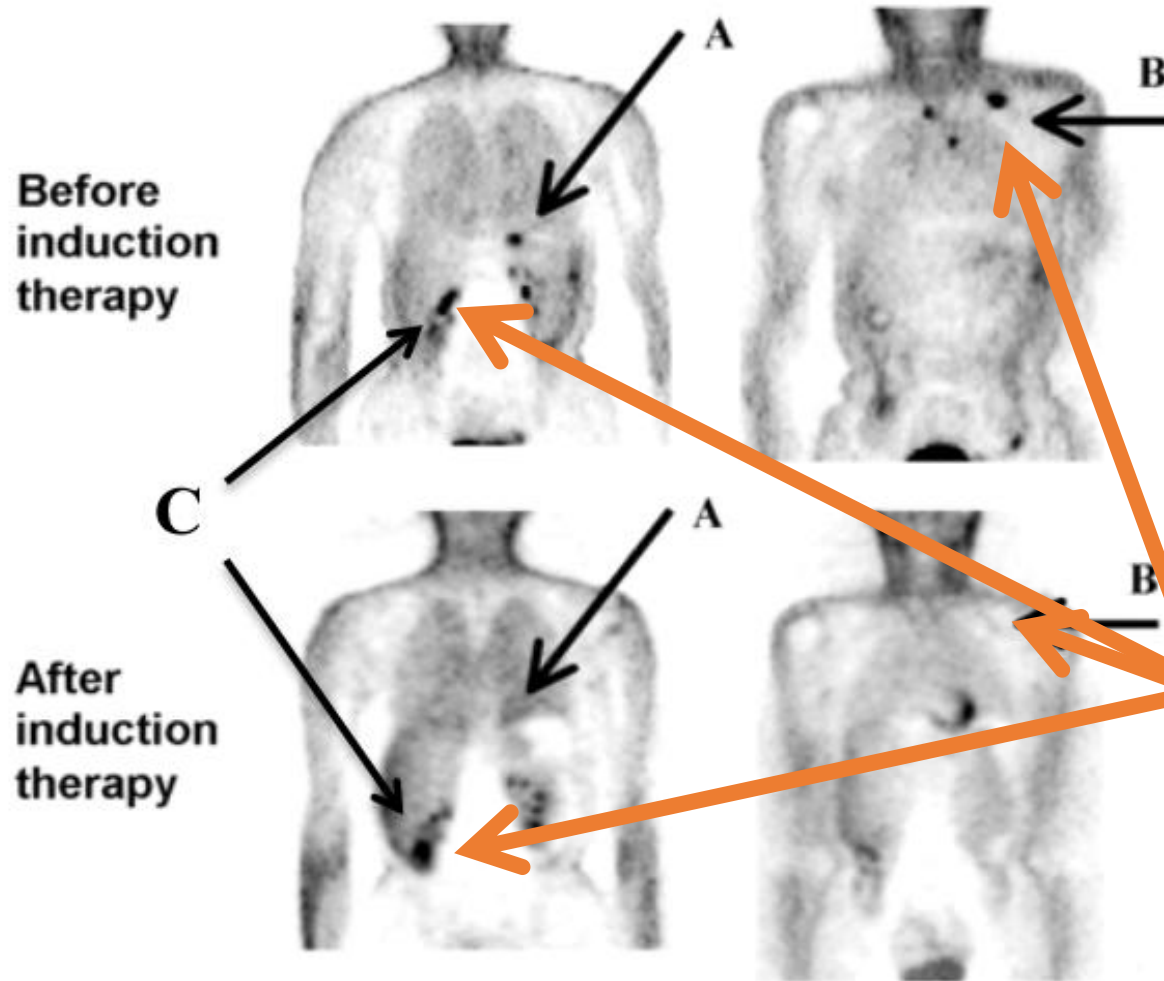
- Monitoraggio dell'efficacia

ACCREDIA

L'ENTE ITALIANO DI ACCREDITAMENTO

I. Gnesi

A&T 2018



- Tumore primario (A)

- **CT negativa** per tumori secondari (C)

- **PET evidenza** linfonodi metastatici supraclavicolari (B) e mediastinici (C)

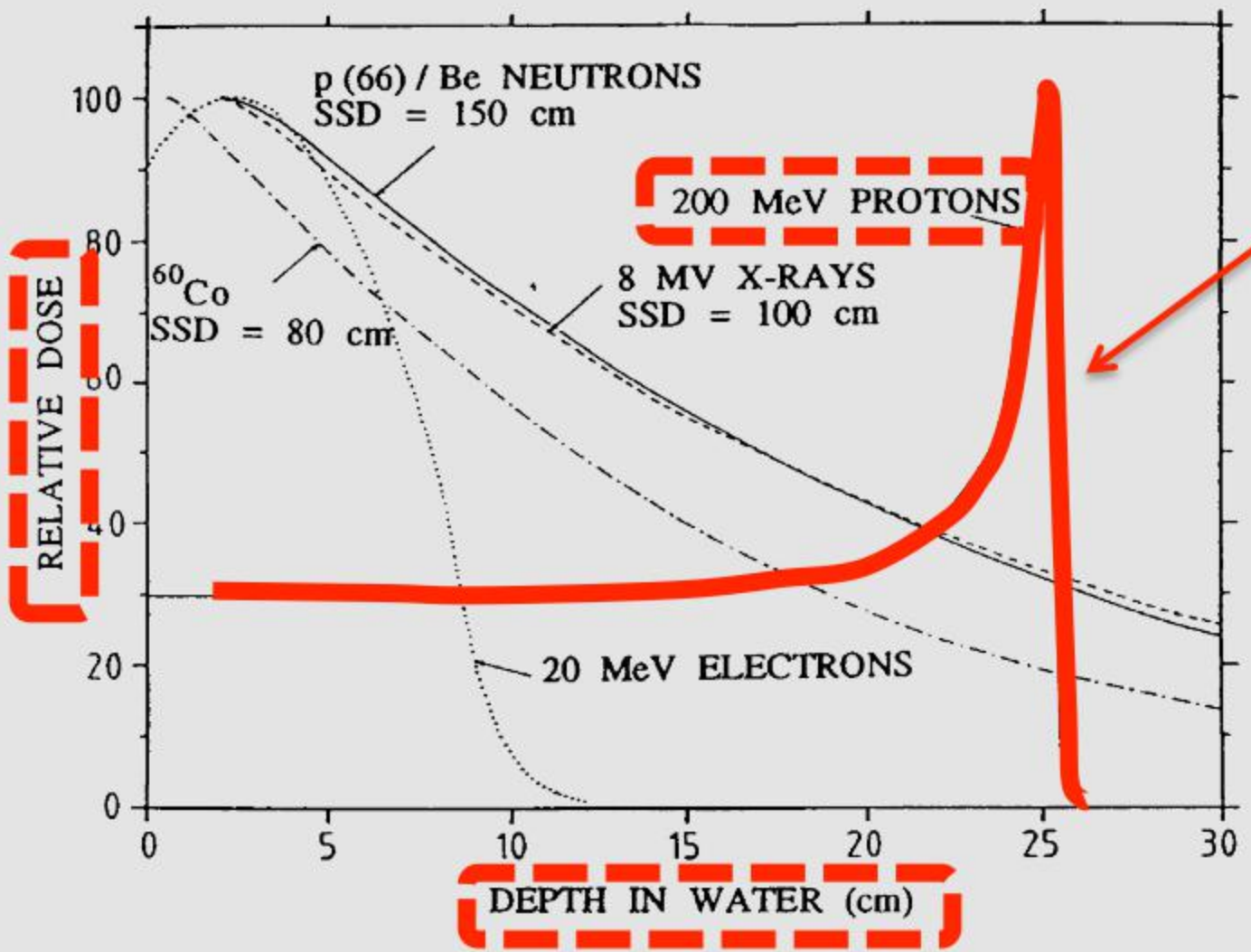
- **Diagnosi**

... primaria
... stadiazione

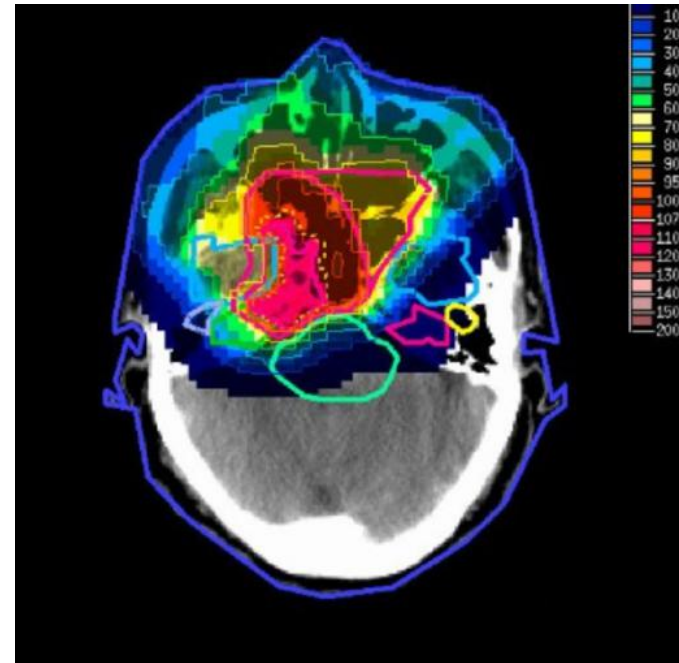
- **Terapia** ????

Monitoraggio dell'efficacia

BRAGG Peak



Adroterapia: ioni e protoni per l'ablazione di tumori



INFN – LNS
CATANA

Trattamento del
melanoma dell'occhio

Synchrotron

Treatment with
protons since 2011

Treatment with
carbon ions since
2012



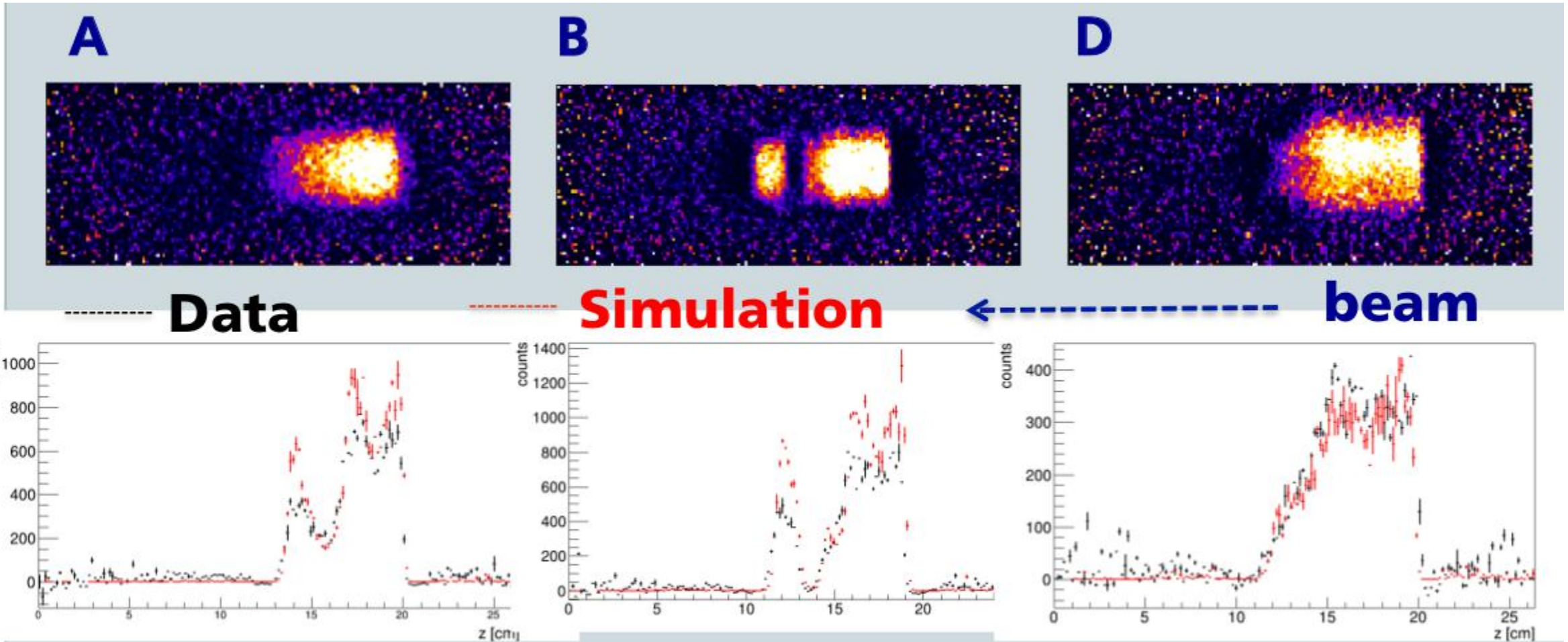
A^TreP

Agenzia Provinciale per la Protonterapia
Azienda Provinciale per i Servizi Sanitari
Trento, Italy



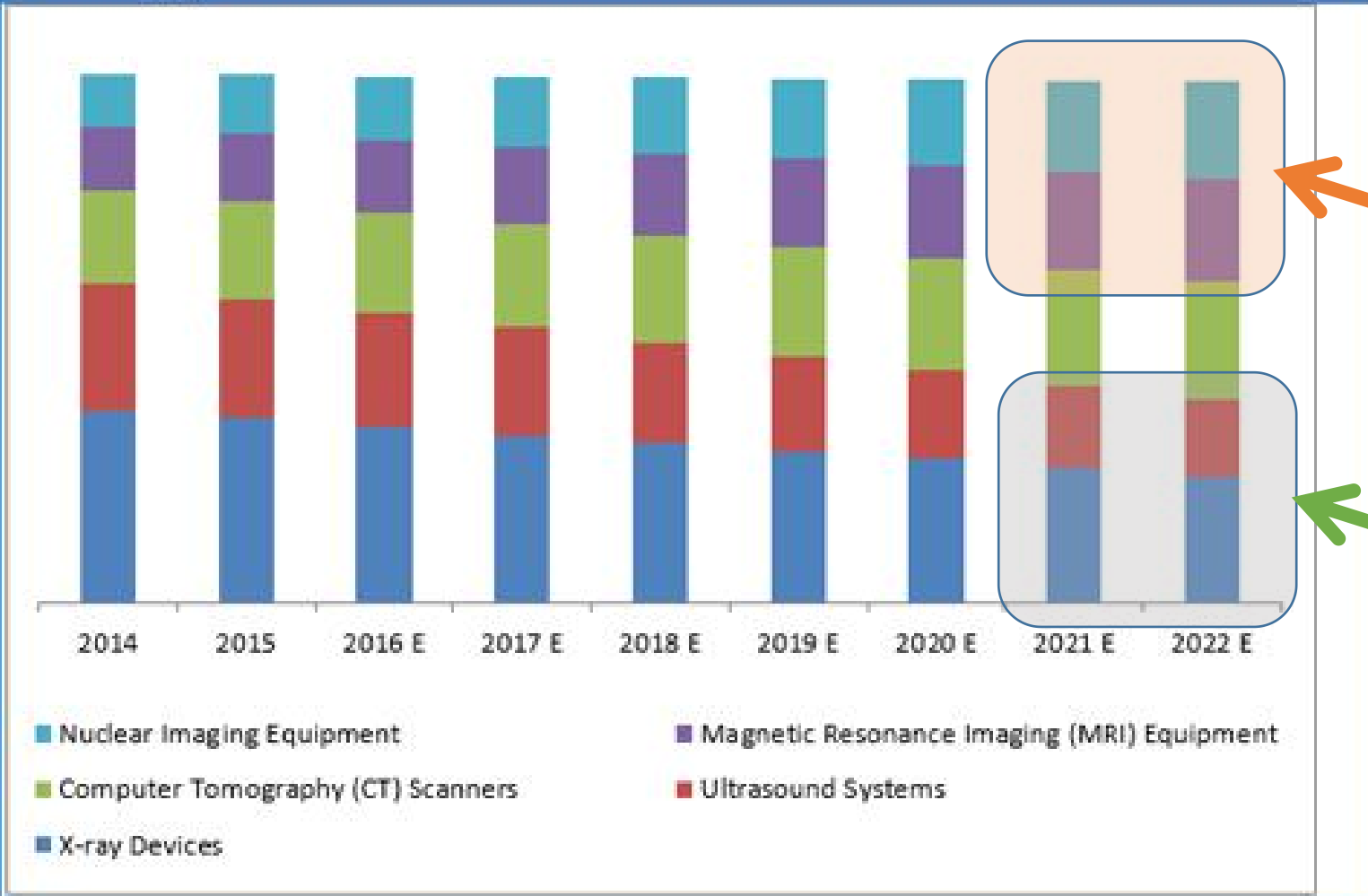
Terapia adronica in Italia

INSIDE:
verso una adroterapia controllata dalla PET



Medicina Nucleare

FIG. 1 Global Medical Imaging Equipment Market Share, By Products, 2014 & 2022 (USD Mn)



