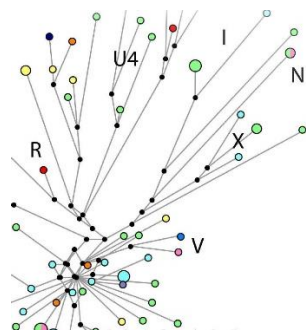




## Rapporti Tecnici INAF INAF Technical Reports

<b>Number</b>	212
<b>Publication Year</b>	2022
<b>Acceptance in OA@INAF</b>	2022-12-20T11:43:35Z
<b>Title</b>	Misure isotopiche
<b>Authors</b>	SCHIAVONE, Filomena
<b>Affiliation of first author</b>	OAS Bologna
<b>Handle</b>	<a href="http://hdl.handle.net/20.500.12386/32785">http://hdl.handle.net/20.500.12386/32785</a> , <a href="https://doi.org/10.20371/INAF/TechRep/212">https://doi.org/10.20371/INAF/TechRep/212</a>

## Misure isotopiche eseguite con spettrometria gamma



Questo lavoro rendiconta le attività delle sorgenti di taratura esaminate, ricavate dalle misure eseguite con spettrometria gamma presso i laboratori CNR nel settembre 2020 e che risultano sostanzialmente consistenti con i valori nominali attesi.

Filomena Schiavone”, Sonia Albertazzi \*, Luciano Lembo §

“INAF OAS

\*CNR ISMAR Istituto di Scienze Marine

§Nuclear Services

## Elenco degli acronimi

CNR	Consiglio Nazionale delle Ricerche
DL	Datore di Lavoro
EQ	Esperto Qualificato
GEM	Rivelatore ORTEC GEM 45190
GEM X	Rivelatore ORTEC GMX 40220
IAEA	Internationale Atomic Energy Agency
ISMAR	Istituto di Scienze Marine
RWL	Recommended Weight Limit
WL	Working Life

## Sommario

<i>Introduzione e scopo del documento</i> .....	3
<i>Misure isotopiche presso CNR ISMAR</i> .....	4
<i>Conclusioni</i> .....	26
Smaltimento .....	27
Acquisto nuove sorgenti.....	28
Smear test.....	28
Miglioramento dell'archivio .....	28
Allegato 1.....	

## Documenti di riferimento

D.Lgs. 101/2020  
GammaVision Nuclide Library OAS.Lib  
Relazione Periodica EQ 12 luglio 2019  
Norme Interne di Radioprotezione e Sicurezza 2018      Rapporto Tecnico INAF OAS n. 10, 2018  
Gestione\_Banca Sorgenti      Rapporto Tecnico INAF IASF BO n. 699, 2017

## Premessa

Il presente documento recepisce il suggerimento del 12 luglio 2019 dell'Esperto Qualificato OAS relativo alla possibilità di prevedere lo smaltimento attraverso ditta autorizzata delle sorgenti di taratura decadute, con bassissima attività residua e non più utilizzate a causa della loro inefficienza radiologica.

Questo anche alla luce della necessità di elaborare un'istanza di nulla osta di Cat.B di cui all'art. 50 per le sorgenti di taratura detenute, al fine di tutelare l'Osservatorio per il possibile stato di inadempienza autorizzativa conseguente alle nuove disposizioni di legge stabilite per le attività di "ricerca" dal c.2 lett. b) dell'art. 50 del recente D.Lgs. 101/2020 relative alla detenzione delle sorgenti n. 17 e n. 18 non notificate agli enti vigilanti alla data dell'acquisto.



### Introduzione e scopo del documento

La Struttura INAF OAS di Bologna fruisce di una serie di sorgenti radioattive “sigillate”, utilizzate per la messa a punto e la taratura dei propri sistemi di rivelazione delle radiazioni.

Di seguito è riportato l’elenco completo delle sorgenti detenute al momento della stesura del documento, con specificazione, per ciascuna di esse, dell’attività, delle caratteristiche fondamentali, del numero interno di identificazione e dell’attività al 24-9-19.

Ai fini di quanto in Premessa e nell’ambito di un progetto di

smaltimento, è stato fondamentale il reperimento dei certificati di origine di tutte le sorgenti radioattive detenute da OAS per la valutazione della radiazione residua.



Purtroppo la ricerca in archivio dei certificati forniti dal produttore non ha dato esito positivo e ne sono stati rintracciati solo 5 su 18.

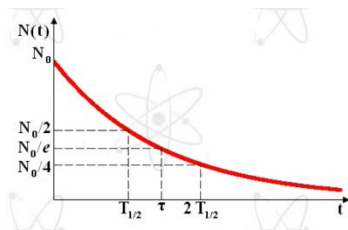
Radionuclide	Bq	kBq	Cod-interno	Data Riferimento
Am-241	383748	384	01	31/12/1982
Co-60	16000	16	02	31/12/1982
Am-241	349608	350	03	01/05/1984
Cs-137	1570647	1571	04	15/10/1984
Cs-137	166520	167	05	30/11/1984
Fe-55	125771	126	06	30/05/1985
Ba-133	122193	122	07	11/05/1990
Na-22	2649	3	08	01/07/1992
Co57	0,02	0,00	09	15/06/1997
Co 57	0,16	0,00	10	07/01/1999
Co57	0,17	0,00	11	10/02/1999
Y-88	0,00	0,00	12	20/03/2000
Co-57	1,4	0,00	13	10/08/2000
Co-57 (*)	5,8	0,0	14	01/03/2002
Co-57 (*)	49,2	0,0	15	15/06/2004
Cd-109 (*)	21926,7	21,9	16	15/06/2004
Cd-109 (*)	37660712,6	37660,7	17	17/10/2017
Co-57 (*)	16908337,0	16908,3	18	22/02/2018

**Tab. 1** Elenco completo delle sorgenti radioattive solide sigillate in possesso dell’Istituto

- (\*) sorgenti con certificati di origine

Scopo di questo report è stato di valutare le procedure da seguire, ai fini dello smaltimento, per le sorgenti detenute prive di certificato (13 su 18).

Si è resa necessaria, in mancanza dei certificati di origine, la valutazione dell'attività sia per le sorgenti decadute che quelle ancora da utilizzare. Sono stati vagliati due possibili percorsi:



1-certificazione di ogni singolo radionuclide in temine di attività e tipo di radionuclide presso un centro esterno certificato

2-realizzazione in collaborazione con i colleghi CNR ISMAR, dotati di strumentazione idonea, della valutazione dell'attività di tutte le sorgenti senza certificato.

La prima ha evidenziato costi onerosi e limiti normativi da parte delle ditte smaltatrici contattate che, di norma, richiedono obbligatoriamente la certificazione iniziale.

Si è deciso quindi di perseguire il secondo approccio che, a valle della campagna di misure di seguito illustrata, ha permesso all'Esperto Qualificato di stilare un elenco di sorgenti corredato dalle rispettive attività (Tab. 4) e di confrontare i valori determinati con lo storico del Registro di Radioprotezione OAS in dotazione all'Istituto sin dalla sua fondazione. Si è così verificato che le sorgenti da smaltire, considerata la loro bassa attività ed il loro storico annotato sui Registri, potrebbero essere ritirate dalla ditta smaltitrice in un'unica soluzione. In questo caso, non sarebbe necessario caratterizzare tutte le sorgenti, tenuto anche conto che alcune sorgenti di Co57 o Y88 sarebbero impossibili da caratterizzare per la loro attività sostanzialmente nulla. In allegato 1 una sintesi dei desiderata redatta dall'EQ.

Radionuclide	Bq	kBq	Cod-interno
Am-241	383748	384	01
Am-241	349608	350	03
Ba-133	122193	122	07
Cs-137	1570647	1571	04
Cs-137	166520	167	05
Fe-55	125771	126	06
Na-22	2649	2,6	08

**Tab. 2** Sorgenti solide sigillate caratterizzate tramite spettrometria gamma - Attività al 24-9-19

Radionuclide	Bq	Cod-interno
Co-60	16000	02
Co-57	0,02	09
Co-57	0,16	10
Co-57	0,17	11
Co-57	1,4	13
Co-57	5,8	14
Co-57	49,2	15
Y-88	0,00	12

**Tab. 3** Sorgenti solide sigillate da smaltire- Attività al 24-9-19

Di seguito il Report con i risultati delle misure del lotto di sorgenti da smaltire (Tab. 3) e di quello delle sorgenti non esauste che si intende ancora utilizzare (Tab. 2) e senza certificato, il logbook delle misure e le librerie utilizzate. Il setup di misura in cui si è operato è configurato per campioni di sedimenti marini e le librerie energetiche utilizzate nelle analisi, anche se modificate, sono ottimizzate sulle righe energetiche dei "naturali" e non degli "artificiali".



*Misure isotopiche presso CNR ISMAR*

## MISURE SORGENTI OAS

Il laboratorio di Radiometria dell'Istituto di Scienze Marine (ISMAR) del CNR, sede di Bologna ha come obiettivo principale l'analisi di radionuclidi, sia naturali che artificiali, presenti nei sedimenti e nel materiale particellato. Lo scopo è quello di calcolare cronologie degli strati sedimentari, tassi di accumulo, flussi e velocità di processi marini attraverso l'uso di traccianti radioattivi. A tal fine si utilizzano sia radionuclidi gamma emettitori artificiali ( $^{137}\text{Cs}$ ) e naturali ( $^7\text{Be}$ ,  $^{234}\text{Th}$ ,  $^{210}\text{Pb}$ ) che radionuclidi alfa emettitori naturali ( $^{210}\text{Po}$ ,  $^{230}\text{Th}$ ,  $^{238}\text{U}$ ).

Il laboratorio è dotato di 2 rivelatori gamma, di 8 rivelatori alfa e di 1 rivelatore beta. Il laboratorio funziona ininterrottamente 24 ore su 24, per 365 giorni l'anno.

Nel laboratorio di radiometria, la misura per spettrometria gamma è effettuata mediante due rivelatori: uno coassiale ORTEC EG&G al germanio intrinseco, modello GMX-20195 che permette di evidenziare emettitori di basse energie (da circa 40 keV), un secondo analogo rivelatore al germanio intrinseco, modello GEM-20200, che non risolvendo le basse energie, è impiegato principalmente per la determinazione di radionuclidi con emissione di radiazione gamma sopra i 200 keV, entrambi i rivelatori sono collegati ad un sistema di spettrometria gamma integrato Modello DSPEC - Ortec.

L'analisi e la successiva lettura e calibrazione degli spettri forniti come output dai due strumenti, è effettuata tramite software Gammavision - Ortec.

*Nell'attività normale del laboratorio*, l'efficienza dei rivelatori è calcolata utilizzando sedimento tracciato con soluzioni standard multipicco (QCY58) posto in capsule con geometrie standard (ml 5-10-15-20), l'accuratezza delle analisi è controllata periodicamente con un sedimento certificato (IAEA 300 Baltic Sea Sediment).

La precisione e l'accuratezza ottenute sono state verificate con la partecipazione del laboratorio di radiometria dell'ISMAR di Bologna ad intercalibrazioni a livello internazionale, in particolare con l'IAEA (International Atomic Energy Agency – Analytic Quality Control Service) con ottimi risultati, variano a seconda della composizione del campione.

- Utilizzo libreria ad hoc OAS.LIB basandosi sulle energie dei radionuclidi consigliate dalla I.A.E.A (Update of X ray and gamma ray decay data standards for detector calibration and other applications - Volume 1 - Recommended decay data, high energy gamma ray standards and angular correlation coefficients – 2007)

- Specifiche tecniche setup sperimentale rivelatori soglie...
- Ogni campione è stato contato con tempi di misura variabili (da 15” a 85.000”) a seconda dell’attività del campione.
- Per alcuni problemi tecnici è risultato impossibile calcolare attività campioni con elaborazione automatica dello spettro, per cui molti spettri sono stati calcolati “manualmente”.
- Non avendo a disposizione un’efficienza per sorgenti puntiforme come i campioni abbiamo utilizzato le efficienze normalmente utilizzate in laboratorio per avere un’indicazione approssimativa della reale attività dei campioni.
- Vengono riportati gli spettri di ogni singolo campione per entrambi i rivelatori.
- Problemi fondo per misure lunghe... confronti spettri con naturali

### Note

Calcolo efficienza am-241 utilizzando camp. 03,

efficienza base (12 g sed.: 22.33%)

Setup strumentale: sorgenti a contatto non collimate

Fe-55 non determinabile in quanto beta puro

### STRUMENTAZIONE IMPIEGATA

Rivelatori: \* ORTEC GEM 45190 \* ORTEC GMX 40220

Materiale: HPGe (P type)

Materiale: HPGe (N type)

Geometria: Coassiale

Geometria: Coassiale

Endcup: Al 1,5mm

Endcup: Be 0,5mm

Efficienza Relativa (NaI): 49%

Efficienza Relativa (NaI): 43%

FWHM (1332,5 keV): 1,80 keV

FWHM (1332,5 keV): 2,10 keV

Rapporto P-to-C: 73:1

Rapporto P-to-C: 53:1

Elettronica di acquisizione:

Sistema di spettrometria ORTEC 92X

Sistema di spettrometria ORTEC DSPEC jr 2.0

Sorgenti utilizzate per la taratura:

Standard

***Materiale di riferimento utilizzato per la verifica in geometria equivalente e composizione chimica differente: Campione interconfronto IAEA-CU-2009-03 Sample 01 Moss-soil costituito da una miscela di marmo rosso e muschio in contenitore cilindrico 100 ml (densità 0,9 g/cm<sup>3</sup>).***

I risultati sono riportati nelle varie tabelle per ogni singola sorgente ma i valori sono approssimativi, in quanto affetti dall'utilizzo di un'efficienza non reale per la tipologia della sorgente. Le efficienze utilizzate si riferiscono a campioni di sedimento di 12 ml, posti in contenitori cilindrici del diametro di 7cm (circa) uguale a quello del rivelatore, mentre le sorgenti sono quasi puntiformi con diametro di 1 mm.

Ciò nonostante i valori ottenuti sono molto vicini a quelli ipotizzati all'origine.

La maggior parte delle sorgenti sono state misurate su entrambi i rivelatori (GEM e GMX), con tempi variabili di misura in funzione del contenuto in attività.

Sorgente n. 7 risulta un po' più bassa, ma dato l'elevato numero di energie gamma emesse dal Ba-133, occorrerà approfondire...

Nelle sorgenti di Co-57 è risultato presente anche il Co-60, e nelle sorgenti 13 e 14 trovate anche tracce di Cs-137.

INAF - Elenco completo delle sorgenti radioattive solide sigillate detenute

Radionuclide	Bq	kBq	Cod-interno	DataRiferimento
Am-241	383748	384	01	31/12/1982
Co-60	16000	16	02	31/12/1982
Am-241	349608	350	03	01/05/1984
Cs-137	1570647	1571	04	15/10/1984
Cs-137	166520	167	05	30/11/1984
Fe-55	125771	126	06	30/05/1985
Ba-133	122193	122	07	11/05/1990
Na-22	2649	3	08	01/07/1992
Co-57	0,02	0,00	09	15/06/1997
Co-57	0,16	0,00	10	07/01/1999
Co-57	0,17	0,00	11	10/02/1999
Y-88	0,00	0,00	12	20/03/2000
Co-57	1,4	0,00	13	10/08/2000
Co-57 (*)	5,8	0,0	14	01/03/2002
Co-57 (*)	49,2	0,0	15	15/06/2004
Cd-109 (*)	21926,7	21,9	16	15/06/2004
Cd-109 (*)	37660712,6	37660,7	17	17/10/2017
Co-57 (*)	16908337,0	16908,3	18	22/02/2018

Attività al 24-9-19

**(\*) SORGENTI CON CERTIFICATI ORIGINE**

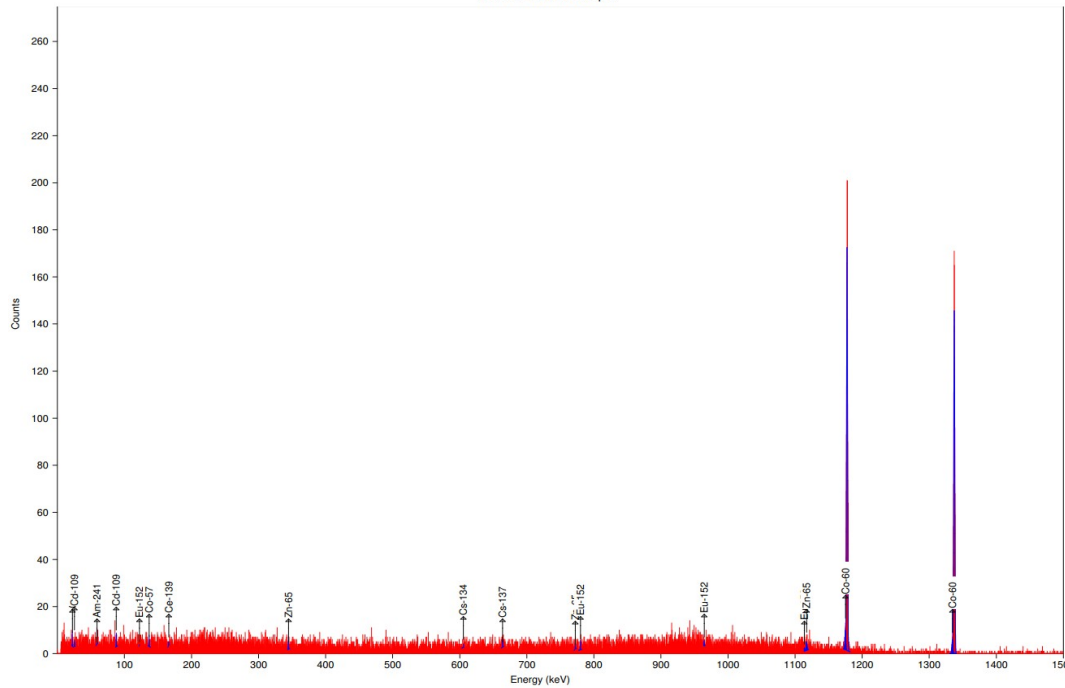
### Sorgenti sigillate da smaltire

<b>Radionuclide</b>	<b>Bq</b>	<b>Cod-interno</b>
<b>Co-60</b>	<b>16000</b>	02
<b>Co-57</b>	<b>0,02</b>	09
<b>Co-57</b>	<b>0,16</b>	10
<b>Co-57</b>	<b>0,17</b>	11
<b>Co-57</b>	<b>1,4</b>	13
<b>Co-57</b>	<b>5,8</b>	14
<b>Co-57</b>	<b>49,2</b>	15
<b>Y-88</b>	<b>0,00</b>	12

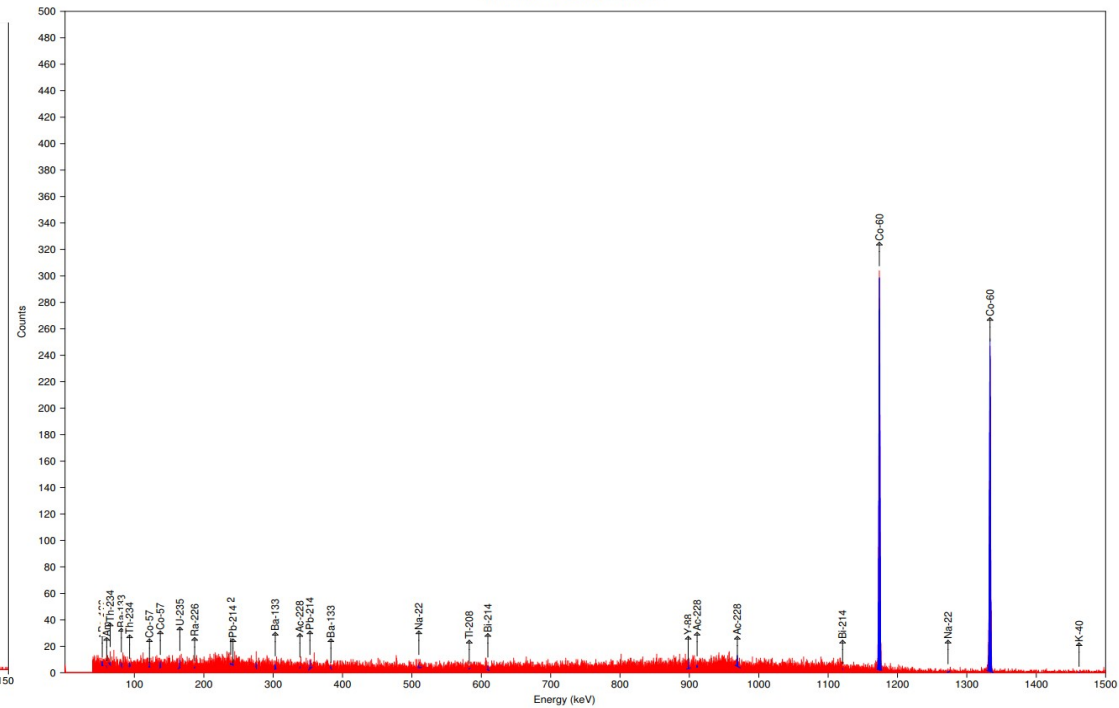
Attività al 24-9-19

Cod.	02	Nuclide	Co-60	Bq	16.000	al	24/09/2019									
						1173,228 keV			1332,492 keV							
Data misura	rivelatore	sec"	dead%	cps	colpi	+/-	Bq	+/-	FWHM	cps	colpi	+/-	Bq	+/-	FWHM	
21/10/2019	GMX	15	6,6	117	1.761	45	7.104	182	1,70	103	1.552	42	6.380	173	1,76	
	GMX	15	6,6	118	1.722	48	7.148	199	1,77	105	1.578	46	6.487	189	1,93	
	GMX	15	6,6	119	1.789	48	7.217	194	1,74	106	1.595	49	6.557	201	1,87	
	GEM	15	21,3	190	2.843	63	12.743	282	1,85	171	2.567	56	14.035	306	1,85	
	GEM	15	21,22	202	3.024	59	13.042	254	1,91	162	2.437	58	13.666	325	1,88	
	GEM	15	21,22	210	2.972	62	13.474	281	1,75	179	2.688	56	14.492	302	1,70	

GMX 2. Co-60-023.Spc.

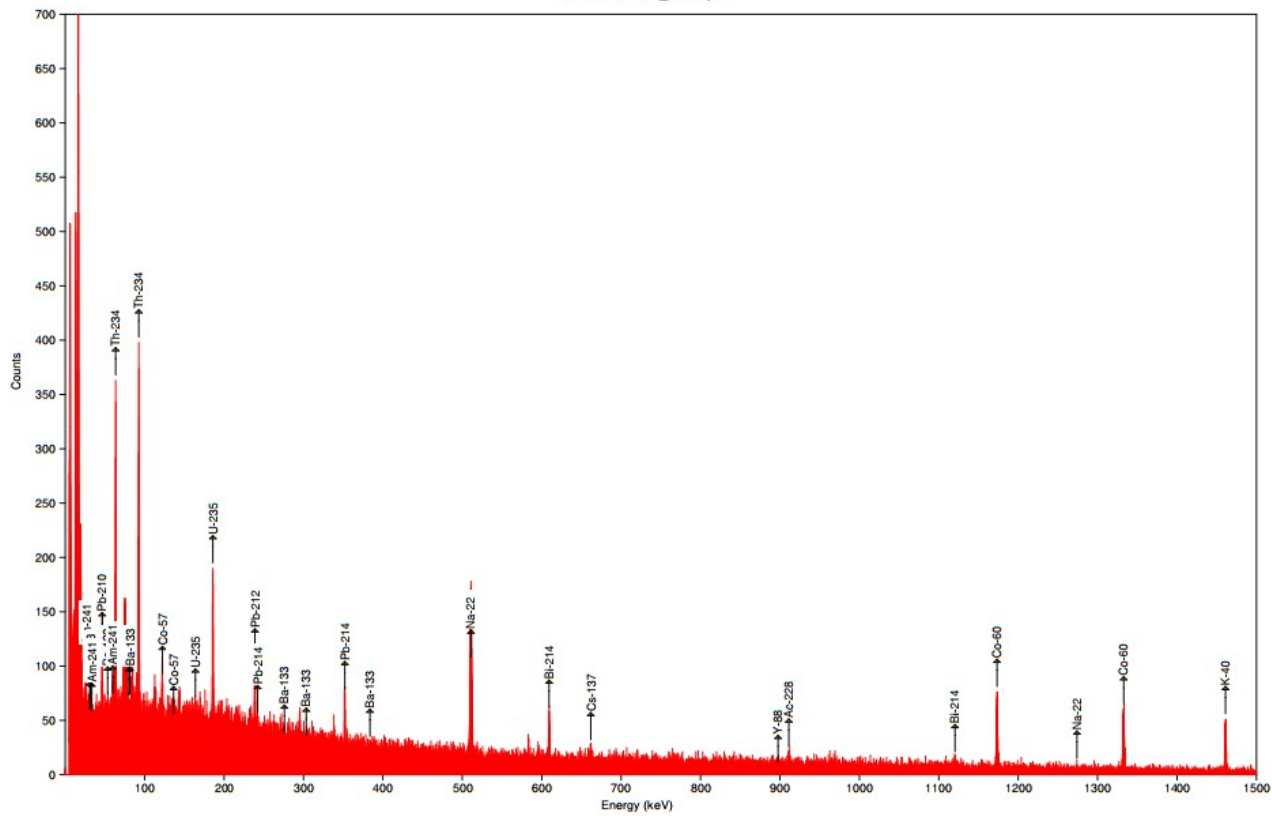


GEM 1. GEM\_Co-60(02)1.Spc.