Expansione del mercato del Nuclear Imaging di un fattore 2 in 8 anni

simile contrazione del mercato per

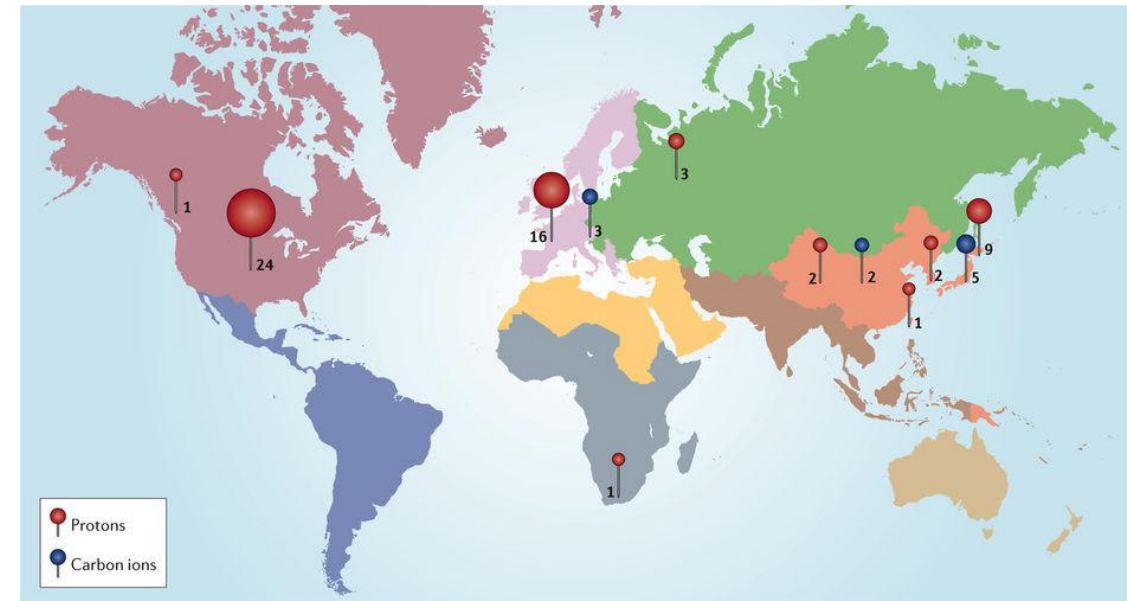
- raggi X
- ultrasuoni

Medicina Nucleare



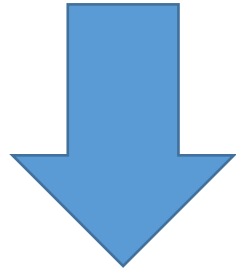
← **Espansione** del mercato del **Terapie Nucleari** di un fattore 2 in 4 anni

Questa previsione non tiene ancora conto delle novità delle tecnologie di **online monitoring** (INSIDE) che possono rivoluzionare ulteriormente il settore



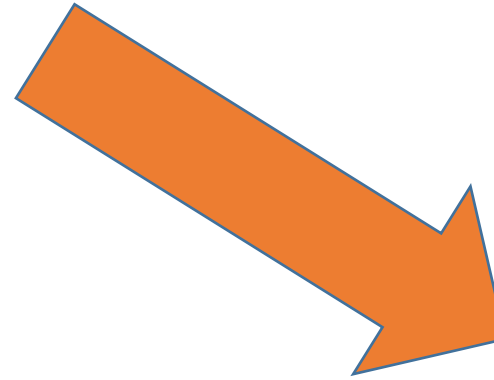
Nature Reviews | Clinical Oncology

Le tecnologie e lo sviluppo di **materiali** in medicina nucleare sono in crescita rapida



Radiofarmaci evoluti

sia per la diagnosi sia per la terapia



Medicina Nucleare

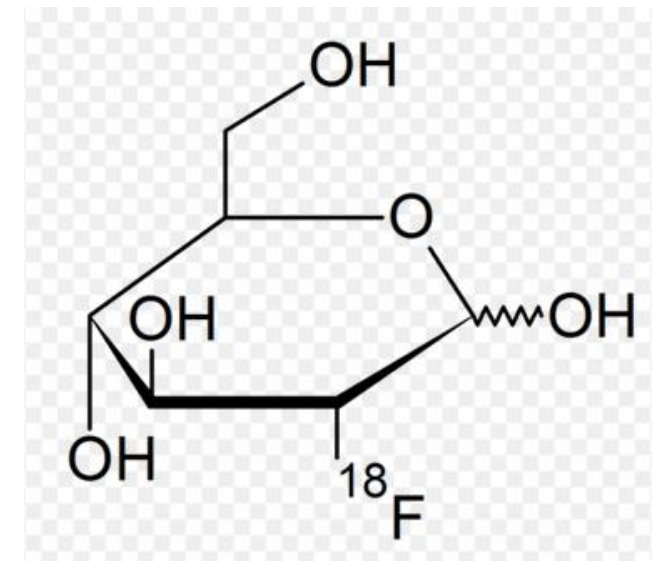
Nuovi **materiali** per lo sviluppo di **rivelatori di particelle** performanti per

- diagnosi **morfologico-funzionale**
- **piani di cura** adroterapici
- offline (online) **check del trattamento**

Carbon-14 urea	Pytest	Detection of Helicobacter pylori
Chromium-51 sodium chromate	Chromitope	Red blood cell labeling
Fluorine-18 fludeoxyglucose (FDG)		PET imaging
Fluorine-18 florbetapir	Amyvid	Evaluation of Alzheimer's disease
Fluorine-18 sodium fluoride		PET bone imaging
Gallium-67 citrate		Tumor/inflammation imaging
Indium-111 capromab pendetide	ProstaScint	Prostate cancer imaging
Indium-111 chloride	Indiclor	Radiolabeling antibodies and peptides
Indium-111 oxyquinoline (oxine)		Imaging of CSF kinetics
Indium-111 pentetate (DTPA)		Neuroendocrine tumor imaging
Indium-111 pentetreotide	Octreoscan	Neuroendocrine tumor imaging
Iodine-123 iobenguane (MIBG)	Adreview	Evaluation of Parkinson's disease
Iodine-123 ioflupane	DaTscan	Thyroid imaging and uptake
Iodine-123 sodium iodide		Brachytherapy
Iodine-125 brachytherapy seed	I-Seed	Evaluation of GFR and renal disease
Iodine-125 sodium iothalamate	Glofil	Thyroid uptake, imaging, and therapy
Iodine-131 sodium iodide		PET cardiac imaging
Rubidium-82 chloride	CardioGen-82	Brachytherapy
Palladium-103 brachytherapy seed	TheraSeed	Palliative treatment of bone pain
Samarium-153 lexidronam (EDTMP)	Quadramet	Palliative treatment of bone pain
Strontium-89 chloride	Metastron	Imaging thyroid, ectopic gastric mucosa
Technetium-99m pertechnetate		Cerebral perfusion imaging
Technetium-99m bismuth citrate (ECD)	Neurolite	Hepatobiliary imaging
Technetium-99m disofenin (DISIDA)	Hepatology	Brain imaging, WBC labeling
Technetium-99m exametazime (HMPAO)	Ceretec	Renal imaging
Technetium-99m gluceptate		Pulmonary perfusion
Technetium-99m MAA		Hepatobiliary Imaging
Technetium-99m mebrofenin	Choletec	Bone imaging
Technetium-99m medronate (MDP)		Renal imaging
Technetium-99m mertiatide (MAG3)		Bone imaging
Technetium-99m oxidronate (HDP)		Renal/brain imaging, lung ventilation
Technetium-99m pentetate (DTPA)		Bone/cardiac imaging
Technetium-99m pyrophosphate (PYP)		Imaging of GI bleeds, cardiac chambers
Technetium-99m RBC labeling kit	Ultratag	Imaging of myocardium, parathyroid, breast
Technetium-99m sestamibi	Cardiolite, Miraluma	Renal imaging
Technetium-99m succimer (DMSA)		Imaging RES, gastric system, sentinel node
Technetium-99m sulfur colloid		Myocardial imaging
Technetium-99m tetrofosmin	Myoview	perfusion/viability, parathyroid
Thallium-201 chloride	Myocardial	

Radiofarmaci

18F-FDG è un analogo del glucosio utilizzato per la PET



	SRM	Description	Unit of Issue	Approx Activity per gram(MBq · g ⁻¹)	Half Life (days)	Month Produced **
D	4401H*** Out of Stock	Iodine-131 Radioactivity Standard	5 mL	600	8.0	February
D	4401L Out of Stock	Iodine-131 Radioactivity Standard	5 mL	5	8.0	February
D C M	4404H*** Out of Stock	Thallium-201 Radioactivity Standard	5 mL	500	3.0	June
D C M	4404L Out of Stock	Thallium-201 Radioactivity Standard	5 mL	10	3.0	June
D	4407H*** Out of Stock	Iodine-125 Radioactivity Standard	5 mL	370	59.4	December
D	4407L Out of Stock	Iodine-125 Radioactivity Standard	5 mL	5	59.4	December
D C M	4410H Out of Stock	Technetium-99m Radioactivity Standard	5 mL	1.0 GBq·g ⁻¹	0.3	September
D	4412H*** Now Selling	Molybdenum-99 Radioactivity Standard	5 mL	700	2.74	April
D	4412L Now Selling	Molybdenum-99 Radioactivity Standard	5 mL	10	2.74	April
D C M	4415H*** Out of Stock	Xenon-133 Radioactivity Standard	5 mL	12 GBq·g ⁻¹	5.243	Sept
D C M	4415L Out of Stock	Xenon-133 Radioactivity Standard	5 mL	150	5.243	Sept
D C M	4416H*** Out of Stock	Gallium-67 Radioactivity Standard	5 mL	370	3.3	May
D C M	4416L Out of Stock	Gallium-67 Radioactivity Standard	5 mL	5	3.3	May
D C M	4417H*** Out of Stock	Indium-111 Radioactivity Standard	5 mL	500	2.8	August
D C M	4417L Out of Stock	Indium-111 Radioactivity Standard	5 mL	10	2.8	August
D C M	4427H*** Out of Stock	Yttrium-90 Radioactivity Standard	5 mL	50	64.0 hrs	October
D C M	4427L Out of Stock	Yttrium-90 Radioactivity Standard	5 mL	5	64.0 hrs	October

Radiofarmaci

Standard Reference
Materials Program
(SRM)

National Institute of
Standards and Technology
(NIST)



Certificate

Standard Reference Material[®] 4410H

Technetium-99m Radioactivity Standard

Lot Number 40

Ampoule 1

This Standard Reference Material (SRM) consists of a solution of a standardized and certified quantity of radioactive technetium-99m in a suitably stable and homogeneous matrix. It is intended primarily for the calibration of instruments that are used to measure radioactivity and for the monitoring of radiochemical procedures. A unit of SRM 4410H consists of approximately 5 mL of a solution, whose composition is specified in Table 1 and 2, contained in a flame-sealed borosilicate-glass ampoule [1].

The certified **technetium-99m** massic activity value, at a **Reference Time of 1500 EST, 10 June 2014**, is:
(1.283 ± 0.011) GBq·g⁻¹

A NIST certified value, as used within the context of this certificate, is a value for which NIST has the highest confidence in its uncertainty assessment. It is a "measurement result" [2] obtained directly or indirectly from a "primary reference measurement procedure" [3]. The certified value is traceable to the derived SI unit, becquerel (Bq).

Additional physical, chemical, and radiological properties for this SRM, as well as details on the standardization method, are given in Table 1 and 2. Uncertainties for the certified quantities are expanded ($k = 2$). The uncertainties are calculated according to the ISO and NIST Guide [4,5]. Table 3 contains a specification of the components that comprise the uncertainty analyses.

Expiration of Certification: The certification of **SRM 4410H** is valid, within the measurement uncertainty specified, within its half-life-dependent useful lifetime, provided the SRM is handled in accordance with instructions given in this certificate (see "Instructions for Handling and Storage"). The certification is nullified if the SRM is damaged, contaminated, or otherwise modified.

Maintenance of Certification: NIST will monitor this SRM over the period of its certification. If substantive technical changes occur that affect the certification, NIST will notify the purchaser.

Radiological and Chemical Hazard: Consult the Safety Data Sheet (SDS), enclosed with the SRM shipment, for radiological and chemical hazard information.

This SRM was prepared in the Physical Measurement Laboratory, Radiation Physics Division, Radioactivity Group, M.P. Unterweger, Group Leader. The overall production, technical direction and physical measurement leading to certification were provided by R.K. Young and D.B. Golas, Guest Researchers from NRMAP, Incorporated.

Support aspects involved in the issuance of this SRM were coordinated through the NIST Measurement Services Division.

Lisa R. Karam, Chief
Radiation Physics Division

Robert L. Watters, Jr., Chief
Measurement Services Division

Gaithersburg, Maryland 20899
July 2014

Radiofarmaci

Proprietà
Scadenza
Corretta conservazione
Incertezza a 2 deviazioni standard

Table 1. Certified Massic Activity of SRM 4410H, Lot 40, Ampoule 1

Radionuclide	Technetium-99m
Reference time	1500 EST, 10 June 2014
Massic activity of the solution	1.283 GBq·g ⁻¹
Relative expanded uncertainty ($k = 2$)	0.88 % ^(a)

Uncertainties on certified values are expanded uncertainties, $U = ku$. The quantity u , is the combined standard uncertainty calculated according to the ISO and NIST Guides [4,5]. The combined standard uncertainty is multiplied by a coverage factor of $k = 2$ and was chosen to obtain an approximate 95 % level of confidence.

Table 2. Uncertified Information of SRM 4410H, Lot 40, Ampoule 1

Source description	Liquid in a flame-sealed 5-mL NIST borosilicate ampoule [1]
Solution composition	Sodium pertechnetate in normal saline (0.9 % NaCl) solution
Solution density	(1.005 ± 0.002) g·mL ⁻¹ at 20.0 °C ^(a)
Solution mass	(4.9582 ± 0.0003) g ^(a)
Photon-emitting impurities	⁹⁹ Mo: (770 ± 280) Bq·g ⁻¹ ^(b)
Half lives used	^{99m} Tc: (6.0067 ± 0.0010) h ^(c) ⁹⁹ Mo: (2.7479 ± 0.0006) d
Calibration method (and instruments)	Measurements of ionization current ratios relative to radium-226 reference sources using NIST pressurized "4π" γ ionization chamber "B" calibrated with a technetium-99m solution whose activity was determined by the 4π(ce)-γ-anticoincidence efficiency-extrapolation technique

^(a)The stated uncertainty is two times the standard uncertainty.

^(b)The estimated lower limits of detection for photon-emitting impurities, expressed as massic photon emission rates, as of 16 June 2014 were:

- 1.6 s⁻¹·g⁻¹ for energies between 20 keV and 120 keV,
- 2.4 s⁻¹·g⁻¹ for energies between 125 keV and 155 keV,
- 1.2 s⁻¹·g⁻¹ for energies between 160 keV and 1440 keV,
- 1.6 s⁻¹·g⁻¹ for energies between 1450 keV and 1480 keV, and
- 0.8 s⁻¹·g⁻¹ for energies between 1490 keV and 2000 keV,

provided that any impurity photons are separated by four keV or more from photons emitted in the decay of technetium-99m or molybdenum-99.

^(c)The stated uncertainty is the standard uncertainty. See reference 6.

ACCREDITA

L'ENTE ITALIANO DI ACCREDITAMENTO

I. Gnesi

A&T 2018



***The European
Pharmacopoeia and
certificates of suitability
(CEP)***



Farmacopea:

Radiofarmaci

Monografie generali

Monografie specifiche di un farmaco

Metodi analitici alternativi

Un prodotto è di qualità di farmacopea quando è **conforme a tutte le specifiche descritte nella monografia**. I saggi e i dosaggi descritti in monografia sono i metodi ufficiali

Possono essere utilizzati **metodi analitici alternativi** che devono garantire che i requisiti della monografia di interesse sono soddisfatti.

... può **non effettuare tutti i saggi previsti dalla monografia** per valutarne la conformità prima del rilascio purché dai **dati ricavati da studi di convalida del processo** e da controlli nel corso della stessa, che il prodotto sia di qualità di farmacopea.

European Pharmacopoeia Monographs Today

- Active substances (organic, inorganic)
 - Excipients
 - Substances of biological origin and biotechnology (insulin, somatropin...)
 - Herbal drugs, essential oils and fats, preparations
 - Radiopharmaceuticals
 - Vaccines, sera (human, veterinary), blood derivatives
 - Homeopathic preparations
 - General monographs on dosage forms
 - General texts on quality issues and standard analytical methods
- ⇒ More than 2200 monographs

Purezza radionuclidica: le singole monografie stabiliscono la purezza radionuclidica necessaria e possono precisare i limiti delle impurezze radionuclidiche specifiche.

Purezza radiochimica: la singola monografia riporta la descrizione dei metodi analitici per la separazione delle differenti specie chimiche contenenti il radionuclide e la misurazione della percentuale di radioattività associata alla sostanza chimica dichiarata. I requisiti di purezza radionuclidica e radiochimica devono essere soddisfatti per tutto il periodo di validità.

Purezza chimica: la monografia descrive la determinazione delle singole impurezze chimiche specificate.

Purezza enantiomerica: la singola monografia descrive, se necessario, la verifica della purezza enantiomerica.

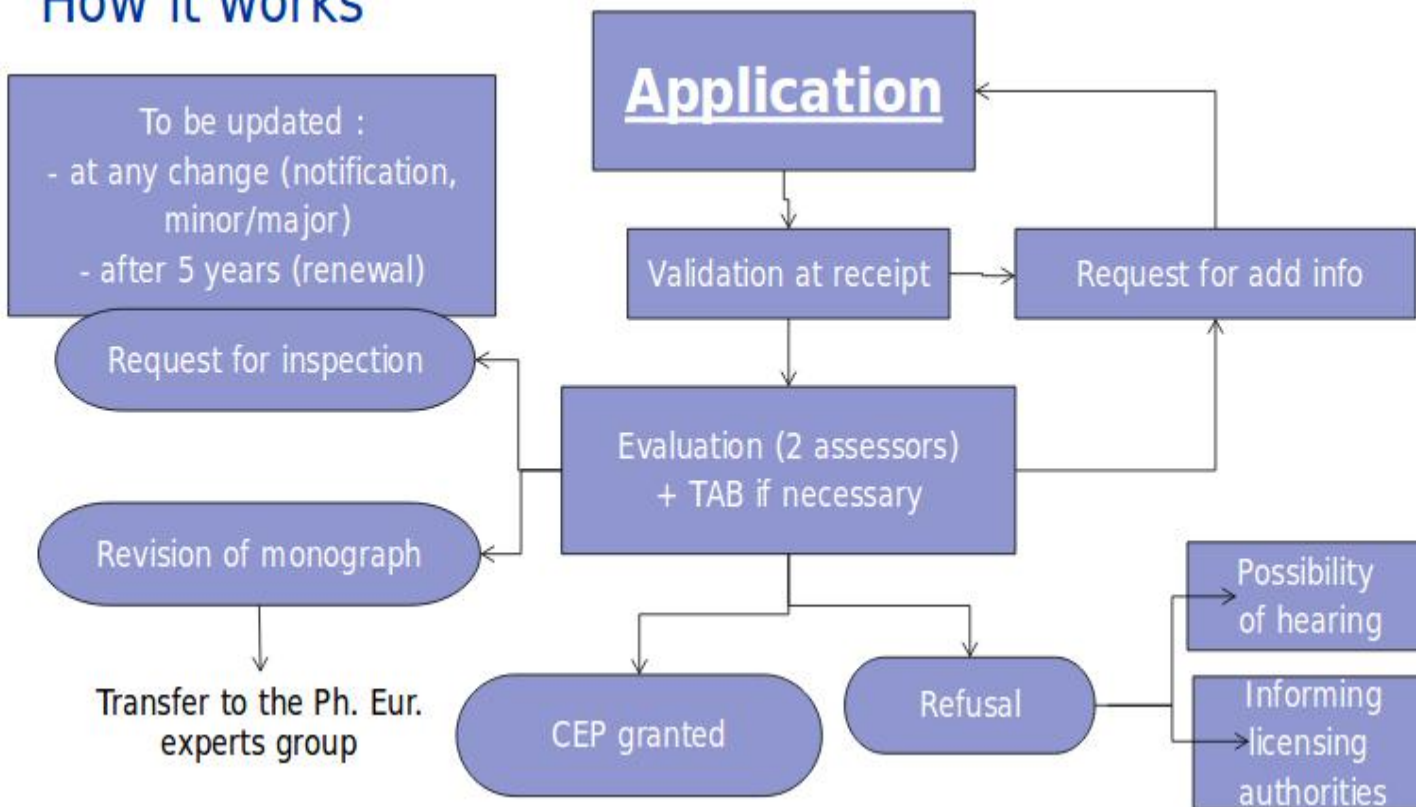
Distribuzione fisiologica: la singola monografia descrive, se necessario, i dettagli per l'esecuzione del saggio e i requisiti di distribuzione fisiologica ai quali deve rispondere la preparazione radiofarmaceutica.

Sterilità: le preparazioni radiofarmaceutiche per somministrazione parenterale devono essere preparate in condizioni tali da escludere ogni contaminazione batterica e da garantire la sterilità. In alcuni casi, quali breve periodo di dimezzamento, ripartizione in lotti di piccole dimensioni, rischi di irradiazione, si può effettuare il rilascio parametrico del prodotto purché sia fabbricato con un procedimento completamente convalidato. Nel caso di produzione aseptica, il saggio di sterilità deve essere effettuato come un controllo di qualità della produzione.

Endotossine batteriche: le singole monografie descrivono, se necessario, il saggio effettuato come descritto nel metodo generale

Conservazione: la singola monografia in tale sezione riporta le indicazioni delle condizioni e modalità di conservazione.

How it works



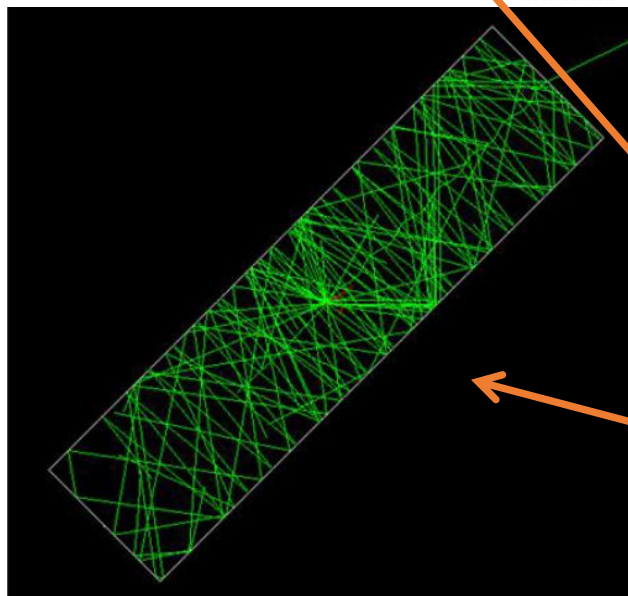
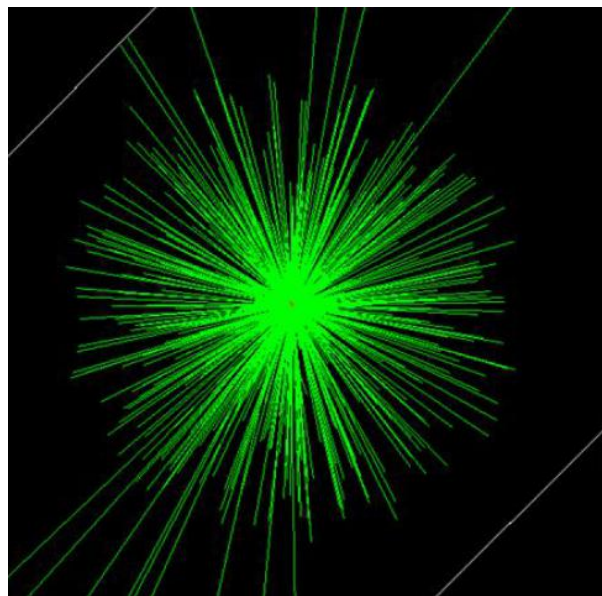
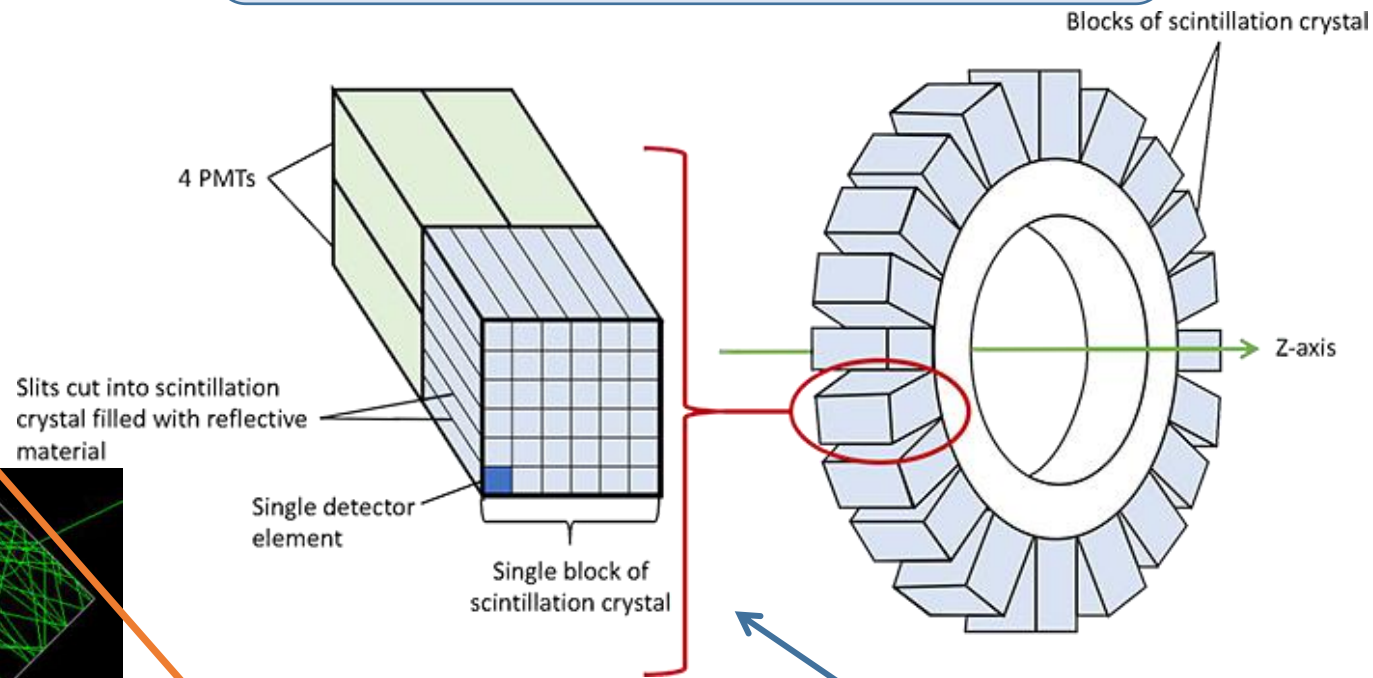
Radiofarmaci

The Certification Procedure

- To demonstrate that the quality of a substance is controlled by the Ph. Eur. monograph and additional tests if needed ("Chemical CEP" or "Herbal CEP")
- To guarantee compliance with the general monograph on Products with TSE risk ("TSE CEP")

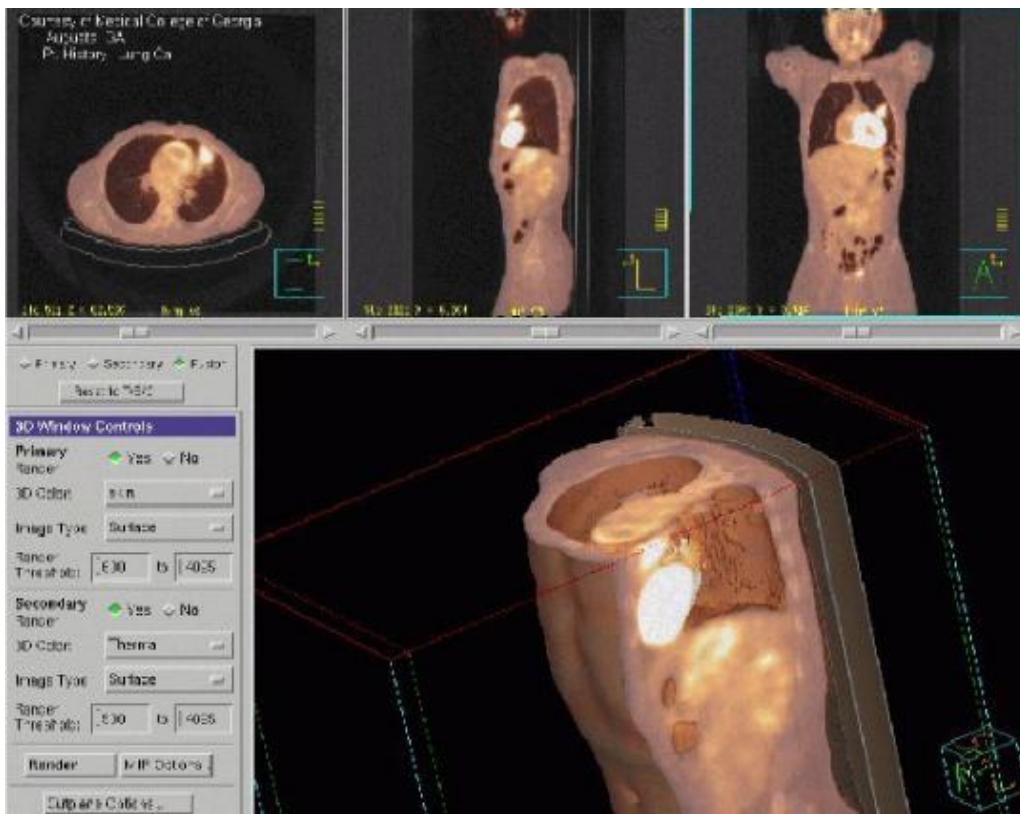
Sebbene i criteri delle monografie siano "accettati" in 37 paesi + EU l'allineamento al programma di RM del NIST in campo radiofarmacologico è un processo naturale per la competitività sul mercato

Materiali per rivelatori in ambito medico



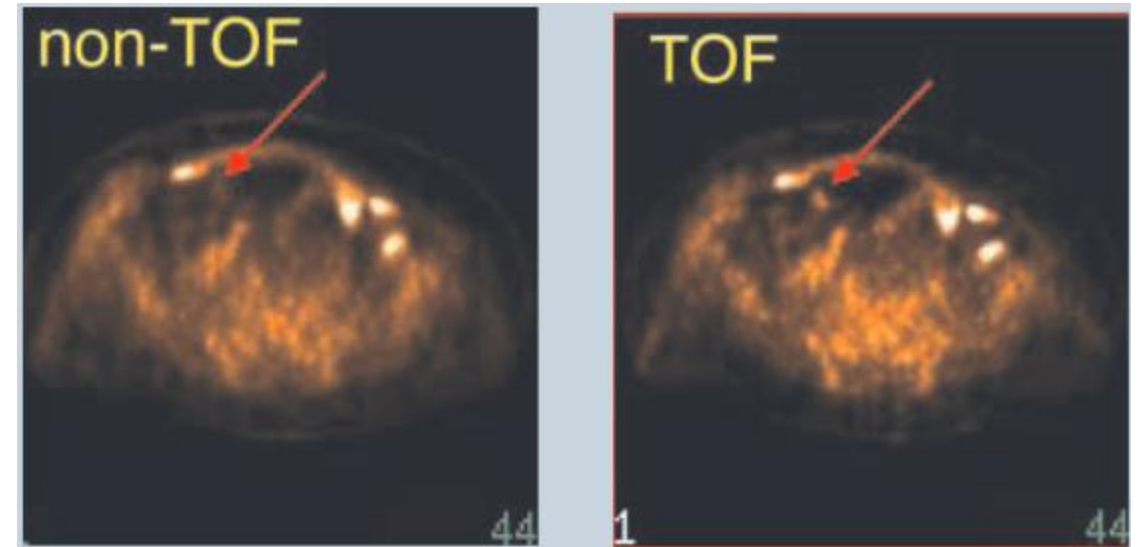
Materiali scintillanti

Unità di rivelazione a scintillazione in una PET



I materiali a scintillazione utilizzati in ambito medico devono presentare **proprietà** specifiche caratterizzate da **incertezze molto ridotte**.