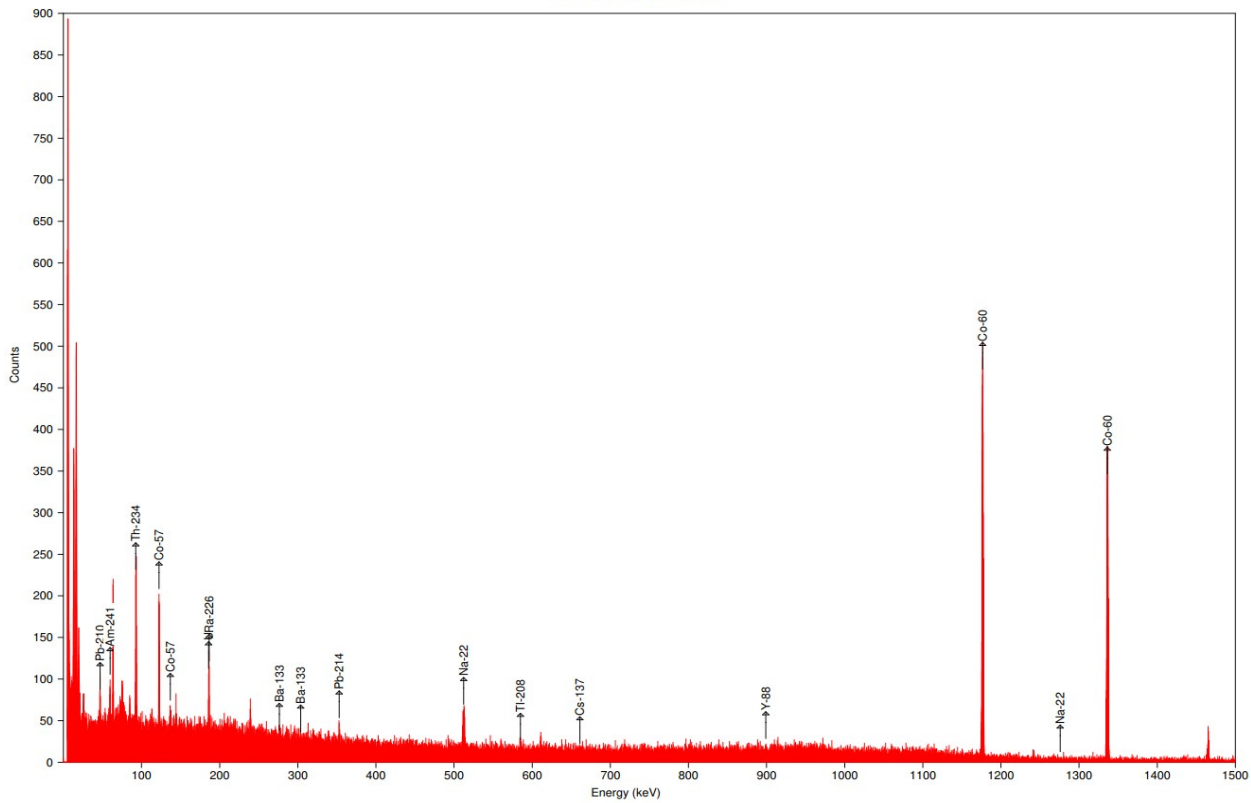
Cod. 09	Nuclide	Co-57	Bq	0,02 al	24/09/2019		
Data misura	rivelatore	sec"	dead%	Co-57	Co-60		
				Bq	+/-	Bq	+/-
18/10/2019	GMX	85000	0,2	<b>0,024</b>	<b>0,007</b>	<b>0,47</b>	<b>0,02</b>
19/10/2019	GMX	85000	0,2	<b>0,028</b>	<b>0,006</b>	<b>0,43</b>	<b>0,02</b>
20/10/2019	GMX	75216	0,2	<b>0,026</b>	<b>0,007</b>	<b>0,37</b>	<b>0,03</b>

GMX 2. Co-57\_091.Spc.



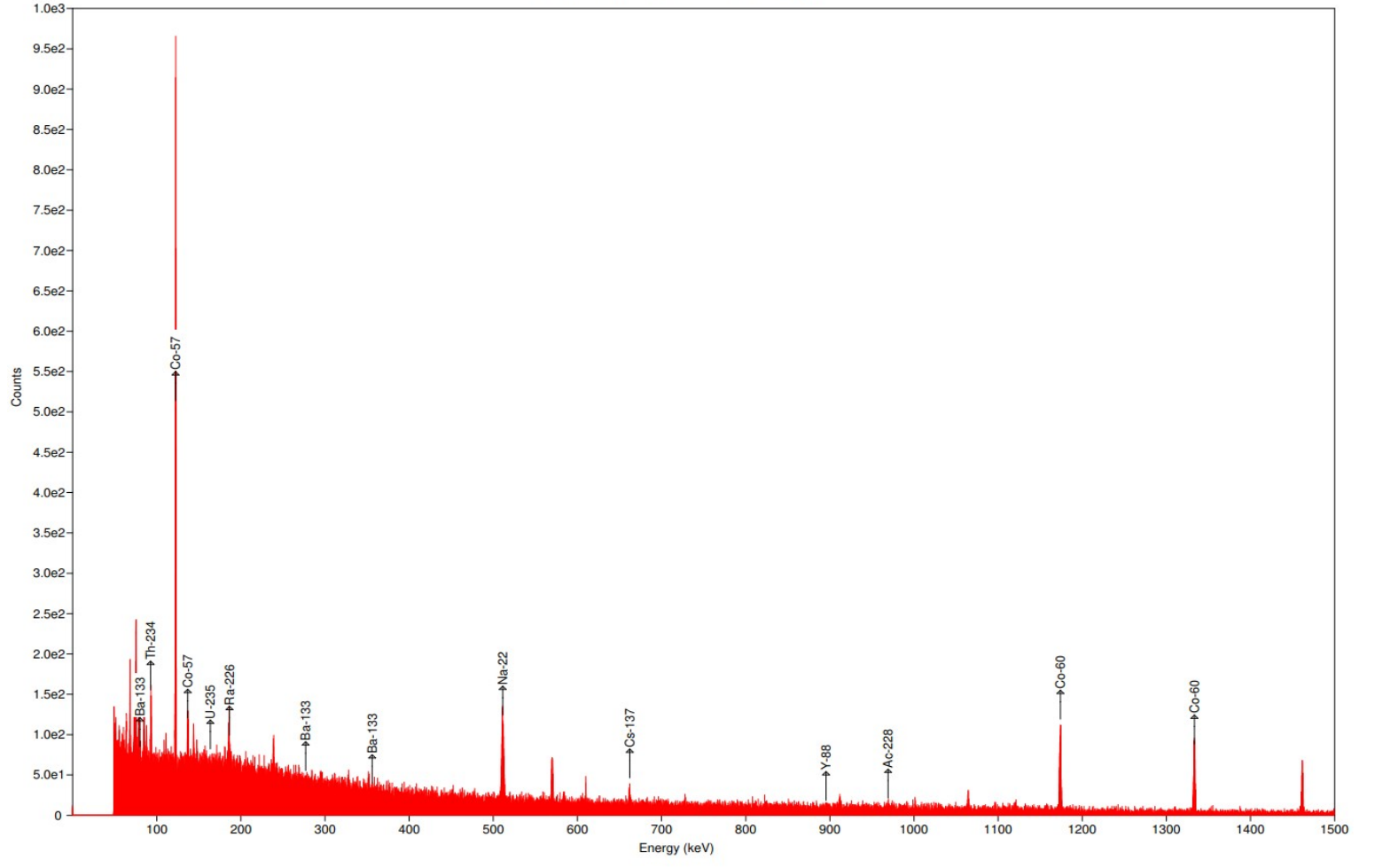
Cod. 10	Nuclide	Co-57	Bq	0,16 al	24/09/2019		
Data misura	rivelatore	sec"	dead%	Co-57	Co-60		
				Bq	+/-	Bq	+/-
17/10/2019	GMX	53.539	0,21	0,120	0,009	4,29	0,08

GMX 2. Co-57\_10mix.Spc.



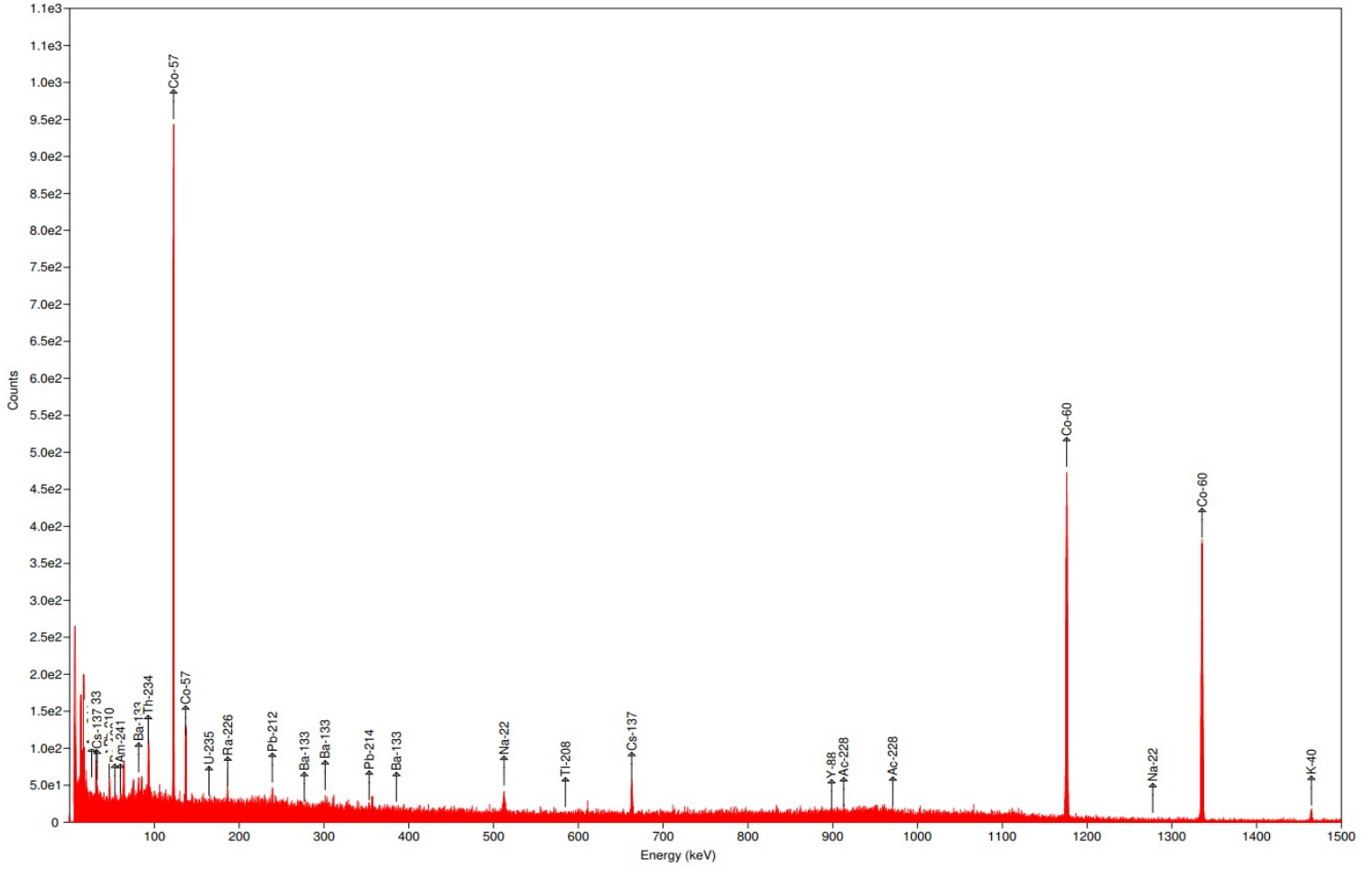
Cod. 11 + 12		Nuclide	Co-57 + Y-88	Bq 0,16 0,00		al 24/09/2019			
Data misura	rivelatore	sec"	dead%	Co-57		Co-60		Y-88	
				Bq	+/-	Bq	+/-	Bq	+/-
17/10/2019	GEM	76.786	0,18	0,07	0,01	0,66	0,04	0,04	0,02
18/10/2019	GEM	80.697	0,18	0,21	0,01	0,63	0,03	< 0,04	

GEM 1. GEM\_Co-57\_11-Y88\_12-b.Spc.