Materiali per rivelatori in ambito medico

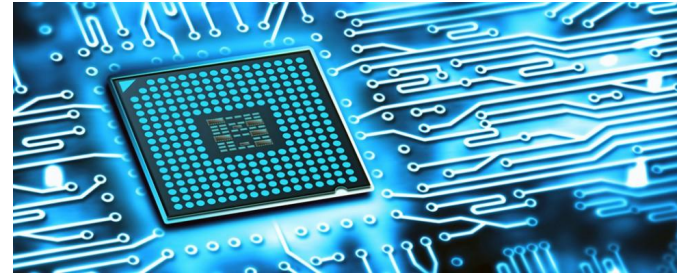


Alcune proprietà come la risoluzione temporale, hanno permesso la nascita della **TOF/PET**. Questa nuova metodologia diagnostica permette di individuare lesioni a stadi molto **precoci** rispetto alla PET tradizionale

	Company				
	Philips	Siemens	GE	Philips	Toshiba
	System name				
	Ingenuity	Biograph	Discovery	Vereos	Celesteion
	TF [40]	mCT [13]	690 [14]	Digital [41]	[43]
Scintillator	LYSO	LSO	LYSO	LYSO	LYSO
Photo-detector	PMT	PMT	PMT	dSiPM	PMT
Crystal size, mm ³	4 ×4×22	4 ×4×20	4.2 ×6.3×25	4 ×4×19	4 ×4×12
Total crystals	28,336	32,448	13,824	23,040	30,720
Patient bore, cm	71.7	78	70	70	88
Axial length, cm	18	21.8	15.7	16.4	19.6
Resolution, mm					
Transaxial					
at 1 cm/10 cm	4.8/5.1	4.4/4.95	4.7/5.06	4.1/4.5	5.1/5.4
Axial					
at 1 cm/10 cm	4.73/5.23	4.4/5.9	4.74/5.55	3.96/4.3	5.0/5.4
Energy resolution, %	11.1	11.5	12.4	11.1	NA
Lower E_{thr} , keV	440	435	425	450	NA
Higher E_{thr} , keV	665	650	650	NA	NA
Scatter fraction, %	36.7	33.2	37	30	42.7
Sensitivity, cps/kBq	7.3	9.7	7.4	5.7	NA
Coincidence window, ns	4.5	4.1	4.9	4	NA
Peak NEC,					
kcps at kBq/mL	124 at 20.3	180 at 28	139 at 29	171 at 50	153 at NA
TOF bin size, ps	25	312	NA	NA	NA
TOF resolution, ps	502	527.5	544.3	316	~410

Materiali per rivelatori in ambito medico

	Company	
	Philips	GE
	System name	
	Ingenuity TF	Signa
	PET/MR [42]	PET/MR
Scintillator	LYSO	LBS
Photo-detector	PMT	SiPM
Scintillator size (mm ³)	4 ×4×22	4 ×5.3×25
Total detector elements	28,336	20,160
Bore/detector diameter (cm)	70.7/90.3	60/
Axial length (cm)	18	25
Resolution (in mm)		
Transaxial at 1 cm/10 cm (mm)	4.7/5.15	4.2/5.2
Axial at 1 cm/10 cm (mm)	4.6/5.0	5.8/7.1
Energy resolution (%)	11.6	11
Lower energy threshold (keV)	460	425
Scatter fraction (%)	26	43.6 at peak NECR
Sensitivity (cps/kBq)	7.0	21
Coincidence window (ns)	6	4.57
Peak NEC (kcps at kBq/mL)	88.5 at 13.7	210 at 17.5
TOF bin size (ps)	25	NA
TOF resolution (ps)	525	400



Materiali per rivelatori: mercato

MEDICAL

- PET
- SPECT
- Blood Measurement & other applications
- Bone Mineral Densitometry
- Sapphire for Intraoperative Imaging

SECURITY

- First Responders
- Border Inspection
- Baggage Scanners

OIL & GAS

- Wireline
- MWD & LWD
- Aerial Survey
- Surface Measurements

DEFENSE & AEROSPACE

- Transparent Armor
- EO-IR Windows
- Infra-Red Countermeasures
- Enhanced Flight Vision System

INDUSTRIAL-RADIATION

- Environmental Monitoring
- Health Physics
- Nuclear Fuel & Safeguards
- Scrap Steel Monitoring
- Process Monitoring and Gauging

INDUSTRIAL-SPECIALTY MATERIALS

- Semiconductor Manufacturing
- Optical Isolator Wafers
- X-Ray elemental analysis

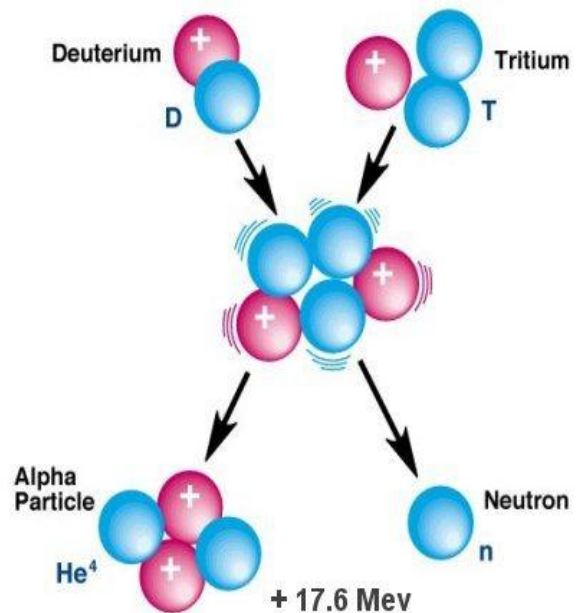
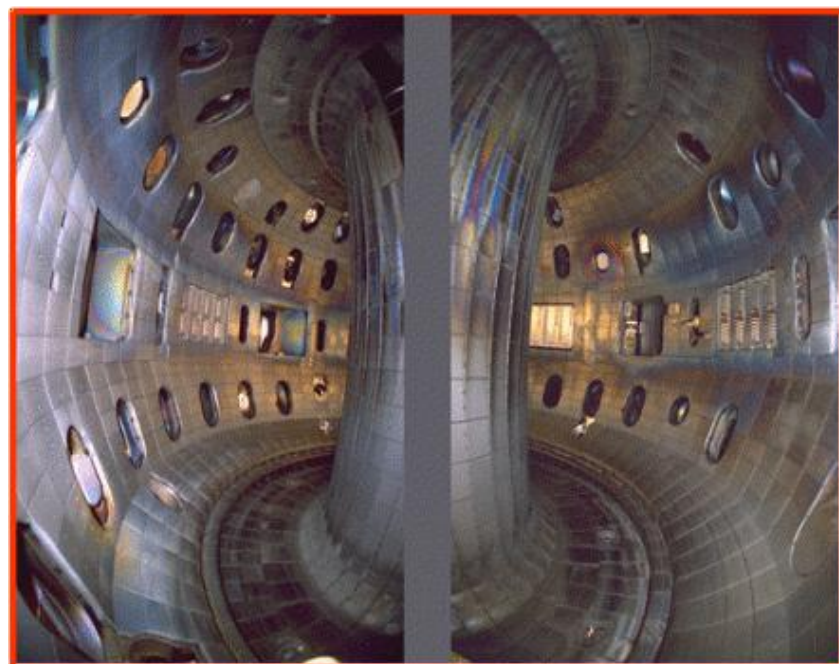
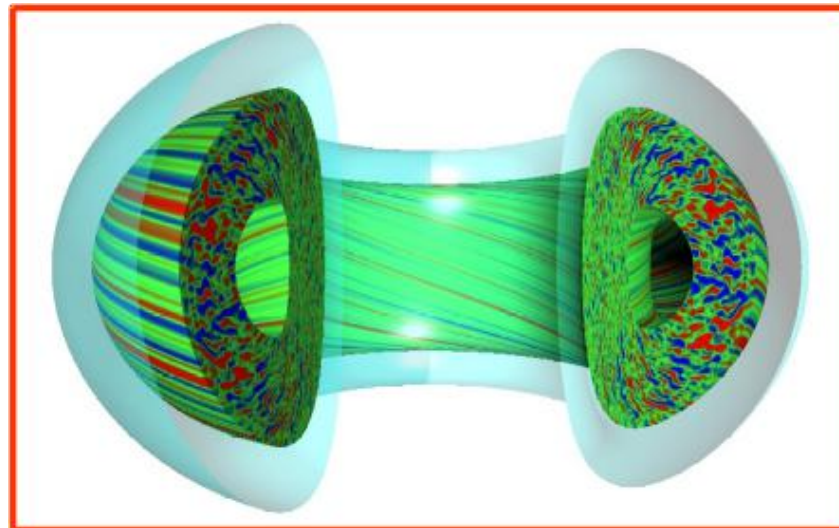
PHYSICS



Mercato in crescita: 500 M\$ entro 2020

Materiali ad alte prestazioni
per la produzione ed il
trasporto di energia

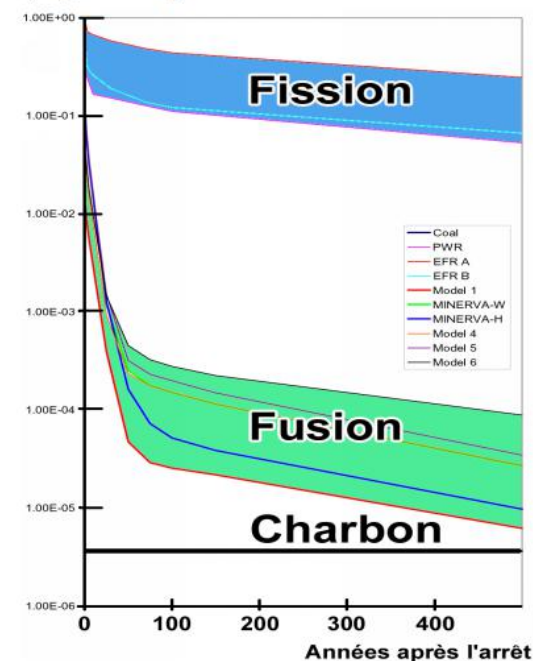
Energia imitando il Sole



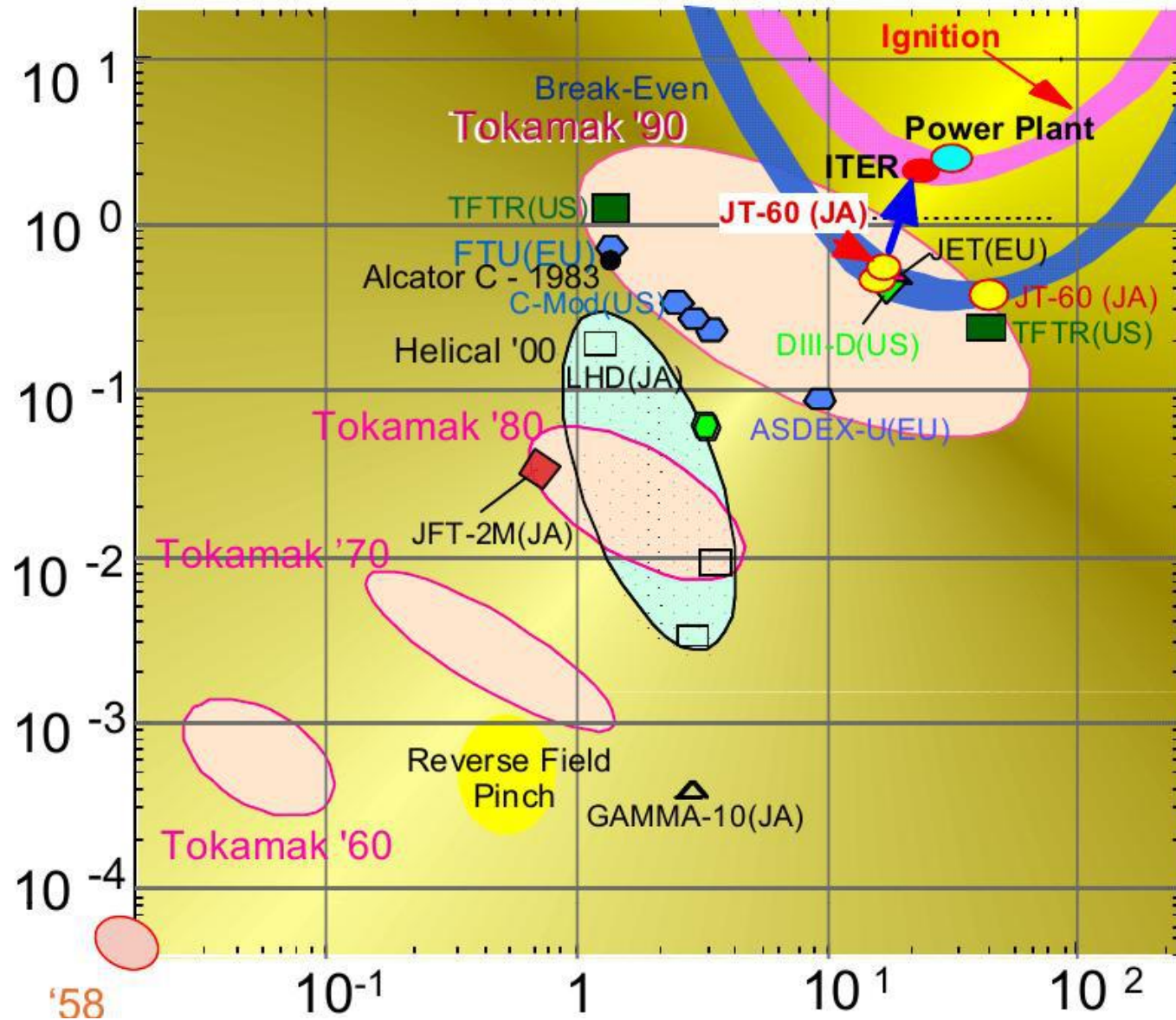
Materiali per Fusione

•Un reattore a fusione non produce scorie radioattive primarie. Il prodotto di reazione primario è costituito da nuclei di He, un gas poco reattivo, non tossico, esistente nell'atmosfera)

Radioattività relativa (ingestion)

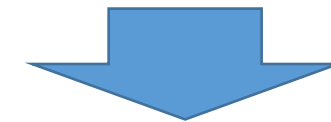


Materiali per Fusione



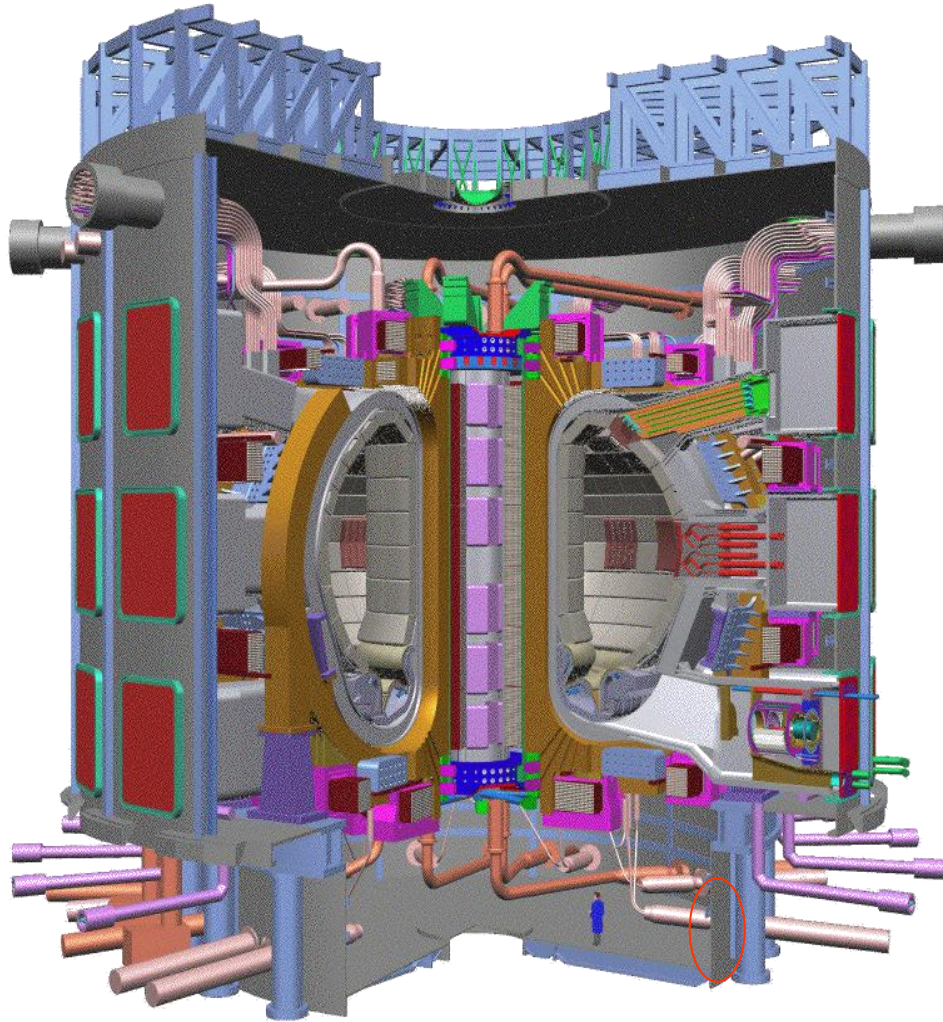
Dagli anni '60 gli sforzi per arrivare alla fusione termonucleare controllata sono stati molto importanti.

- decine di macchine costruite
- performance migliorate di un fattore 1 milione
- enorme sforzo economico del settore ricerca



Oggi siamo vicini ad un reattore con $Q=10$ cioè ad un reattore con fusione autosostenuta.