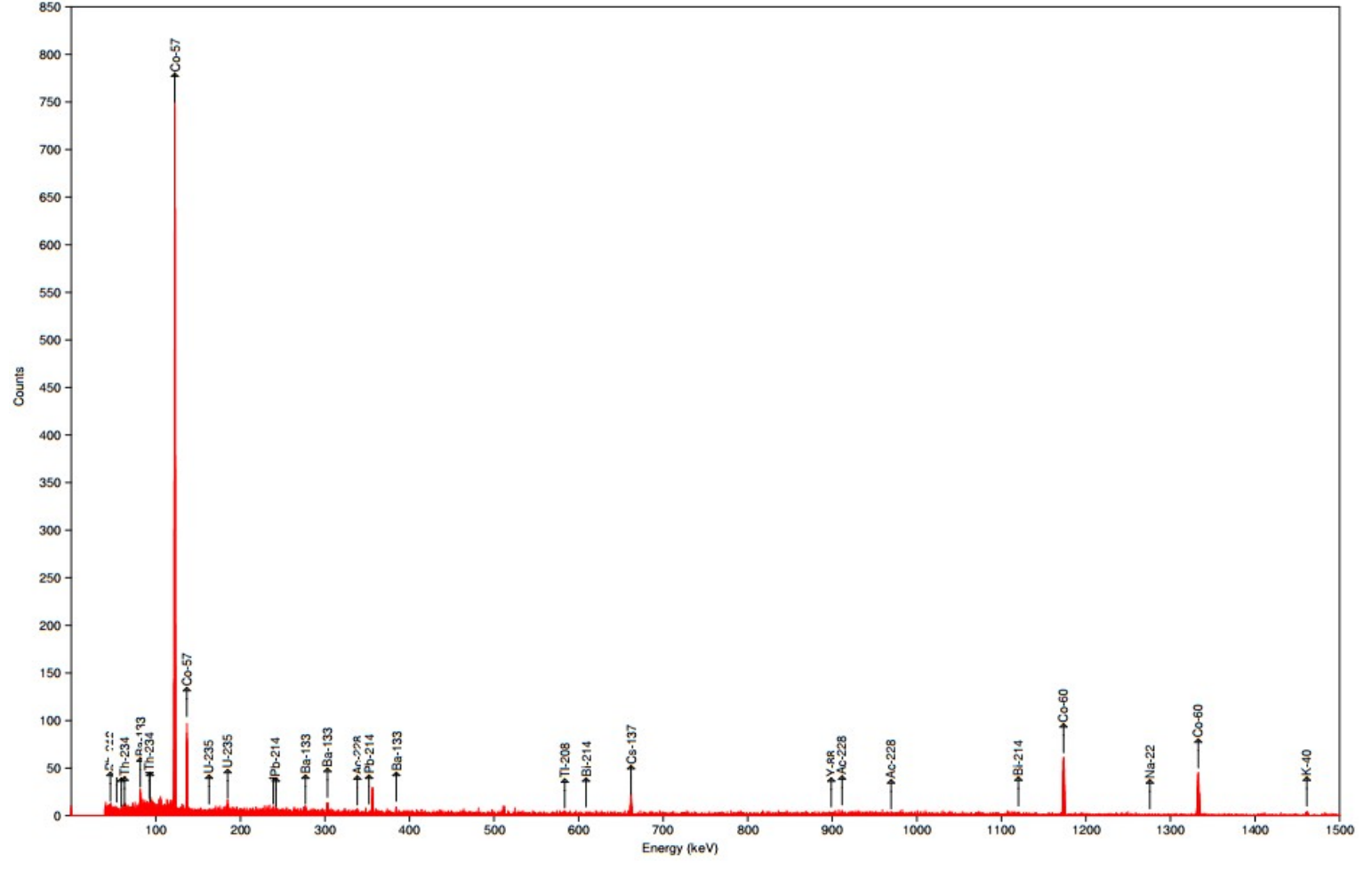
Cod. 13	Nuclide	Co-57	Bq	1,4	al	24/09/2019			
Data misura	rivelatore	sec"	dead%	Co-57	Co-60	Cs-137			
				Bq	+/-	Bq	+/-	Bq	+/-
17/10/2019	GMX	900	0,22	1,28	0,13	8,10	0,80		
18/10/2019	GMX	24.317	0,21	1,45	0,04	9,52	0,17	0,72	0,08

GMX 2. Co-57\_13b.Spc.



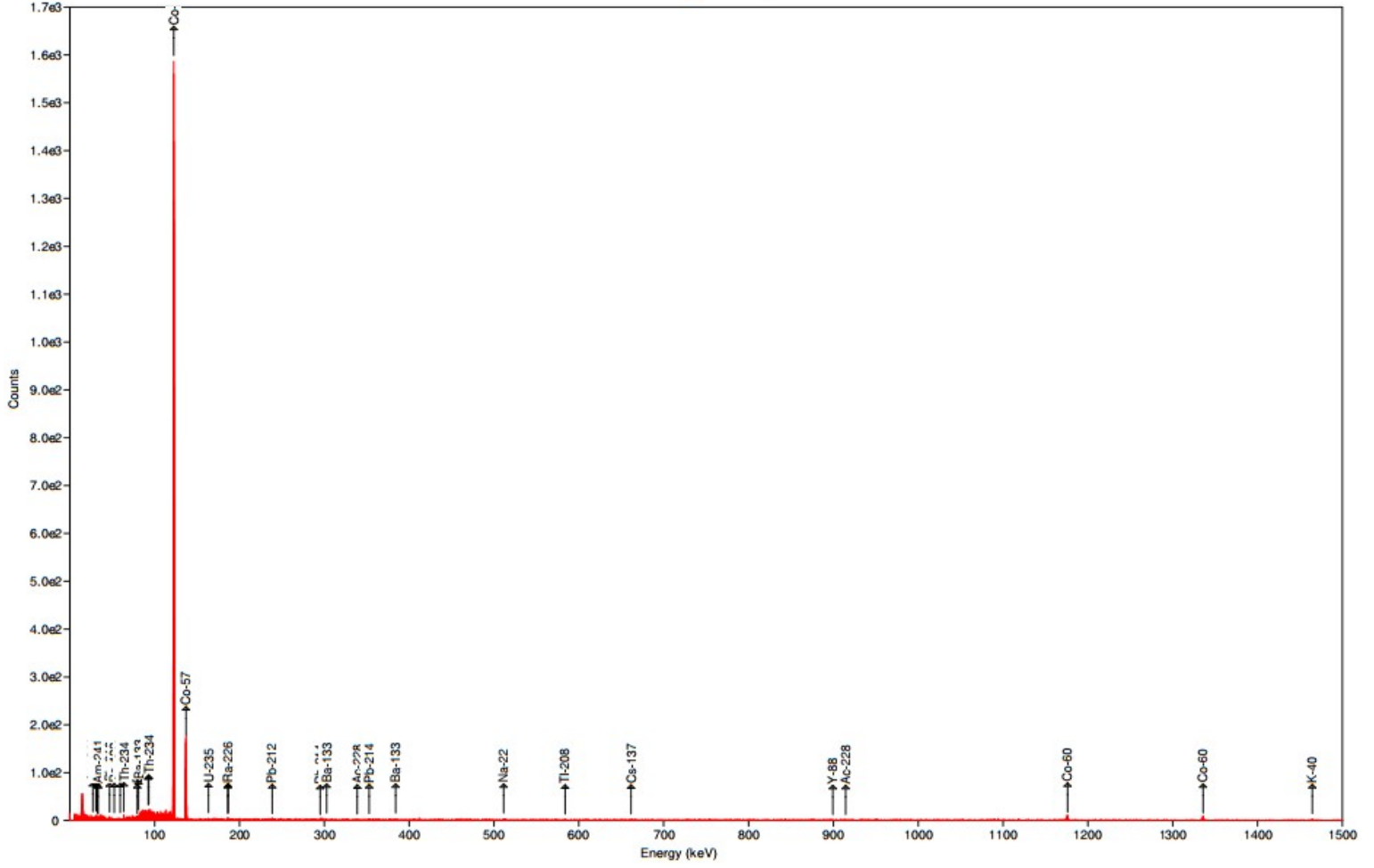
Cod. 14	Nuclide	Co-57	Bq	5,8	al	24/09/2019			
Data misura	rivelatore	sec"	dead%	Co-57	Co-60	Cs-137			
				Bq	+/-	Bq	+/-	Bq	+/-
17/10/2019	GEM	5.000	0,20	9,21		6,75		1,07	
17/10/2019	GEM	5.000	0,20	8,63		6,82		1,01	
17/10/2019	GEM	5000	0,20	8,61		6,21		1,07	

GEM 1. GEM\_Co-57\_14-022. Spc.



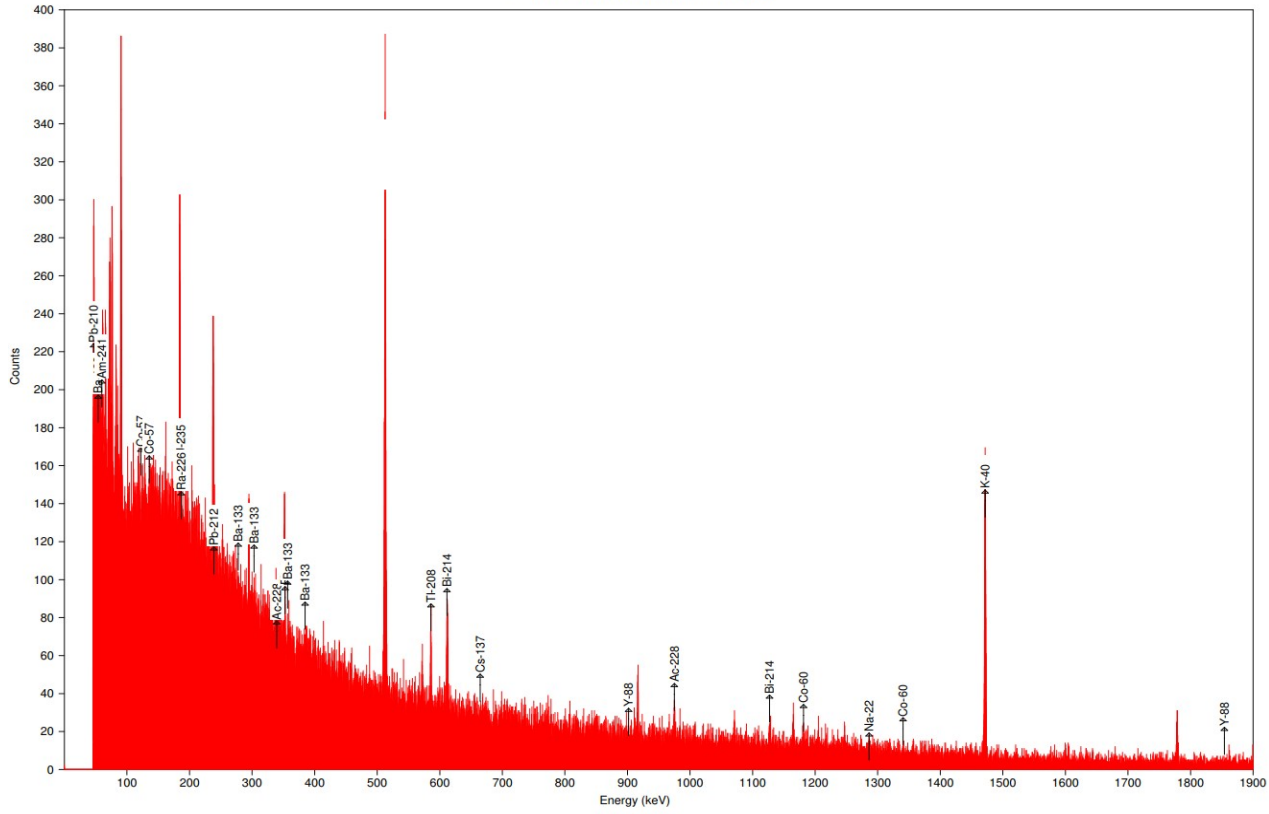
<b>Cod. 15</b>		<b>Nuclide</b>	<b>Co-57</b>	<b>Bq</b>	<b>49,2</b>	<b>al</b>	<b>24/09/2019</b>
Data misura	rivelatore	sec"	dead%	<b>Co-57</b>		<b>Co-60</b>	
				<b>Bq</b>	<b>+/-</b>	<b>Bq</b>	<b>+/-</b>
17/10/2019	GMX	1.500	0,24	<b>38,83</b>	<b>0,30</b>	<b>2,70</b>	<b>0,40</b>
17/10/2019	GMX	1.500	0,23	<b>39,12</b>	<b>0,40</b>	<b>2,15</b>	<b>0,40</b>
17/10/2019	GMX	1500	0,23	<b>39,91</b>	<b>0,40</b>	<b>2,24</b>	<b>0,40</b>

GMX 2. Co-57\_15-020.Spc.



Cod. 12		Nuclide	Y-88	Bq	0,00 al	24/09/2019
Data misura	rivelatore	sec"	dead%	Y-88		
				Bq	+/-	
18/10/2019	GMX	180.000	0,18	< 0,014		
20/10/2019	GMX	63.666	0,18	< 0,024		

GEM 1. GEM\_Y88\_120SPETTRO.Spc.

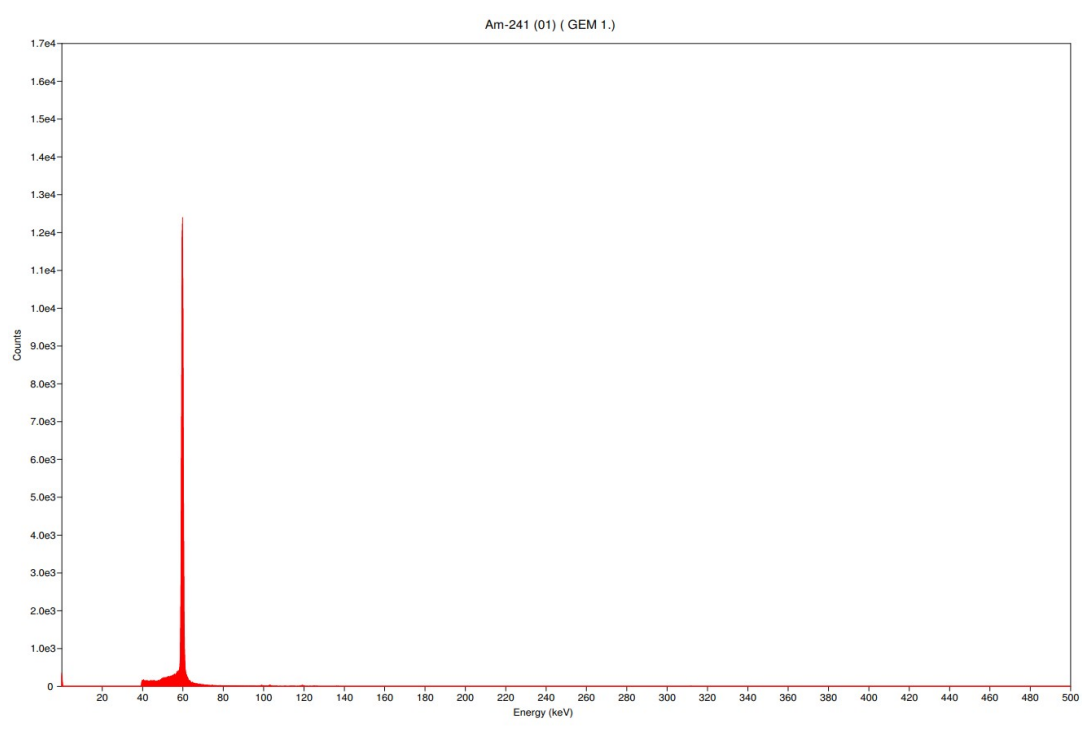
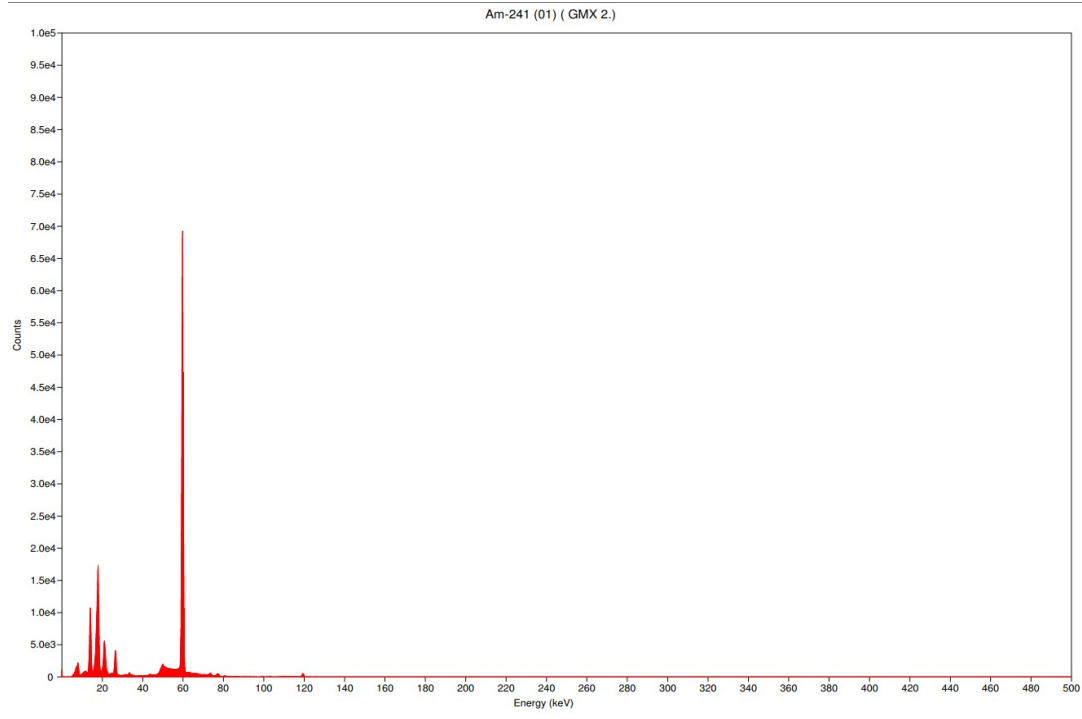


**Sorgenti solide sigillate da caratterizzare tramite  
spettrometria gamma**

<b>Radionuclide</b>	<b>Bq</b>	<b>kBq</b>	<b>Cod-interno</b>
<b>Am-241</b>	<b>383748</b>	<b>384</b>	<b>01</b>
<b>Am-241</b>	<b>349608</b>	<b>350</b>	<b>03</b>
<b>Ba-133</b>	<b>122193</b>	<b>122</b>	<b>07</b>
<b>Cs-137</b>	<b>1570647</b>	<b>1571</b>	<b>04</b>
<b>Cs-137</b>	<b>166520</b>	<b>167</b>	<b>05</b>
<b>Fe-55</b>	<b>125771</b>	<b>126</b>	<b>06</b>
<b>Na-22</b>	<b>2649</b>	<b>2,6</b>	<b>08</b>

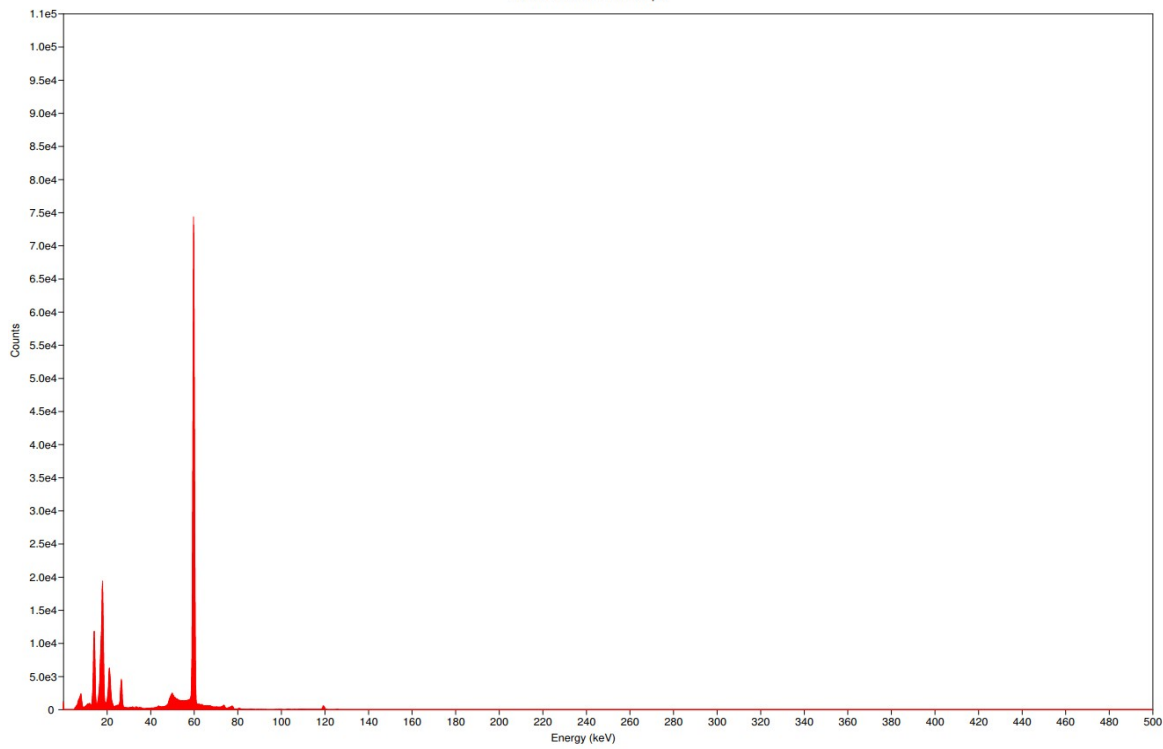
Attività riferite al 24-9-19

Cod. 01		Nuclide	Am-241		Bq	383.748	al	24/09/2019	
Data misura	rivelatore	sec"	cps	colpi	+/-	Bq	+/-	FWHM	dead%
21/10/2019	GMX	5,56	29.522	164.140	428	<b>335.200</b>	874	0,88	83,71
	GMX	8,24	22.740	187.381	457	<b>258.200</b>	630	0,88	83,65
	GMX	1,14	23.668	26.981	173	<b>268.700</b>	1.723	0,87	83,65
	GMX	12,88	25.284	325.652	604	<b>287.100</b>	532	0,89	83,65
	GMX	15	23.024	345.356	624	<b>261.400</b>	472	0,89	83,64
	GEM	15	4.305	64.848	290	<b>217.351</b>	972	0,99	32,55
	GEM	15	4.369	65.534	292	<b>221.759</b>	988	0,99	32,68

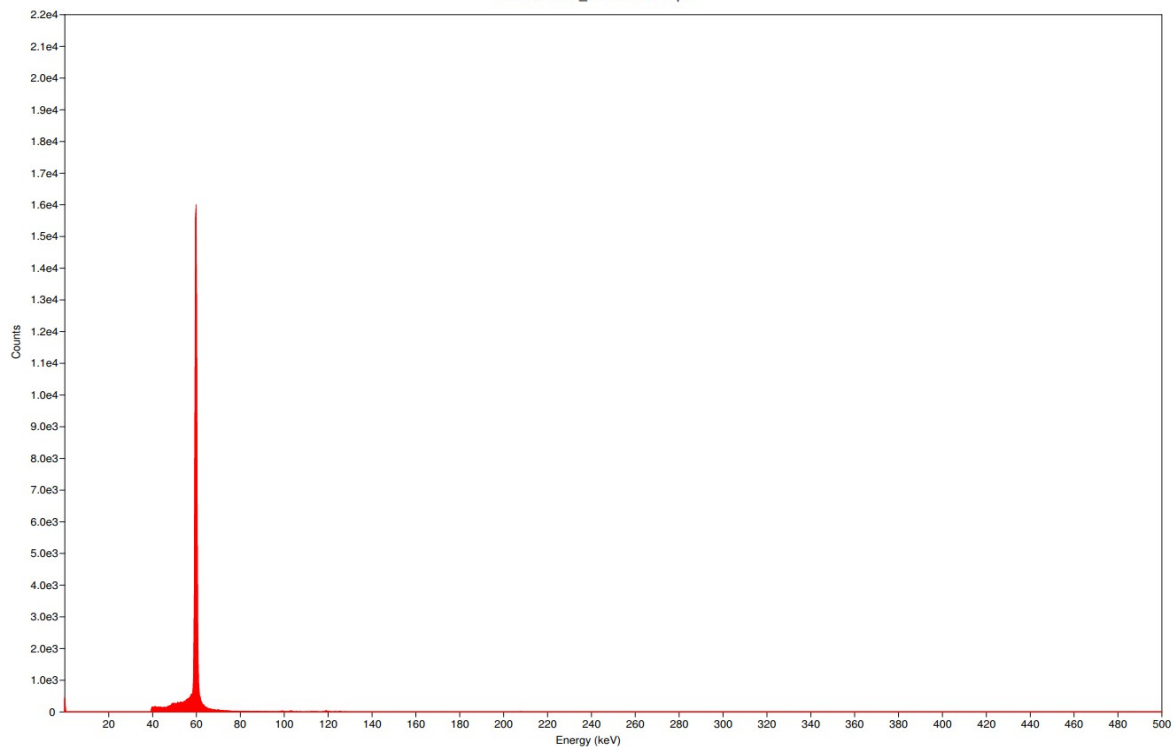


Cod. 03	Nuclide	Am-241	Bq	349.608	al	24/09/2019			
Data misura	rivelatore	sec"	cps	colpi	+/-	Bq	+/-	FWHM	dead%
21/10/2019	GMX	15	22.931	343.958	643	<b>260.300</b>	487	0,87	84,77
	GMX	15	22.906	343.593	622	<b>260.100</b>	471	0,87	84,74
	GEM	15	5.720	85.796	336	<b>293.251</b>	1.148	1,00	37,55
	GEM	15	5.761	86.414	336	<b>291.878</b>	1.135	1,00	37,60

GMX 2. Am-241-030.Spc.



GEM 1. GEM\_Am-241-030.Spc.