ITER



Plasma Volume: 840 m^3

$B_T = 5.3 \text{ T}$

$I_p = 15 \text{ MA}$

$T_p = 8.7 \text{ keV}$

$n_p = : 1.13 \cdot 10^{20} \text{ m}^{-3}$

$P_{in} = 50 \text{ MW}$

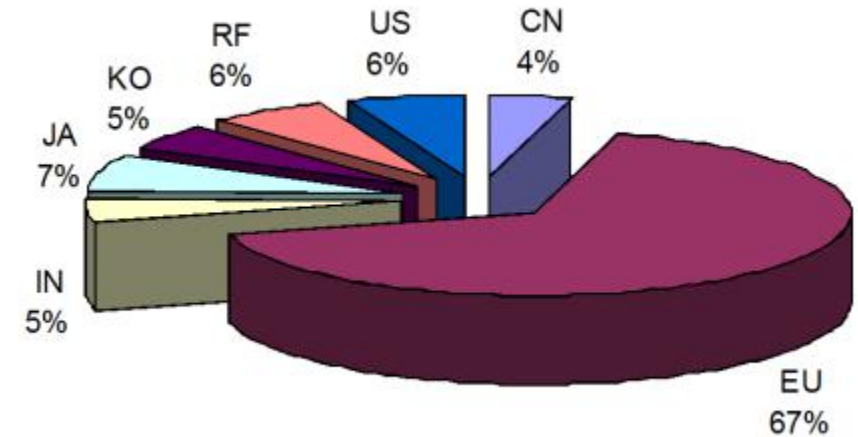
$t_E = 3.4 \text{ s}$

Pulse length = 300 s

Fusion Power: 500 MW

$Q = 10$

Materiali per Fusione

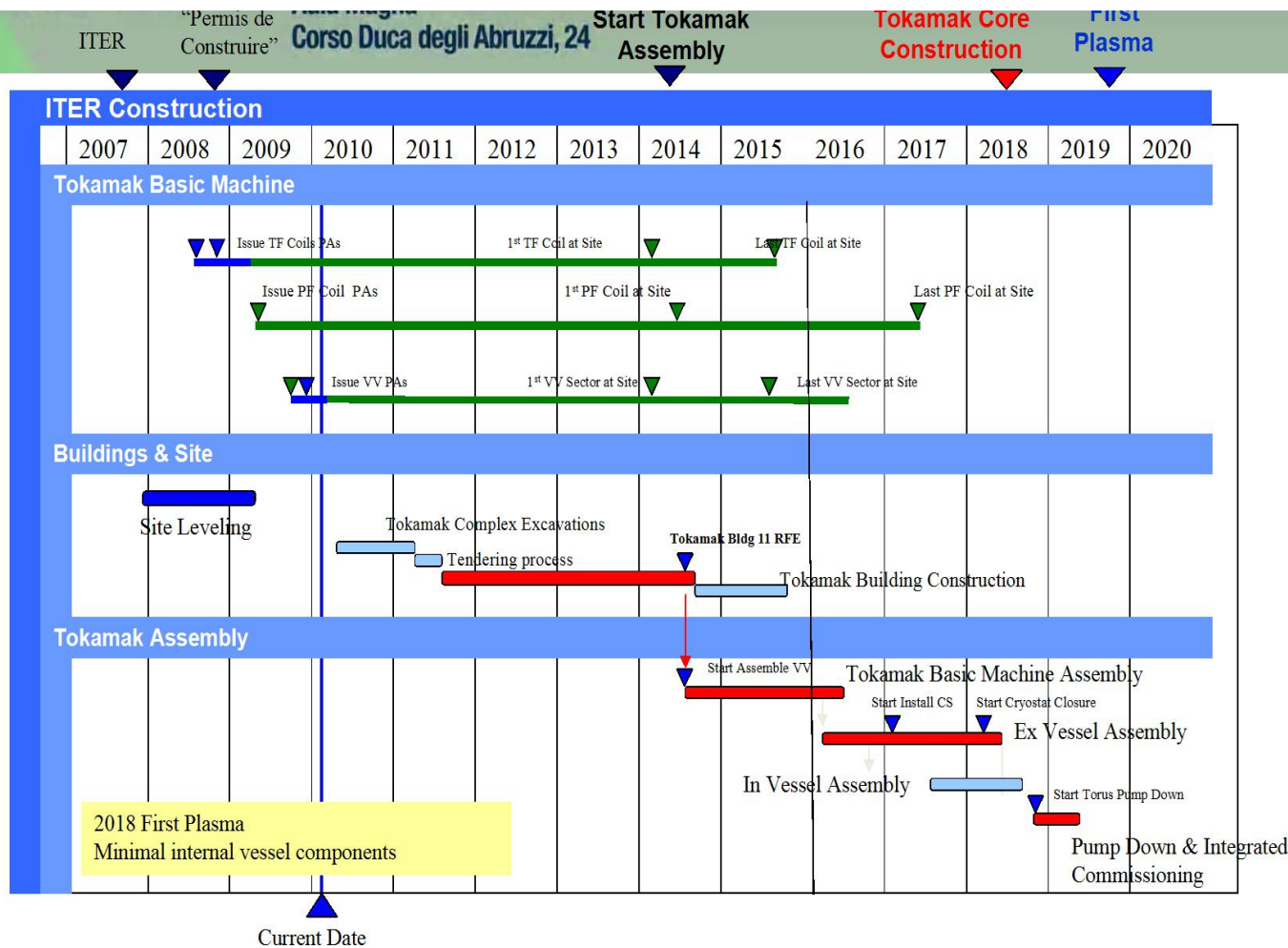


La costruzione della macchina ha una fortissima componente Europea e si trova a Cadarache (Francia) a 200 km dall'Italia.

Forte presenza dell'industria italiana

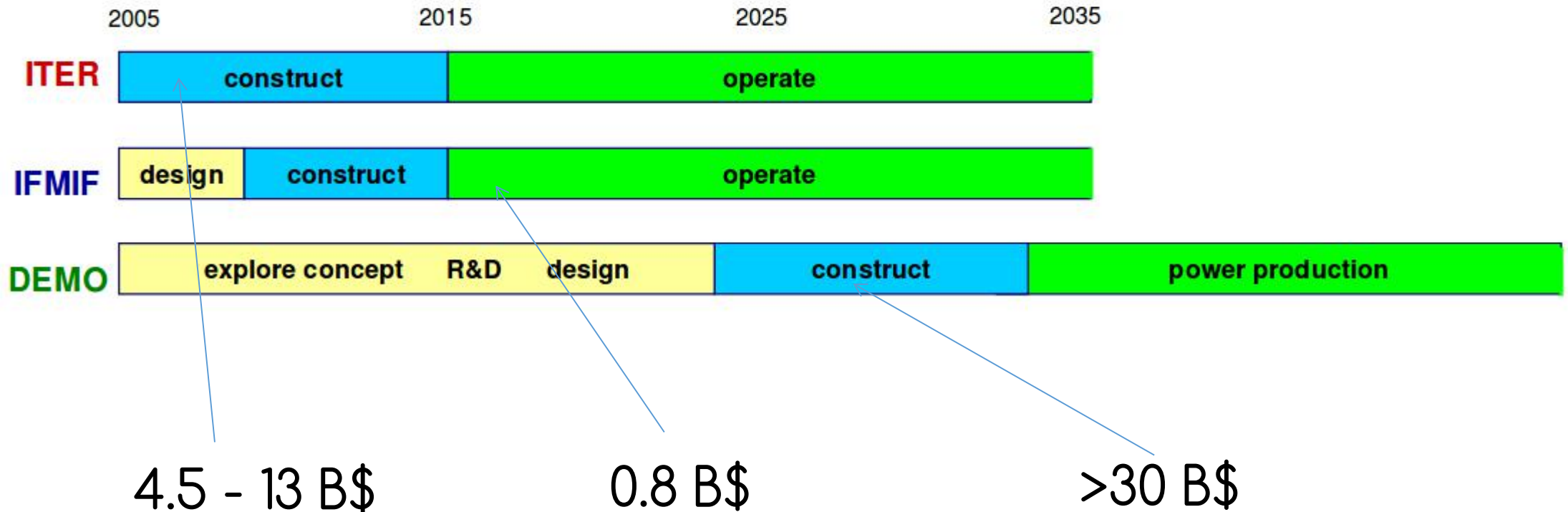
Ansaldo --> ASD superconductors

Materiali per Fusione



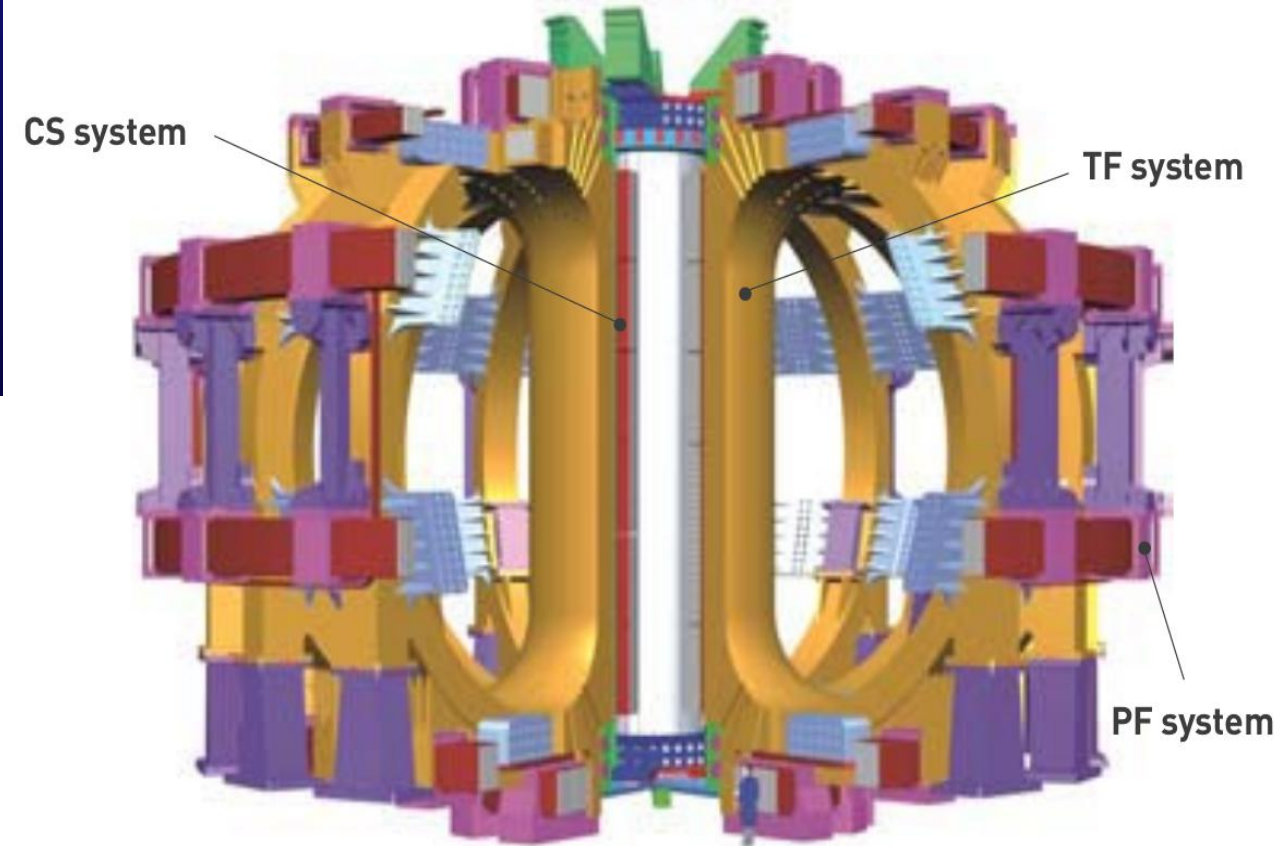
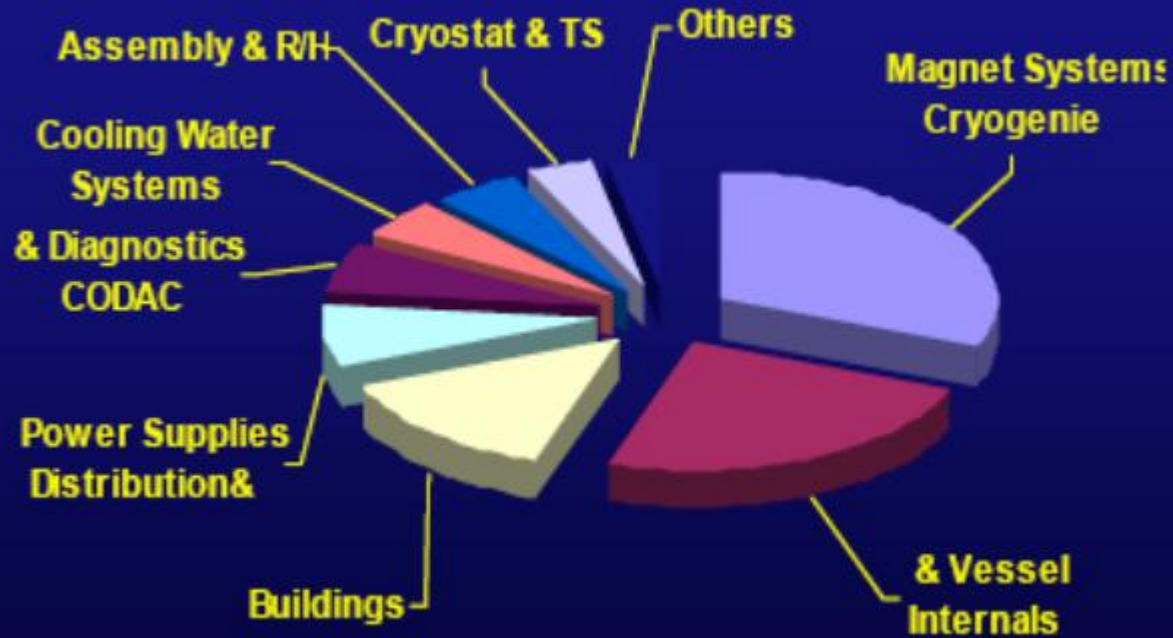
Con la costruzione di DEMO le commesse per l'industria in grado di produrre materiali tecnologici certificati crescerà

THE BROADER/FAST-TRACK APPROACH TO FUSION



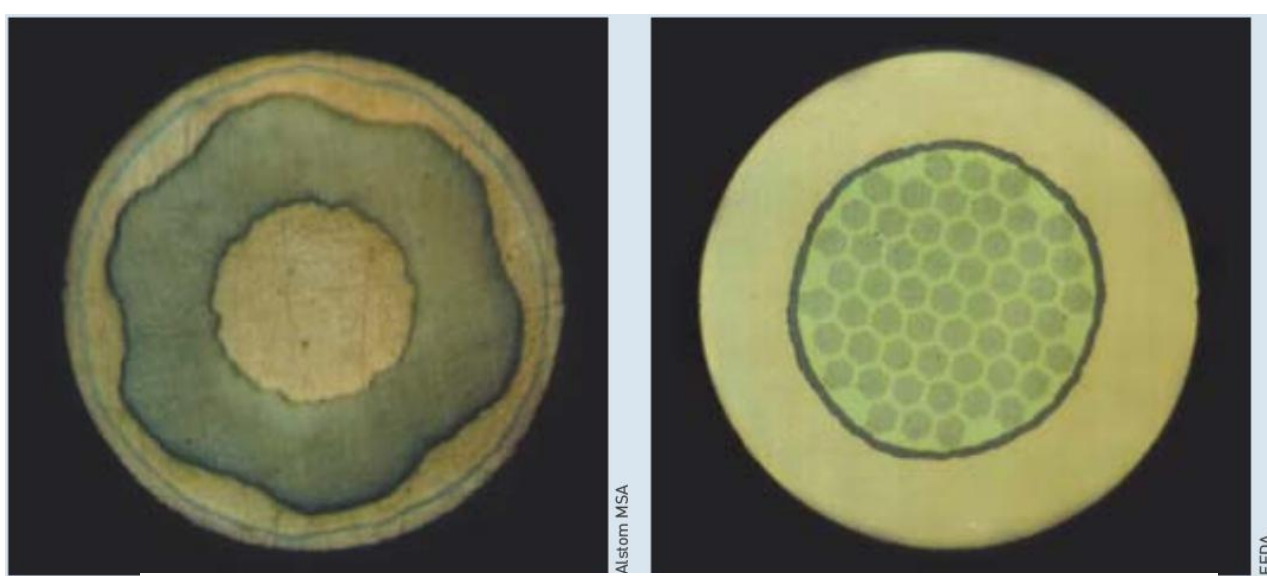
Mercato mondiale dell'energia > 1 T\$

Superconduttori per Fusione



I sistemi superconduttivi per la **produzione dei campi magnetici** poloidale, toroidale e centrale (e i sistemi di contenimento del plasma) sono le voci di **budget più importanti** di queste macchine.