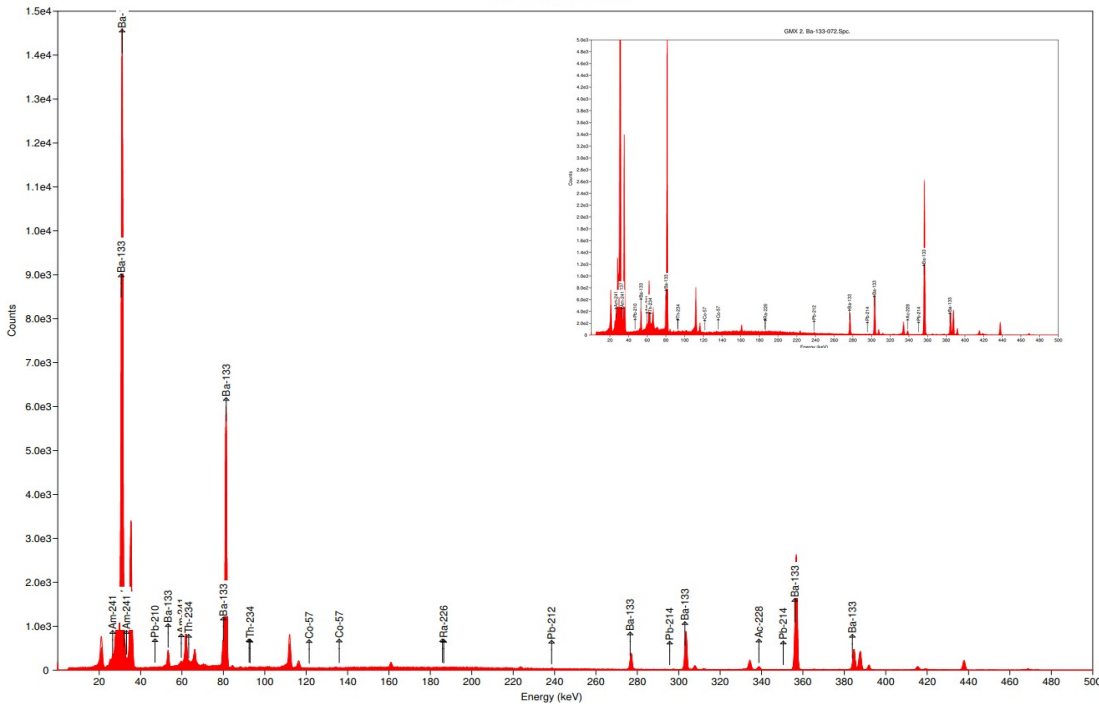
Cod. 07 Nuclide Ba-133 Bq 122.193 al 24/09/2019

80,9979 keV

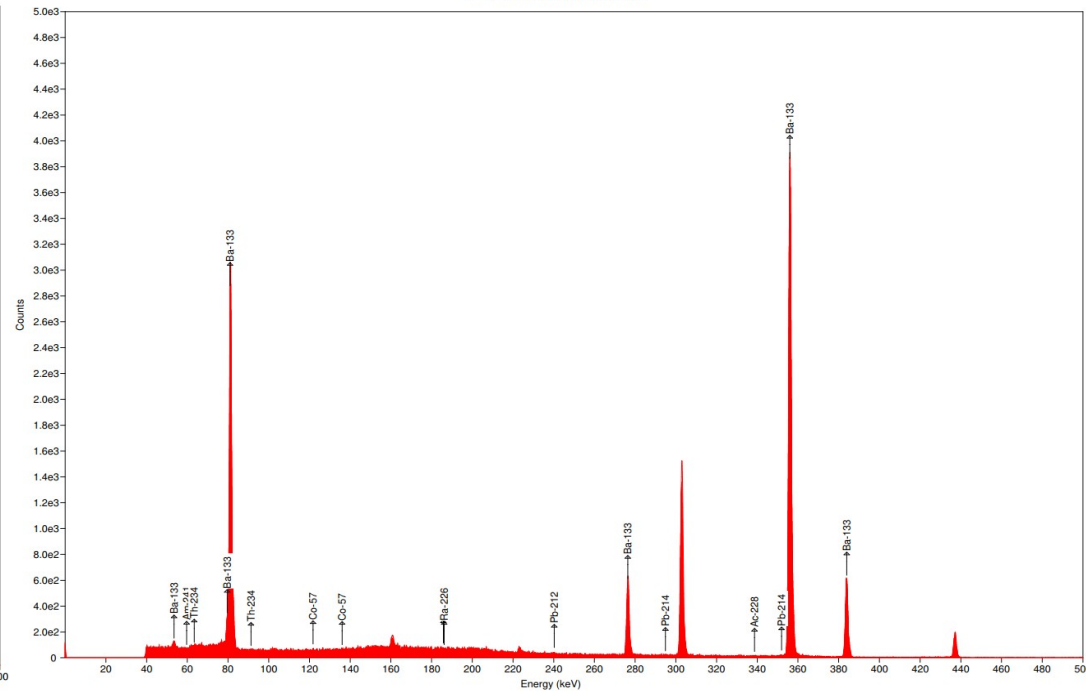
356,0129 keV

Data misura	rivelatore	sec"	dead%	cps	colpi	+/-	Bq	+/-	FWHM	cps	colpi	+/-	Bq	+/-	FWHM
21/10/2019	GMX	15	49,29	1.663	24.950	190	30.070	229	0,85	1.035	15.521	132	34.850	296	1,18
	GMX	15	49,29	1.673	25.095	190	30.250	229	0,87	1.049	15.728	132	35.320	296	1,13
	GMX	15	49,26	1.663	24.952	190	30.070	229	0,86	1.041	15.613	133	35.060	299	1,11
	GEM	15	39,47	1.109	16.641	178	36.720	393	1,15	1.979	29.689	185	56.993	355	1,39
	GEM	15	39,56	1.136	17.042	179	35.120	369	1,08	1.978	29.666	197	56.950	378	1,39
	GEM	15	39,47	1.222	18.330	183	37.780	377	1,13	1.984	29.755	196	57.120	376	1,41

GMX 2. Ba-133-072.Spc.

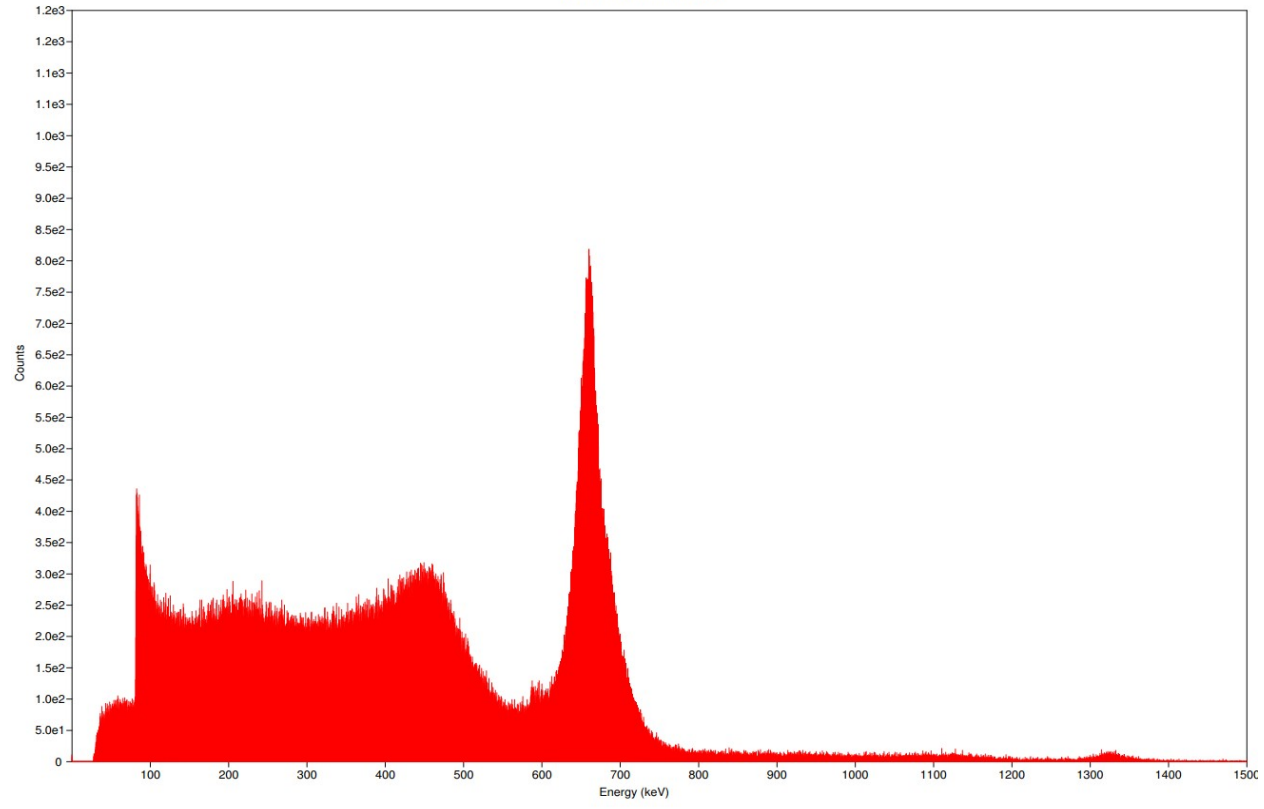


GEM 1. GEM\_Ba-133-073.Spc.

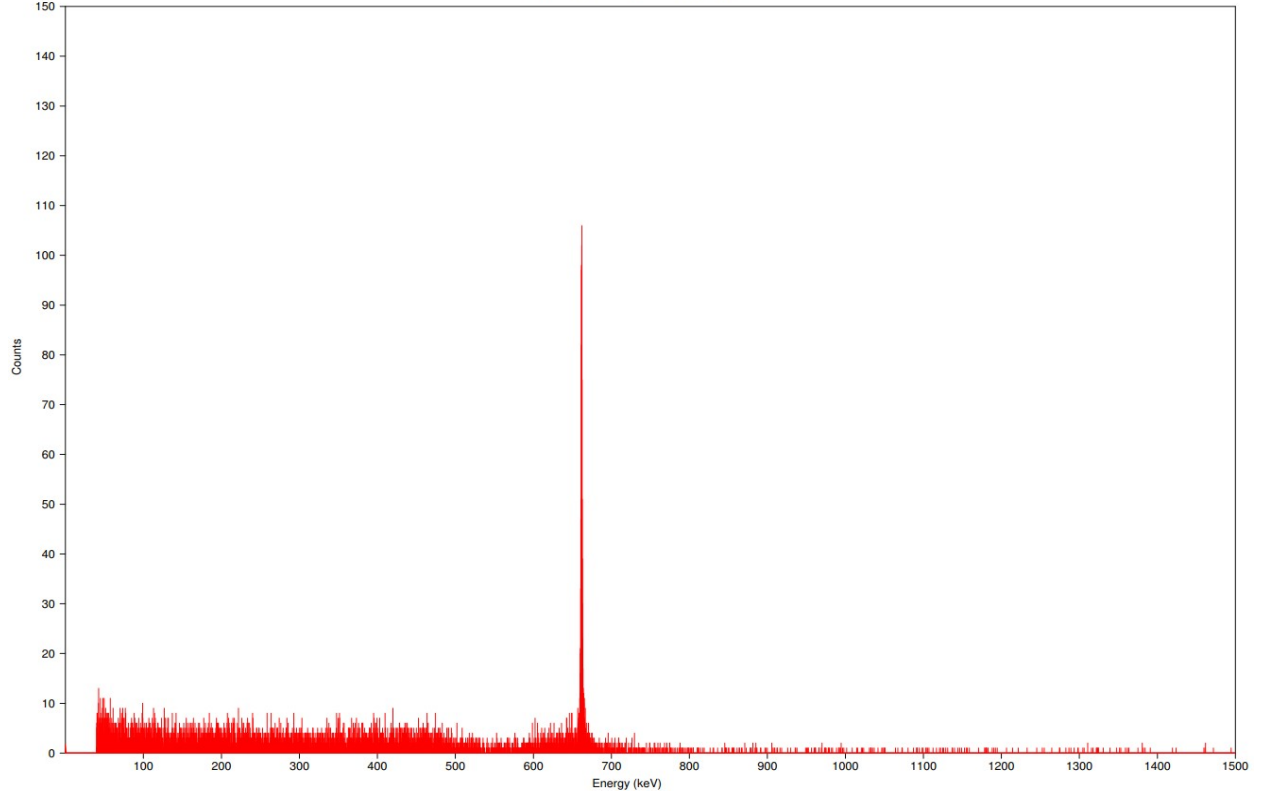


Cod. 04	Nuclide	Cs-137	Bq	1.570.647	al	24/09/2019			
Data misura	rivelatore	sec"	dead%	cps	colpi	+/-	Bq	+/-	FWHM
21/10/2019	GMX	0,86	99,82	4.551	39.174	1.296	<b>2.313.000</b>	76.521	27,89
	GMX	1,1	99,81	37.832	41.615	1.265	<b>1.921.000</b>	58.394	27,87
	GMX	3,08	99,78	42.184	129.927	2.188	<b>2.142.000</b>	36.072	29,76
	GEM	34	76,93	24	827	43	<b>896</b>	47	1,29

GMX 2. Cs-137-04c.Spc.