Superconduttori per Fusione

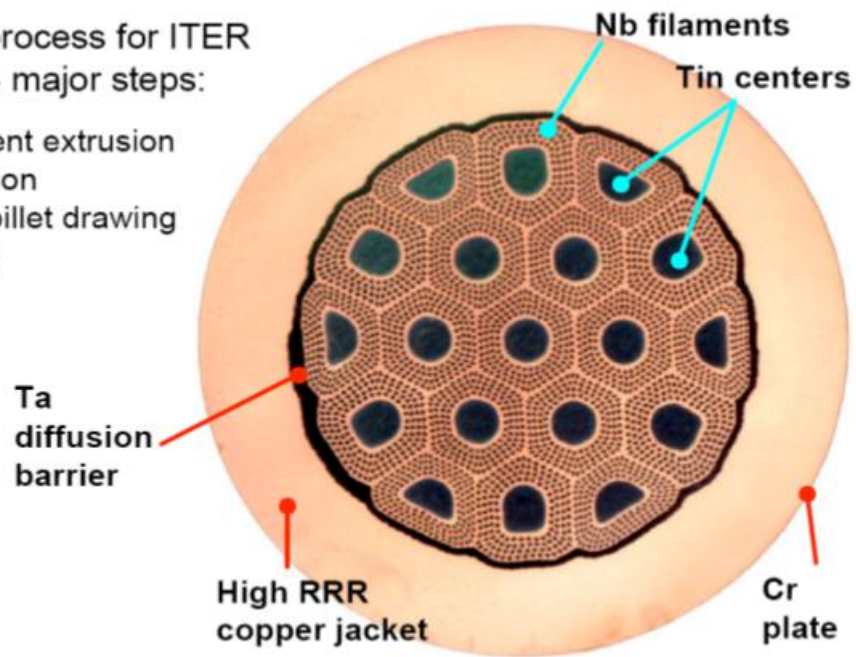


Alstom MSA

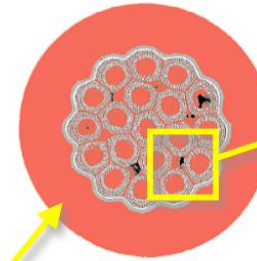
EFDA

Nb Internal tin process for ITER strand has 4 major steps:

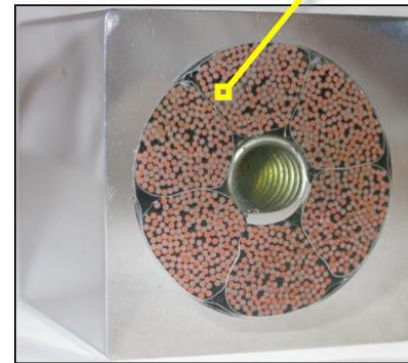
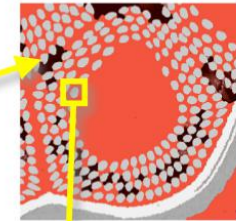
1. Subelement extrusion
2. Tin insertion
3. Restack billet drawing
4. Cr plating



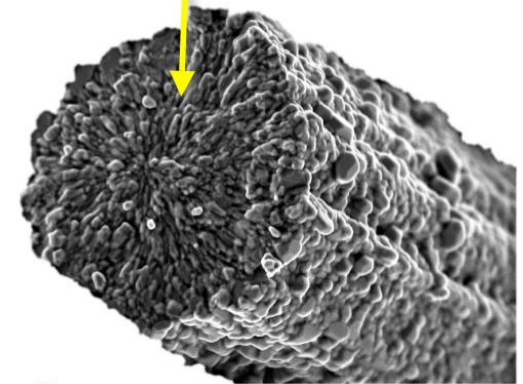
Strand
(0.81 mm diameter)



Sub-element Bundle



CICC
(50 mm x 50mm)

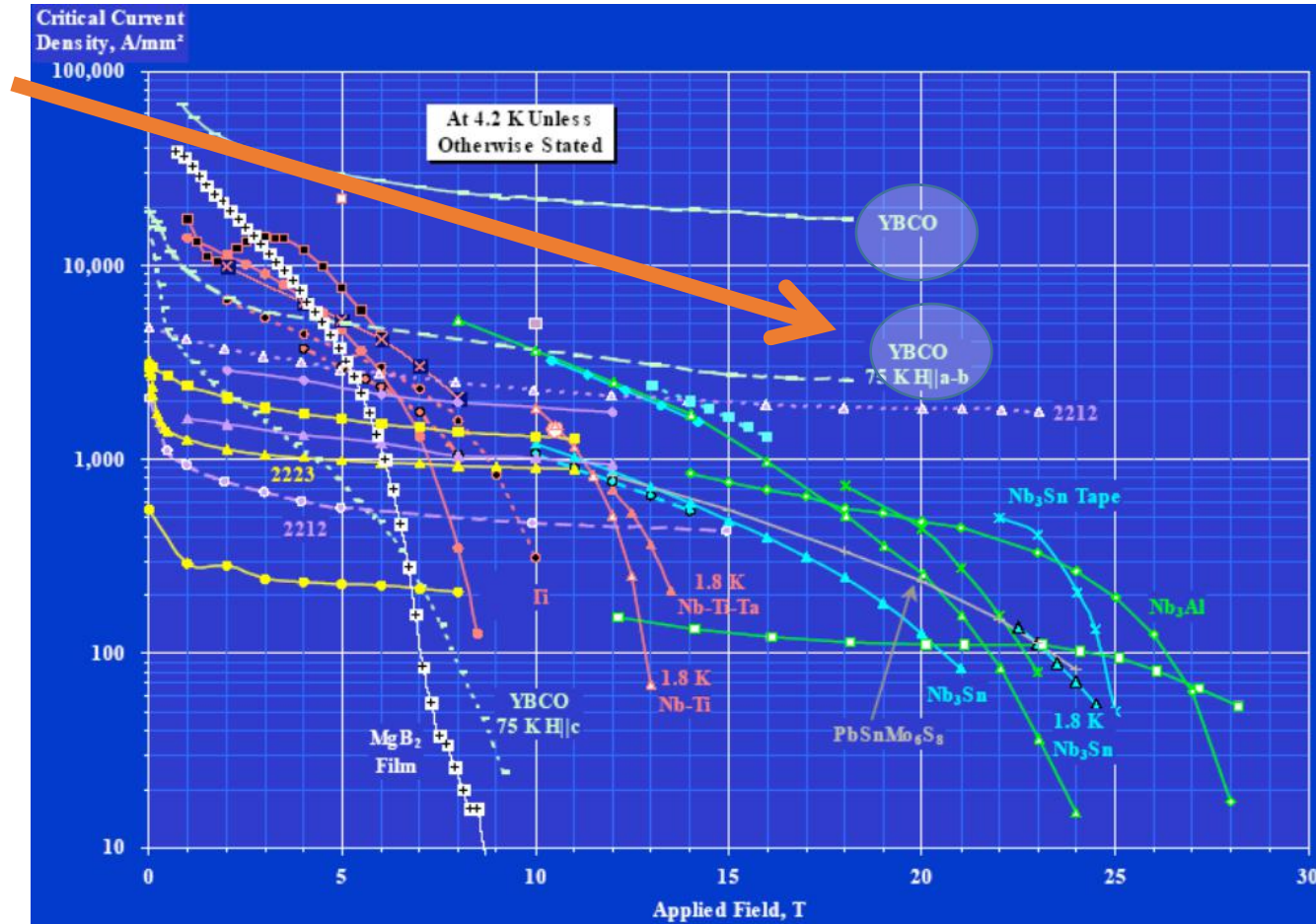
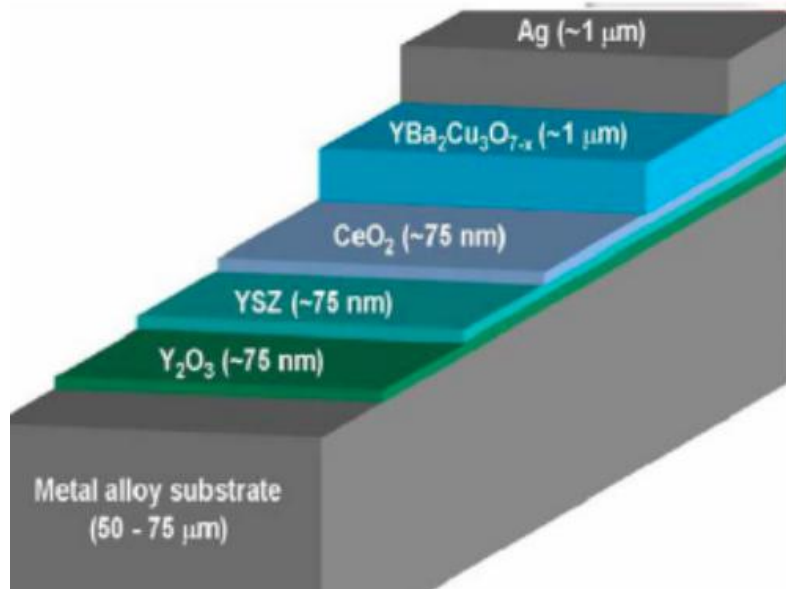


Superconducting Filament
(~3 μm diameter)

Ad oggi i superconduttori in uso lavorano a temperature tra gli 1.8 e i 5 K (-270 °C).

Superconduttori per Fusione

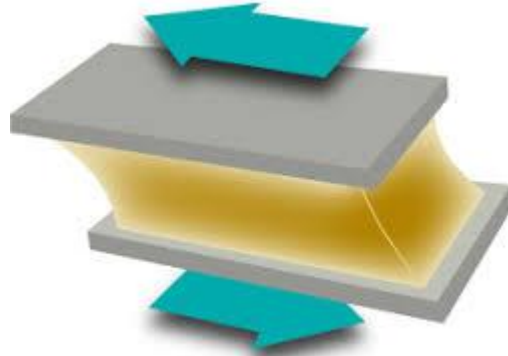
Alcuni superconduttori di nuova generazione YBCO mostrano proprietà superconduttive già a 77 K (-200 °C), temperatura dell'azoto liquido, molto più semplice da ottenere.



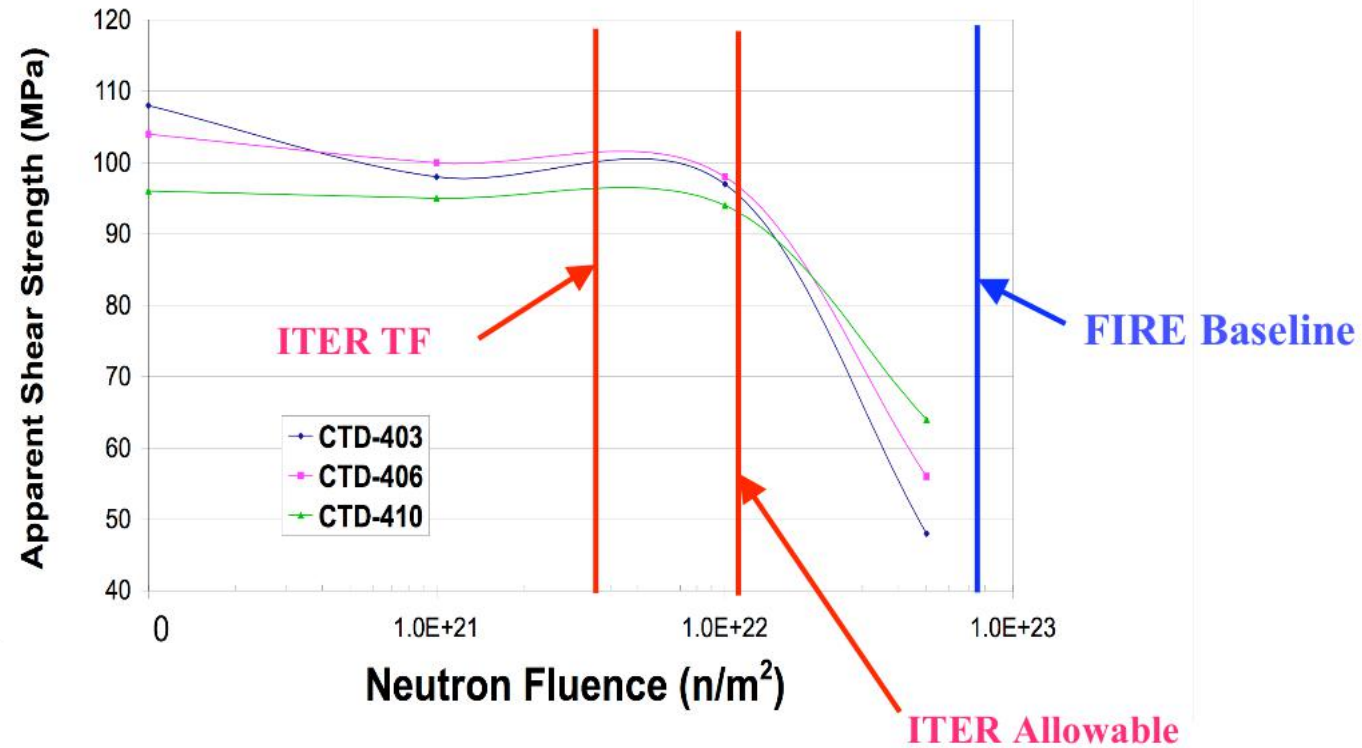
Quali proprietà sono fondamentali per questi materiali?

Superconduttori per Fusione

Resistenza al taglio (shear strength) --> altissimi campi magnetici

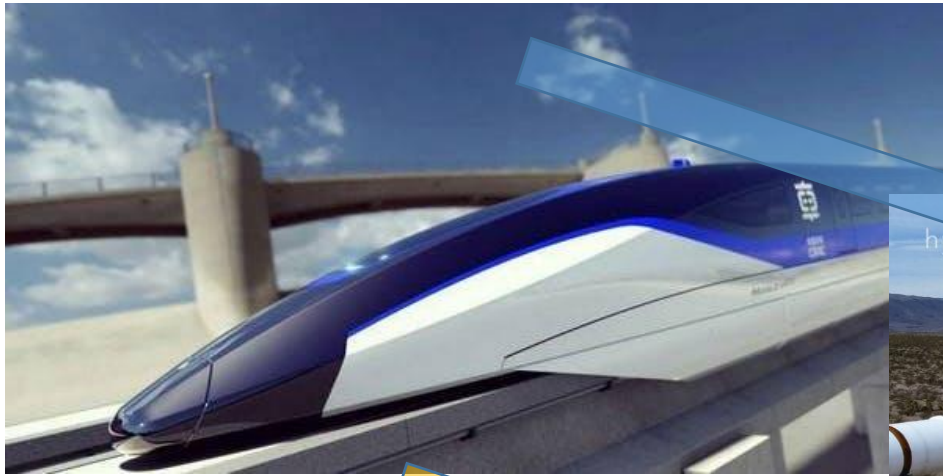


Resistenza alla radiazione (neutroni: Radiation hardness)
--> flussi di neutroni molto alti



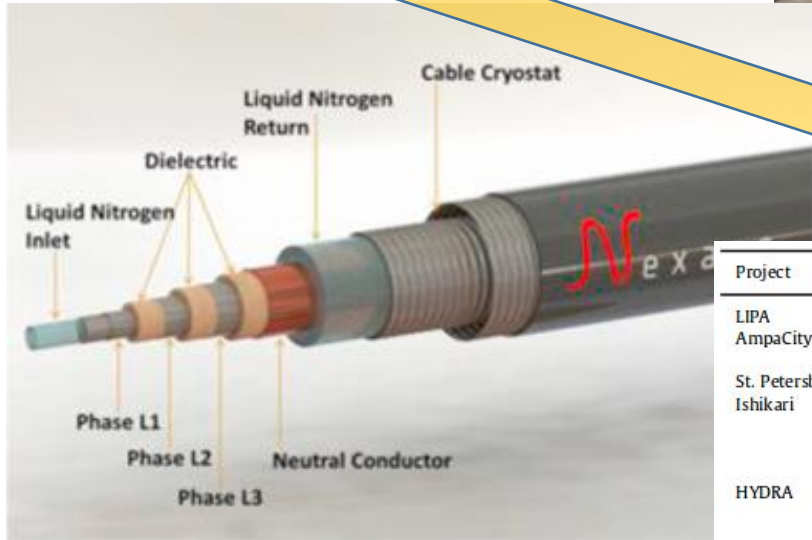
	Insulation	Superconductor
Near-term	10 ⁷ Gy x 50 MPa	1,000 A/mm ² (12 T, 4.2 K), 3 x 10 ²¹ n ^o /m ²
Long-term	10 ⁹ Gy x 500 MPa	1,000 A/mm ² (12 T, 77 K), 1.5 x 10 ²³ n ^o /m ²