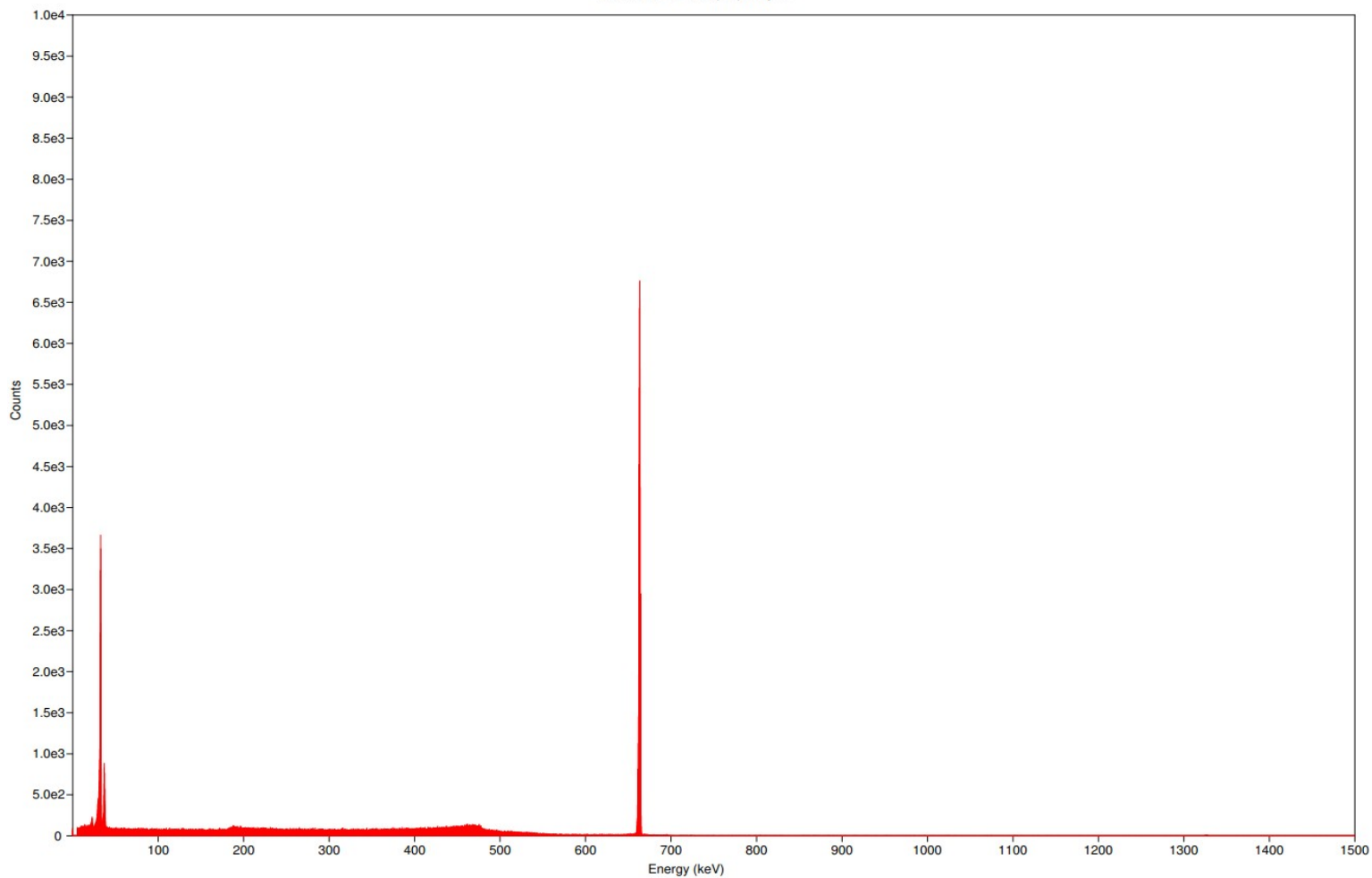


GEM 1. GEM\_Cs-137(04)0.Spc.



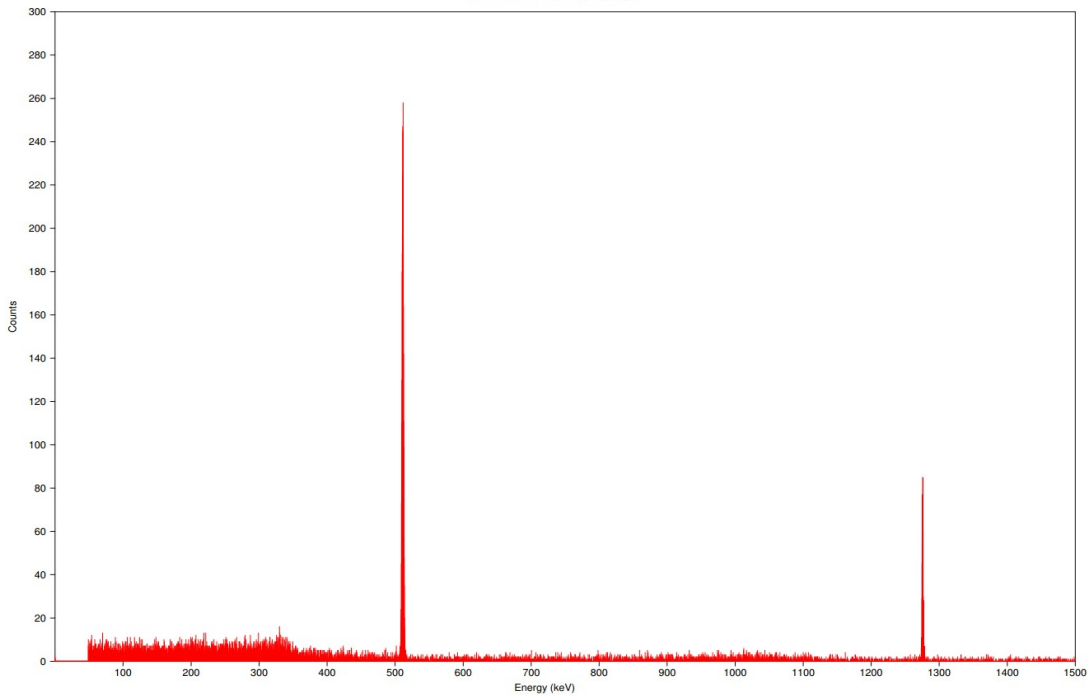
Cod. 05	Nuclide	Cs-137	Bq	166.520	al	24/09/2019			
Data misura	rivelatore	sec"	dead%	cps	colpi	+/-	<b>Bq</b>	+/-	FWHM
21/10/2019	GMX	25,78	53,68	3.657	94.274	350	<b>185.700</b>	689	1,51
	GMX	15	53,56	3.629	54.440	266	<b>184.300</b>	901	1,51
	GMX	15	53,56	3.648	54.727	268	<b>185.300</b>	907	1,56
	GMX	15	53,68	3.664	54.958	266	<b>186.100</b>	901	1,55
	GMX	15	53,53	2.935	44.019	306	<b>149.000</b>	1.036	1,39
	GMX	15	53,62	2.937	44.596	307	<b>151.000</b>	1.039	1,42

GMX 2. Cs-137(05)3.Spc.



Cod. 08	Nuclide	Na-22	Bq	2.649	al	24/09/2019										
							511 leV			1274,537 keV						
Data misura	rivelatore	sec"	dead%	cps	colpi	+/-	Bq	+/-	FWHM	cps	colpi	+/-	Bq	+/-	FWHM	
21/10/2019	GEM	15	7,41	192	2.866	61	2.586	55	2,71	40	603	29	2.921	140	1,85	
	GEM	15	7,41	198	2.975	59	2.684	53	2,72	40	581	26	2.882	129	1,68	
	GEM	15	7,52	198	2.984	64	2.692	58	2,65	37	562	26	2.698	125	1,69	
	GEM	15	7,52	193	2.654	60	3.561	81	2,55	42	626	27	3.032	131	1,97	
	GEM	15	7,41	203	3.047	61	2.749	55	2,71	40	595	27	2.877	131	1,80	
	GEM	15	7,29	193	2.902	60	2.618	54	2,67	39	598	24	2.834	114	1,93	

GEM 1. GEM\_Na-22(08)3.Spc.



## Logbook misure effettuate 17-18 Ottobre2019

Am-241-01b0.Spc	Co-57_15-023.Spc	Cs-137(05)2.Spc	GEM_Am-241-038.Spc	GEM_Na-22(08)0.An1
Am-241-01b1Spc.Spc	Co-57_15-024.An1	Cs-137(05)3.Spc	GEM_Am-241-039.Spc	GEM_Na-22(08)0.Spc
Am-241-01b2Spc.Spc	Co-57_15-024.Spc	Cs-137(05)4.Spc	GEM_Ba-133-070.Spc	GEM_Na-22(08)1.An1
Am-241-010.Spc	Co-57_15-025.An1	Cs-137(05)5.Spc	GEM_Ba-133-071.An1	GEM_Na-22(08)1.Spc
Am-241-011.Spc	Co-57_15-025.Spc	Cs-137-04.Spc	GEM_Ba-133-071.Spc	GEM_Na-22(08)2.An1
Am-241-030.Spc	Co-57_15-026.An1	Cs-137-04b.Spc	GEM_Ba-133-072.Spc	GEM_Na-22(08)2.Spc
Am-241-031.Spc	Co-57_15-026.Spc	Cs-137-04c.Spc	GEM_Ba-133-073.An1	GEM_Na-22(08)3.An1
Ba-133-070.An1	Co-57_15-027.An1	FONDO21-10-2019.Spc	GEM_Ba-133-073.Spc	GEM_Na-22(08)3.Spc
Ba-133-070.Spc	Co-57_15-027.Spc	FONDO21-10-2019-02.Spc	GEM_Co-57_11-Y-88_12.An1	GEM_Na-22(08)4.An1
Ba-133-071.Spc	Co-57_15-028.Spc	FONDO21-10-2019-03.Spc	GEM_Co-57_11-Y-88_12.Spc	GEM_Na-22(08)4.Spc
Ba-133-072.An1	Co-57_15-029.Spc	FONDO21-10-2019-04.Spc	GEM_Co-57_11-Y88_12-b.An1	GEM_Na-22(08)5.An1
Ba-133-072.Spc	Co-57_15-0210.Spc	GEM_Am-241-03b1.Spc	GEM_Co-57_11-Y88_12-b.Spc	GEM_Na-22(08)5.Spc
Ba-133-073.Spc	Co-57_090.An1	GEM_Am-241-010.An1	GEM_Co-57_14-01.An1	GEM_Y88_120.An1
Co-57_09.Spc	Co-57_090.Spc	GEM_Am-241-010.Spc	GEM_Co-57_14-01.Spc	GEM_Y88_120.Spc
Co-57_9-10-13.Spc	Co-57_091.An1	GEM_Am-241-011.An1	GEM_Co-57_14-020.An1	GEM_Y88_120SPETTRO.An1
Co-57_10.Spc	Co-57_091.Spc	GEM_Am-241-011.Spc	GEM_Co-57_14-020.Spc	GEM_Y88_120SPETTRO.Spc
Co-57_10mix.An1	Co-57_092.An1	GEM_Am-241-012.Spc	GEM_Co-57_14-021.An1	GEM_Y88_1201.An1
Co-57_10mix.Spc	Co-57_092.Spc	GEM_Am-241-013.Spc	GEM_Co-57_14-021.Spc	GEM_Y88_1201.Spc
Co-57_13.Spc	Co-60-02.An1	GEM_Am-241-014.Spc	GEM_Co-57_14-022.An1	GEM1-FONDO160000-2763.An1
Co-57_13b.An1	Co-60-02.Spc	GEM_Am-241-015.Spc	GEM_Co-57_14-022.Spc	GEM1-FONDO160000-2763.Spc
Co-57_13b.Spc	Co-60-020.Spc	GEM_Am-241-030.Spc	GEM_Co-57_14-023.Spc	GEM1-FONDO174697-2763.Spc
Co-57_15-01.An1	Co-60-021.Spc	GEM_Am-241-031.An1	GEM_Co-60(02)0.An1	GEM-FONDO21-10-2019.Spc
Co-57_15-01.Spc	Co-60-022.Spc	GEM_Am-241-031.Spc	GEM_Co-60(02)0.Spc	GEM-FONDO22-10-2019.An1
Co-57_15-020.An1	Co-60-023.An1	GEM_Am-241-032.An1	GEM_Co-60(02)1.An1	GEM-FONDO22-10-2019.Spc
Co-57_15-020.Spc	Co-60-023.Spc	GEM_Am-241-032.Spc	GEM_Co-60(02)1.Spc	GMX2-FONDO160000-267212.Spc
Co-57_15-021.An1	Co-60-024.Spc	GEM_Am-241-033.Spc	GEM_Co-60(02)2.An1	GMX2-FONDO174846-2673.Spc
Co-57_15-021.Spc	Cs-137(04).Spc	GEM_Am-241-034.Spc	GEM_Co-60(02)2.Spc	x-FONDO22-10-2019.An1
Co-57_15-022.An1	Cs-137(05).Spc	GEM_Am-241-035.Spc	GEM_Co-60(02)3.Spc	x-FONDO22-10-2019.Spc
Co-57_15-022.Spc	Cs-137(05)0.Spc	GEM_Am-241-036.Spc	GEM_Cs-137(04)0.Spc	
Co-57_15-023.An1	Cs-137(05)1.Spc	GEM_Am-241-037.Spc	GEM_Na-22(08).Spc	