Superconduttori



Trasporti a levitazione

Trasporto dell'energia



Project	Location	Length [km]	Capacity [MVA]	Schedule	Operator
LIPA	Long Island/USA	600	574 (138 kV AC, 2.4 kA)	In operation since 2008	LIPA
AmpaCity	Essen/Germany	1000	40 (10 kV AC, 2.3 kA)	Start of operation 01/2014	RWE
Amsterdam/NL	Amsterdam/NL	6000	250 (50 kV AC)	Proposed	Alliander
St. Petersburg Project	St. Petersburg/Russia	2500	50 (20 kV DC, 2.5 kA)	Start of operation 2015	FGC UES ^a
Ishikari	Ishikari/Japan	2000	100 (± 10 kV DC, 5 kA)	Start of construction spring 2014	City of Ishikari
	Icheon/Korea	100	154 (154 kV AC, 3.75 kA)	Operating since 11/2013	KEPCO ^b
	Jeju Island/Korea	1000	154 (154 kV AC, 3.75 kA)	Operation 2015	KEPCO
	Jeju Island/Korea	500	500 (80kV DC)	Operation 2014	KEPCO
HYDRA	Westchester county/USA	170	96 (13.8 kV AC/4 kA)	Start of construction early 2014	ConEdison
	Yokohama/Japan	250	200 (66 kV AC, 5kA)	Operation stopped December 2013, continuation planned with new high-performance refrigerator 2015.	TEPCO
REG ^f	China	360	13 (1.3 kV DC, 10 kA)	Operation since 2011	IEE CAS ^d
Tres Amigas	Chicago/US	5 km	to be specified	Planning since 2014	ComEd ^e
	New Mexico/US		750/5000	Postponed	Tres Amigas LLC

Materiali Radiation Hard

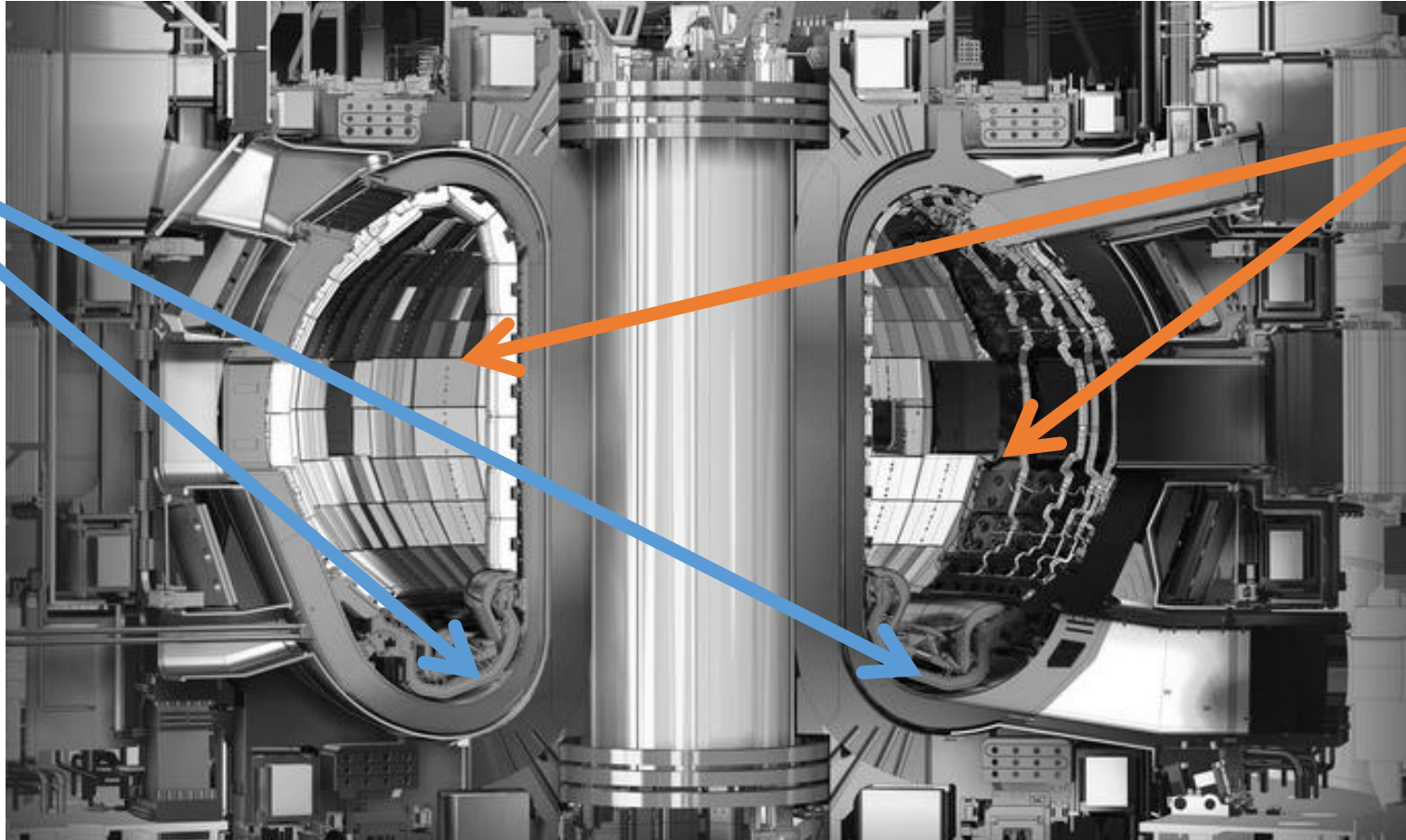
Divertor

20 MW/m²

Molibdeno
Silicio
Grafite

con

nanocopertura di
diamante



Blanket

carico termico:

700 MW

tungsteno/berillio

acciai speciali

Perchè un (C)RM è fondamentale in questo campo

Per i produttori di materiali ad alte prestazioni

- meccaniche
- termiche

in ambiente ad alta radiazione

la presenza di (C)RM è fondamentale, nello specifico per la definizione di proprietà

- > quantitative
- > riferibili

Nel caso portato ad esempio, relativo alle proprietà di **shearing strenght in funzione dell'esposizione alle radiazioni**, l'**omogeneità** del RM è condizione fondamentale in quanto

1. **disomogeneità strutturali** nelle macchine sono una causa caratteristica di **collasso** dell'intera struttura (vedi LHC)
2. spesso la dimensione delle forniture richiede l'appalto a **più fornitori**

Richiede l'uso di **facility con acceleratori**.

Materiale per nuove
tecnologie computazionali

QuBits e Diamanti

La storia dell'uomo è profondamente legata alla nascita di nuovi materiali e alle tecnologie connesse



Età della Pietra



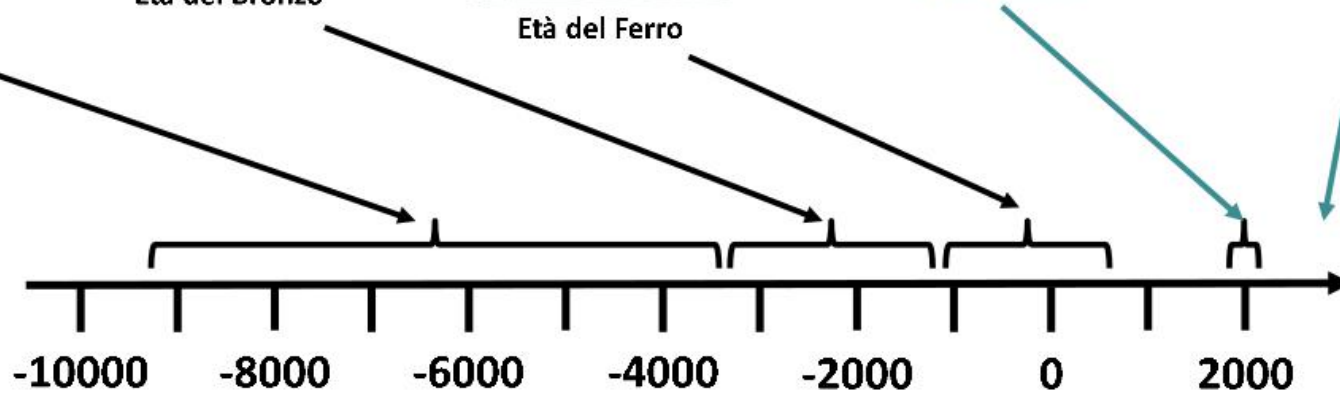
Età del Bronzo



Età del Ferro



"Età del Silicio"



Caccia-raccolta

Processi Produttivi

Informazione

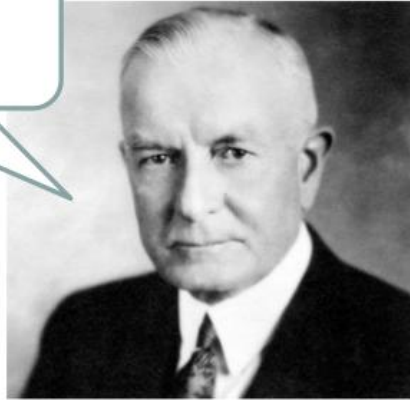
Senza dubbio la prossima rivoluzione è legata a materiali che permetteranno l'esplosione dell' **Intelligenza Artificiale**

Per chi volesse farsi un'idea di quello che sta accadendo, provate a fare googling su:

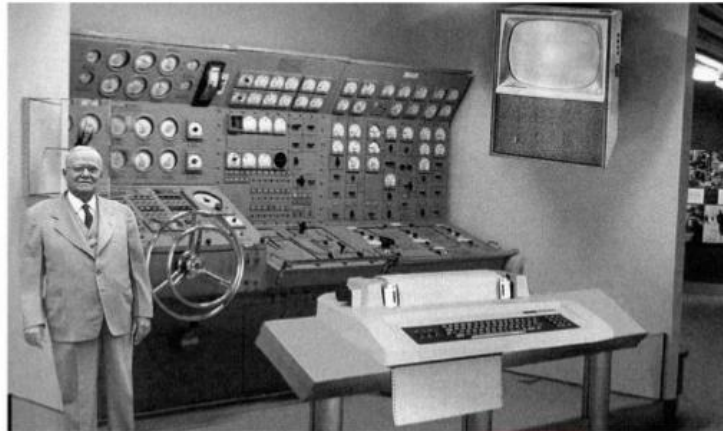
- machine learning
- google deepmind

Visioni di un lontano futuro

Credo che nel mondo ci sia mercato per circa 5 computers...



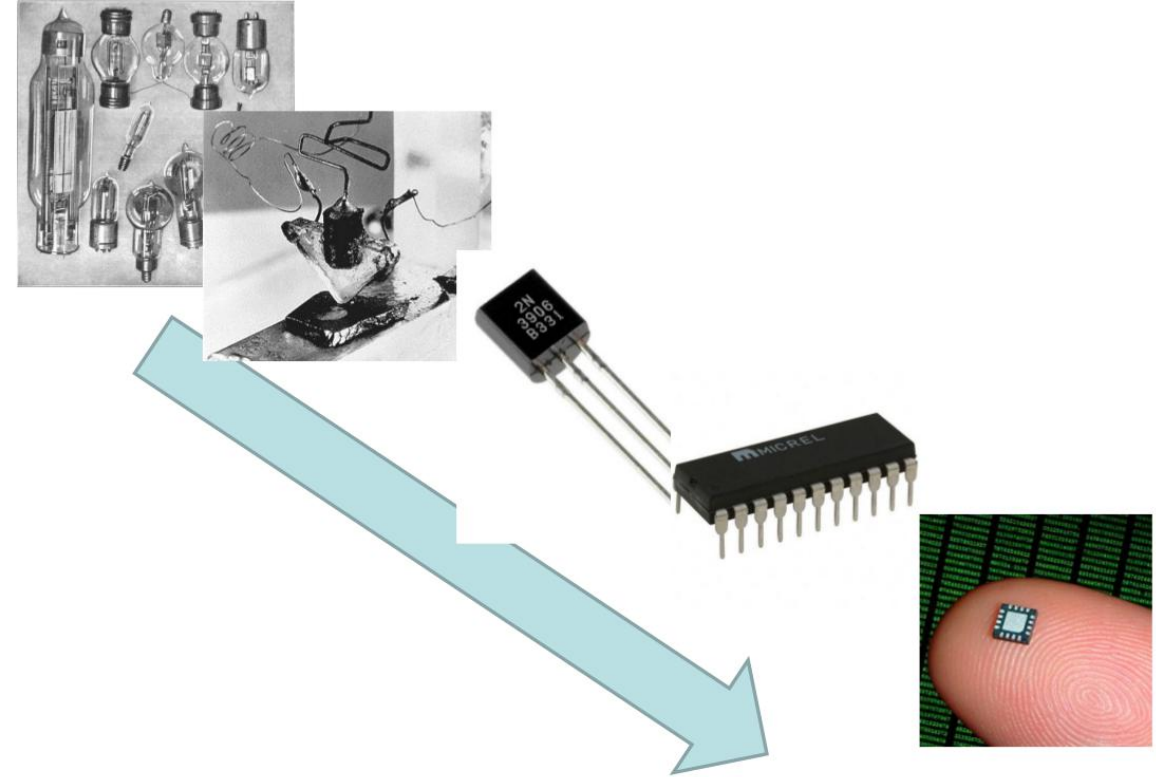
Thomas Watson, 1943
(Presidente dell'IBM)



Scientists from the RAND Corporation have created this model to illustrate how "home computer" could look like in the year 2004. However the needed technology will not be economically feasible for the average user until the scientists readily believe that the computer will require no yet invented technology to actually work, but 50 years from now scientific progress is expected to solve these problems. With teletype interface and the Fortran language, the computer will be easy to use and only

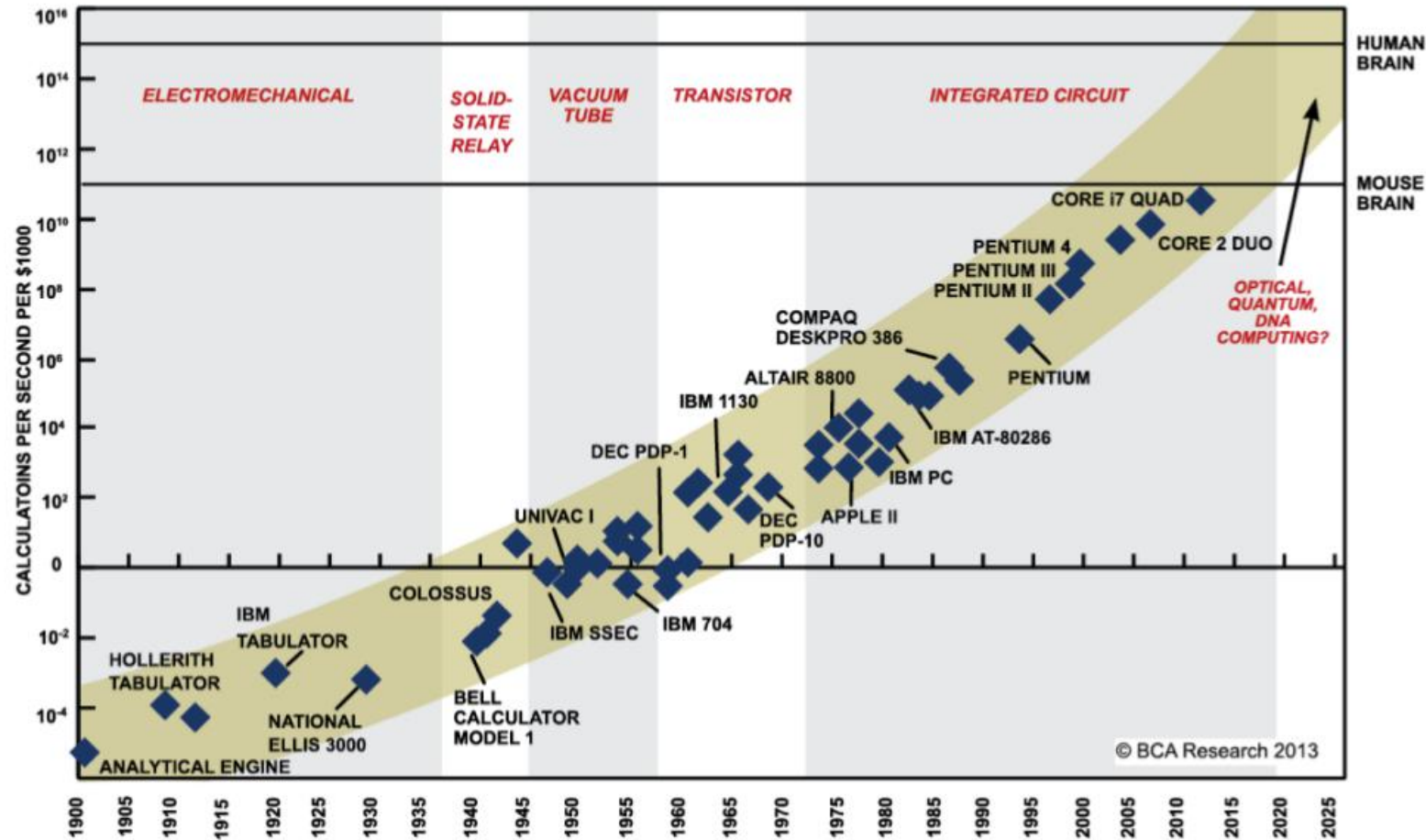


QuBits e Diamanti

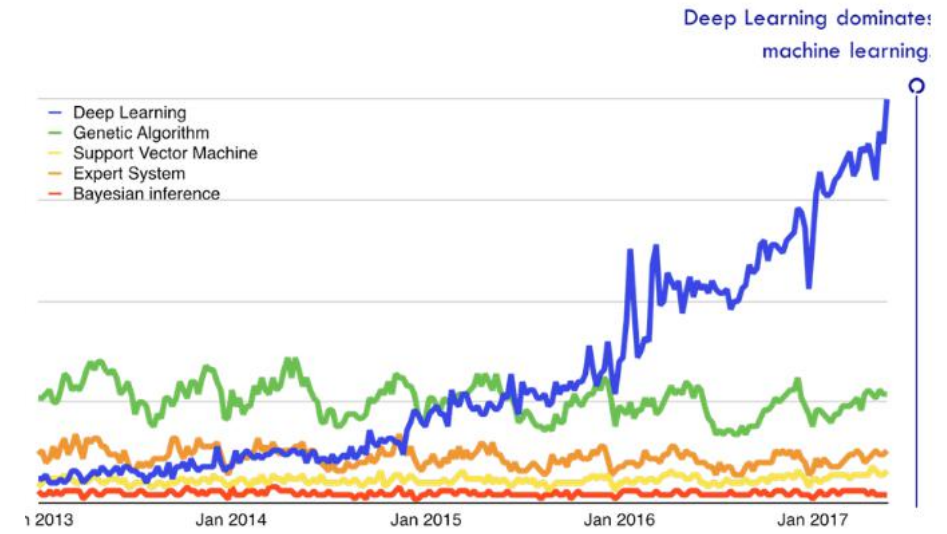


QuBits e Diamanti

Esiste una forte **correlazione** tra la prossima generazione di processori e le applicazioni dell'intelligenza artificiale



SOURCE: RAY KURZWEIL, "THE SINGULARITY IS NEAR: WHEN HUMANS TRANSCEND BIOLOGY", P.67, THE VIKING PRESS, 2006. DATAPPOINTS BETWEEN 2000 AND 2012 REPRESENT BCA ESTIMATES.



Attenzione da parte degli uffici governativi per la **sicurezza**

QuBits e Diamanti

The screenshot shows the NSA Central Security Service website. The header includes the agency name and the slogan "Defending Our Nation. Securing The Future." The navigation menu highlights "INFORMATION ASSURANCE". The article title is "Cryptography Today". The main text discusses the importance of cryptographic algorithms and mentions "plans for transitioning to quantum resistant algorithms." This phrase is highlighted in yellow in the original image. The breadcrumb trail is "Home > Information Assurance > Programs > NSA Suite B Cryptography".

Crescita del mercato degli investimenti

QuBits e Diamanti

IS QUANTUM COMPUTING SET FOR AN INVESTMENT BOOM?

September 3, 2015 Timothy Prickett Morgan

solving than conventional binary machines. D-Wave raised \$23.1 million in January from unknown investors, and has received a total of \$139 million in funding from a variety of investors, including investment bank Goldman Sachs, In-Q-Tel (the investment arm of the US Central Intelligence Agency), Bezos Expeditions (the investment arm of Amazon.com founder Jeff Bezos), and BDC Capital, Harris & Harris Group, and DFJ. While D-Wave has recently shipped a quantum

Tutti gli esperti e le aziende del settore sentono vicina la "singolarità"

Alphabet (Google)
IBM
Microsoft
DWave
Lockheed Martin
Nokia
.....

The UK National Quantum Technologies Programme

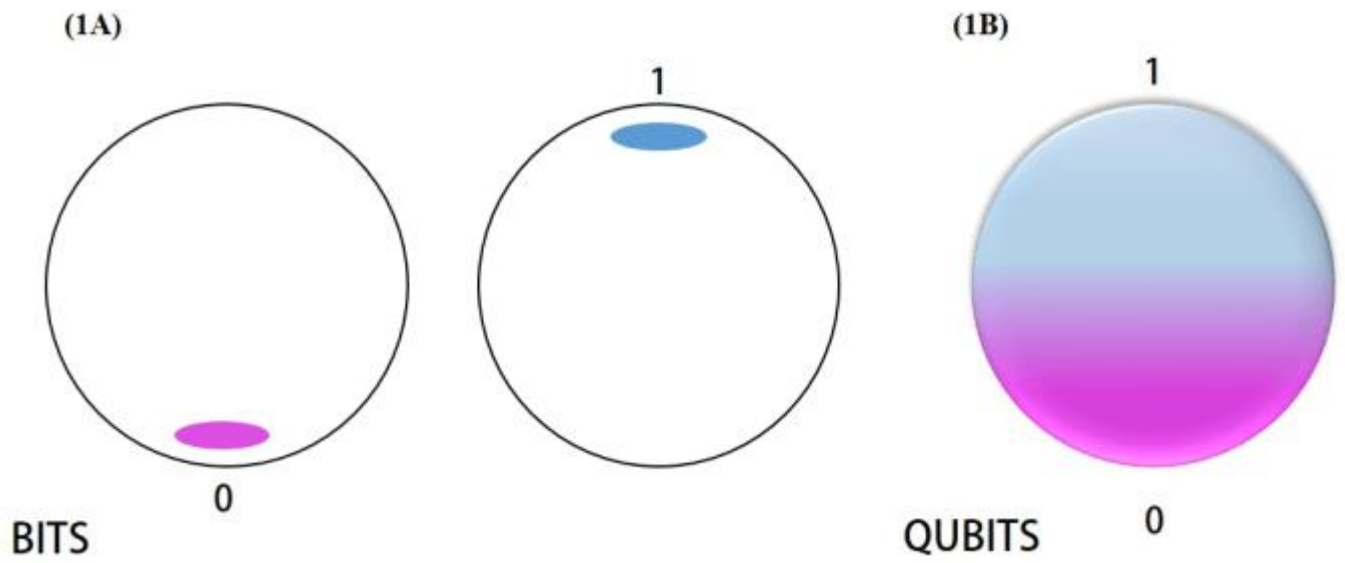


£270M

UK Government investment
in quantum

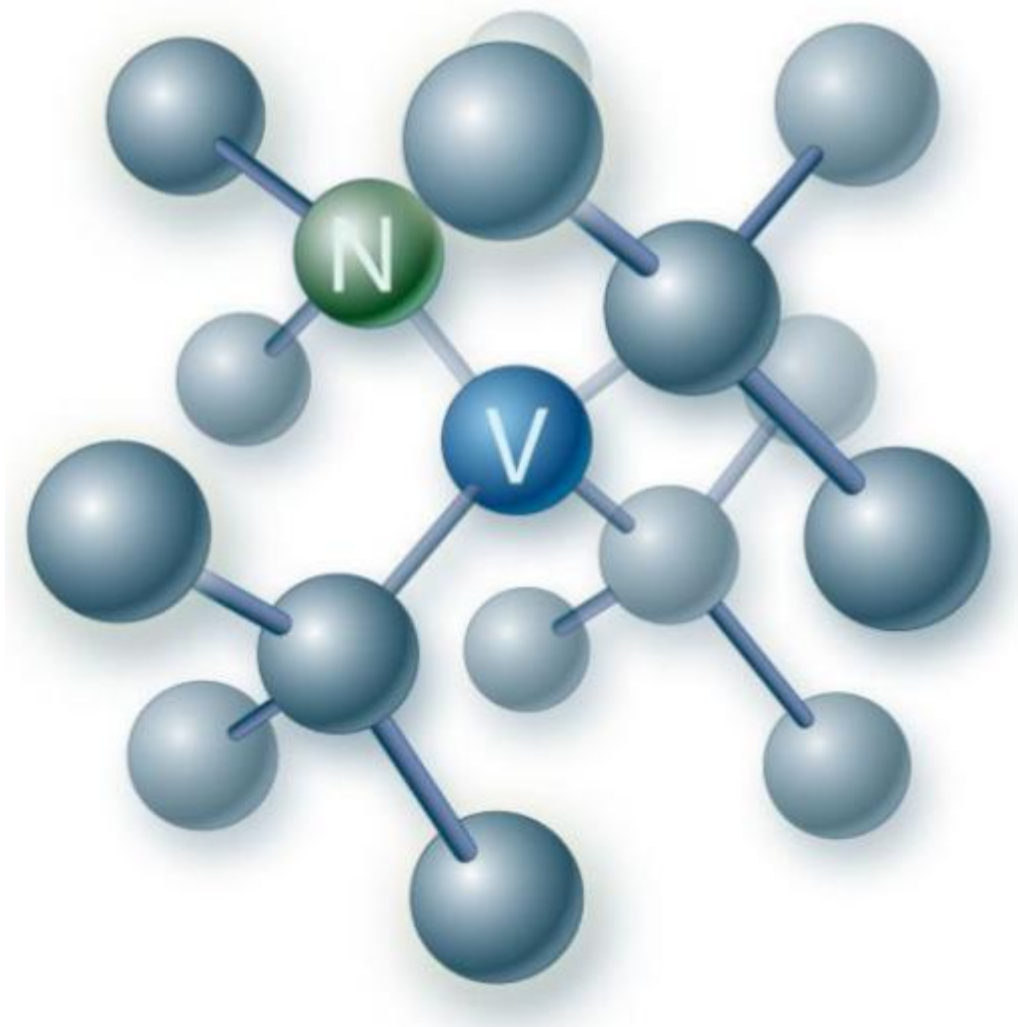
Come costruire una cella di memoria per un computer quantistico: il **quantum bit**

QuBits e Diamanti

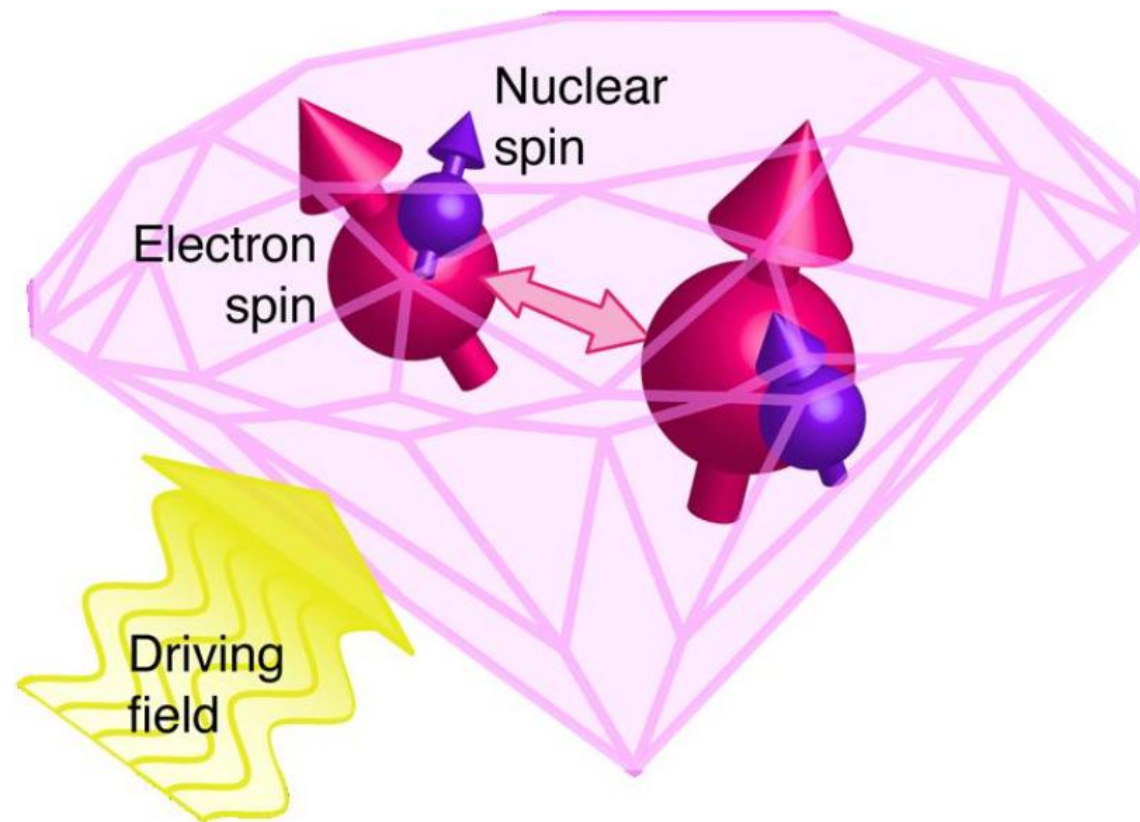


Una delle vie promettenti per la realizzazione di QuBits è la creazione di **"difetti"** nei diamanti

QuBits e Diamanti



Difetto Azoto-Buca

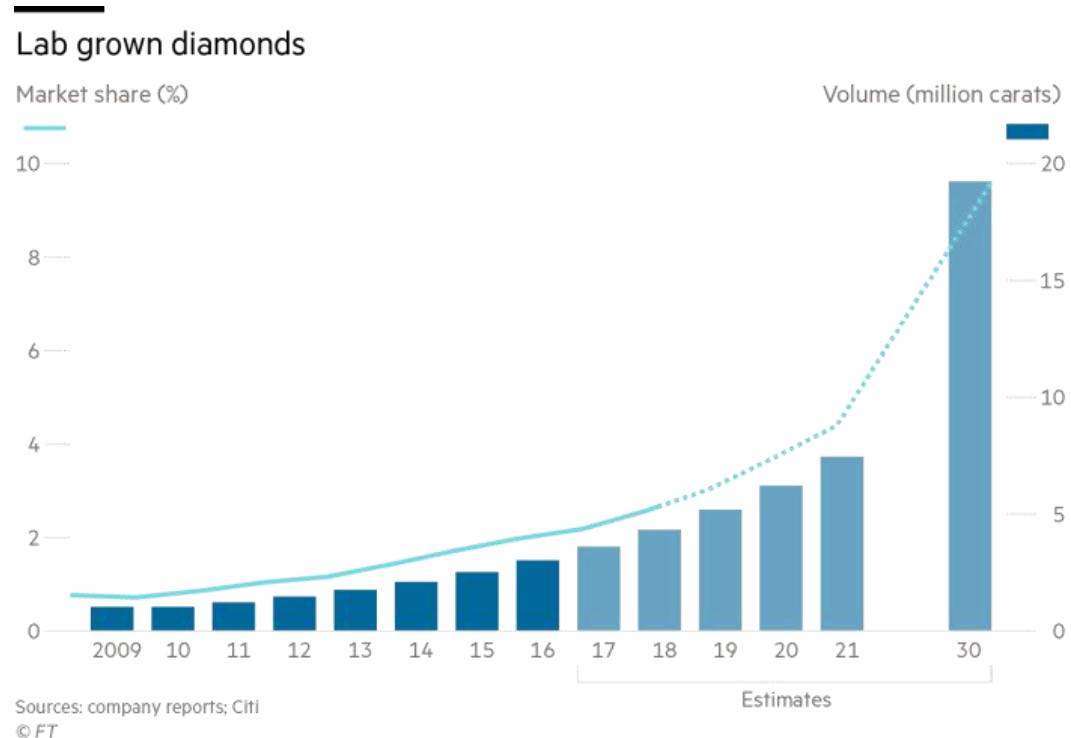


QuBits e Diamanti

(C)RM?



Il passaggio dall'**uso laboratoriale** nella ricerca alla **produzione industriale** di larga scala richiederà la nascita di (C)RM dedicati.



La crescita del mercato del diamante è esponenziale e guidata principalmente dalle **nuove applicazioni tecnologiche**.

Le proprietà principali, meccaniche ed estetiche (ottiche), sono soppiantate dalle proprietà ad alta tecnologia (**impianto di impurità**)

Conclusioni

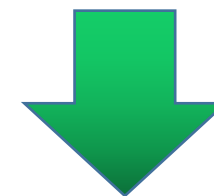
(C)RM necessari nel passaggio da utilizzo per la ricerca ad **uso industriale** su larga scala



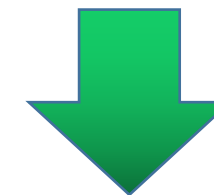
Le proprietà caratterizzanti dei nuovi materiali ad alto contenuto tecnologico sono strettamente connesse all'uso del materiale



Questo passaggio è evidente per alcuni di essi dalla variazione del trend di crescita sul mercato e dagli investimenti delle aziende leader nell'R&D delle tecnologie connesse



sono quindi imprescindibili per il suo impiego.



Gli RMP devono essere pronti per mantenere competitività sul mercato.