Energy	Percent	Nuclide	Half Life	Uncertainty	NFlags	PFlags
26.34	2.4%	Am-241	432.2 Yrs.	0.1000	T-----	G-----
30.63	35.1%	Ba-133	10.51 Yrs.	0.1000	TF-----	-X-----
30.97	64.9%	Ba-133	10.51 Yrs.	0.1000	TF-----	-X-----
32.19	3.6%	Cs-137	30.07 Yrs.	0.1000	TFI-----	-X-----
33.20	0.126%	Am-241	432.2 Yrs.	0.1000	T-----	G-----
46.39	4.25%	Pb-210	22.3 Yrs.	0.1000	---N----	G-----
53.16	2.14%	Ba-133	10.51 Yrs.	0.1000	TF-----	G-----
59.54	35.78%	Am-241	432.2 Yrs.	0.1000	T-----	G-----
63.29	4.8%	Th-234	24.1 Days	0.1000	---N----	G-----
79.61	2.65%	Ba-133	10.51 Yrs.	0.1000	TF-----	G-----
81.00	32.9%	Ba-133	10.51 Yrs.	0.1000	TF-----	G-----
92.38	2.8%	Th-234	24.1 Days	0.1000	---N----	G-----
92.80	2.8%	Th-234	24.1 Days	0.1000	---N----	G-----
122.06	85.1%	Co-57	271.8 Days	0.1000	----PC--	G-----
136.47	10.71%	Co-57	271.8 Days	0.1000	----PC--	G-----
163.33	5.08%	U-235	7.038E+008 Yrs.	0.1000	---N----	G-----
185.71	57.2%	U-235	7.038E+008 Yrs.	0.1000	---N----	G-----
186.21	3.533%	Ra-226	1600 Yrs.	0.1000	---N----	G-----
238.63	43.6%	Pb-212	10.64 Hrs.	0.1000	---N----	G-----
242.00	7.19%	Pb-214	26.8 Min.	0.1000	---N----	G-----
276.40	7.164%	Ba-133	10.51 Yrs.	0.1000	TF-----	G-----
295.22	18.28%	Pb-214	26.8 Min.	0.1000	---N----	G-----
302.85	18.34%	Ba-133	10.51 Yrs.	0.1000	TF-----	G-----
338.32	11.3%	Ac-228	6.15 Hrs.	0.1000	---N----	G-----
351.93	35.34%	Pb-214	26.8 Min.	0.1000	---N----	G-----
356.02	62.05%	Ba-133	10.51 Yrs.	0.1000	TF-----	G-----
383.85	8.94%	Ba-133	10.51 Yrs.	0.1000	TF-----	G-----
511.00	179.79%	Na-22	2.602 Yrs.	0.1000	-F---C--	--P-----
583.19	30.5%	Tl-208	183.2 Sec.	0.1000	-F-N----	G-----
609.32	45.16%	Bi-214	19.9 Min.	0.1000	---N----	G-----
661.66	84.99%	Cs-137	30.07 Yrs.	0.1000	TFI-----	G-----
898.04	93.9%	Y-88	106.7 Days	0.1000	-F--PC--	G-----
911.21	26.6%	Ac-228	6.15 Hrs.	0.1000	---N----	G-----
968.97	16.2%	Ac-228	6.15 Hrs.	0.1000	---N----	G-----
1120.29	14.78%	Bi-214	19.9 Min.	0.1000	---N----	G-----
1173.24	99.85%	Co-60	5.271 Yrs.	0.1000	TF-----	G-----
1274.53	99.944%	Na-22	2.602 Yrs.	0.1000	-F---C--	G-----
1332.49	99.9856%	Co-60	5.271 Yrs.	0.1000	TF-----	G-----
1460.82	10.67%	K-40	1.277E+009 Yrs.	0.1000	---N----	G-----
1836.06	99.38%	Y-88	106.7 Days	0.1000	-F--PC--	G-----

Nuclide Flags

Peak Flags

-----  
 T = Thermal Neutron Activation      G = Gamma Ray  
 F = Fast Neutron Activation          X = X-Ray  
 I = Fission Product                  P = Positron Decay  
 N = Naturally Occurring Isotope      S = Single-Escape  
 P = Photon Reaction                  D = Double-Escape  
 C = Charged Particle Reaction        K = Key Line  
 M = No MDA Calculation              A = Not In Average  
 A = Activity Not In Total

## Conclusioni

Le misure, pur essendo qualitative e non quantitative, evidenziano risultati giudicati ottimi e che vanno valutati in un'ottica di risparmio anche alla luce dell'indagine economica della ditta che potrebbe occuparsi sia dello smaltimento che della caratterizzazione delle sorgenti.

Le attività delle sorgenti di taratura esaminate, ricavate dalle misure eseguite con spettrometria gamma e riportate nella tabella seguente, risultano sostanzialmente consistenti con i valori nominali attesi, considerate le incertezze del sistema di misura utilizzato.

Radionuclide	Codice INAF	Codice capsula	Attività Nom. 18/10/19 (kBq)	Attività misurata al 18/10/19 (kBq)	SDV (kBq)	SDV %	Scarto (Nom-Mis)/Nom %	T 1/2	Data riferimento produzione	
Am-241	01	1Q487	3,84E+02	2,22E+02	1,0	0,4	42	(y)	432,7	31/12/82
Co-60	02	-	1,59E+01	1,45E+01	0,3	2	9	(y)	5,3	31/12/82
Am-241	03	1q870	3,50E+02	2,92E+02	1,1	0	17	(y)	432,7	01/05/84
Cs-137	04	VC92	1,57E+03	2,14E+03	36,1	2	-37	(y)	30,2	15/10/84
Cs-137	05	2S108	1,66E+02	1,51E+02	1,0	1	9	(y)	30,2	30/11/84
Fe-55 (beta)	06	19311E	1,24E+02	/				(y)	2,7	30/05/85
Ba-133	07	12224	1,22E+02	5,71E+01	0,4	1	53	(y)	10,5	11/05/90
Na-22	08	DA599	2,60E+00	2,62E+00	0,1	2	-1	(y)	2,6	01/07/92
Co-57	09	KK-831	1,70E-05	2,60E-05	0,0	27	-53	(d)	271,8	15/06/97
Co-57	10	S250LCCTC2	1,46E-04	1,20E-04	0,0	8	18	(d)	271,8	07/01/99
Co-57	11	PP-300 PHI-057	1,59E-04	2,10E-04	0,0	5	-32	(d)	271,8	10/02/99
Y-88	12	HC479-YER1152	0,00E+00	<0,024e-3				(d)	105,0	20/03/00
Co-57	13	TT-679 PHI-057	1,29E-03	1,45E-03	0,0	3	-13	(d)	271,8	10/08/00
Co-57 (*)	14	TA3-670 PHI-057	5,47E-03	8,61E-03			-57	(d)	271,8	01/03/02
Co-57 (*)	15	B7-544	4,62E-02	3,99E-02	0,0	1	14	(d)	271,8	15/06/04
Cd-109 (*)	16	B7-543	2,11E+01					(y)	1,2	15/06/04
Cd-109 (*)	17	XC89.06	3,63E+04					(y)	1,2	17/10/17
Co-57 (*)	18	GC07.15	1,59E+04					(d)	271,8	22/02/18
(*) SORGENTI MUNITE DI CERTIFICATO D'ORIGINE										

Tab. 4 Esito delle misure isotopiche di attività delle sorgenti di taratura OAS

## Smaltimento

Ci si attiva per una ricerca di mercato e un servizio smaltimento sorgenti radioattive presso nostra sede.

E' necessario prevedere uno scarico in tempi brevi e notificare la variazione di pratica radiologica agli Enti Vigilanti 30 gg prima dello smaltimento delle sorgenti decadute.

Si è quindi verificato con gli utenti dei radionuclidi quali sorgenti sono ancora utilizzate e quali invece possono essere dismesse. I colleghi hanno deciso la selezione di Tab. 5.

Il servizio comprende a cura e carico della ditta:

- 1) Intervento operatore specializzato e classificato ai sensi del D.Lgs. 101/2020, munito di idonea protezione personale
- 2) Accesso di veicolo autorizzato al trasporto di materiale radioattivo
- 3) Fornitura di imballaggi omologati conformi alle disposizioni di legge vigenti per il trasporto di materie radioattive.
- 4) Confezionamento delle sorgenti negli imballaggi di cui sopra
- 5) Presa in carico delle sorgenti
- 6) Etichettatura e predisposizione della documentazione di trasporto
- 7) Prelievo dei colli e trasporto, in qualità di vettori autorizzati, presso nostro deposito autorizzato
- 8) Rilascio di certificazione di avvenuto ricevimento con manleva di ogni responsabilità civile e penale.

Radionuclide	Codice	Capsula	Percent attività	Data di produzione
Am-241	01	1Q487	382,87	31/12/1982
Am-241	03	1q870	348,81	01/05/1984
Ba-133	07	12224	111,24	11/05/1990
Co-109	16	B7-543	9,90	15/06/2004
Co-109	17	XC89.0	17006,64	17/10/2017
Co-57	09	KK-831	0,00	15/06/1997
Co-57	10	S250LC	0,00	07/01/1999
Co-57	11	PP-300	0,00	10/02/1999
Co-57	13	TT-679	0,00	10/08/2000
Co-57	14	TA3	0,00	01/03/2002
Co-57	15	B7-544	0,01	15/06/2004
Co-57	18	GC07.1	4490,57	22/02/2018
Co-60	02	-	13,27	31/12/1982
Cs-137	04	VC92	1520,20	15/10/1984
Cs-137	05	2S108	161,17	30/11/1984
Fe-55	06	19311E	87,74	30/05/1985
Na-22	08	DA599	1,81	01/07/1992
Y-88	12	HC479	0,00	20/03/2000

Tab. 5 In giallo i radionuclidi da smaltire, in arancione quello ritenuto ancora utile.

L'attività di calibrazione e test descritta in questo documento evidenzia la necessità di programmare tre conseguenti fasi di lavoro, **cessione a ditta autorizzata** dei radionuclidi esausti, eventuale **acquisto di nuove sorgenti** a sostituzione di quelle decadute e misure di assenza di contaminazione radioattiva (**smear-test**) sulle superfici esterne dei contenitori delle sorgenti ancora attive ed utilizzate ma "datate".

Radionuclide	Bq	Cod-interno
Co-60	16000	02
Co-57	0,02	09
Co-57	0,16	10
Co-57	0,17	11
Co-57	1,4	13
Co-57	5,8	14
Co-57	49,2	15
Y-88	0,00	12

**Tab.6** Sorgenti sigillate da smaltire - Attività al 24-9-19

### Acquisto nuove sorgenti

In bibliografia risulta che per sorgenti di taratura gamma a bassa attività la RWL è dell'ordine di 20-30 anni (IAEA), mentre è più breve per le sorgenti alfa emittenti ( es. Am-241). La working life raccomandata è solitamente riportata sui certificati di taratura di ciascuna sorgente, che purtroppo noi non abbiamo per la gran parte delle nostre sorgenti.

Codice interno	Radionuclide	Data riferimento certificato	Età sorgente Anni	Attività attuale
				kBq
1	<sup>241</sup> Am	31/12/82	<b>38</b>	<b>383</b>
2	<sup>60</sup> Co	31/12/82	<b>38</b>	<b>14</b>
3	<sup>241</sup> Am	1/5/84	<b>37</b>	<b>349</b>
4	<sup>137</sup> Cs	15/10/84	<b>37</b>	<b>1527</b>
5	<sup>137</sup> Cs	30/11/84	<b>36</b>	<b>162</b>
6	<sup>55</sup> Fe	30/05/85	<b>36</b>	<b>92</b>
7	<sup>133</sup> Ba	11/5/90	<b>31</b>	<b>113</b>
8	<sup>22</sup> Na	01/07/92	<b>29</b>	<b>2</b>
16	<sup>109</sup> Cd	15/06/04	<b>17</b>	<b>11</b>
17	<sup>109</sup> Cd	17/10/17	<b>3,5</b>	<b>19102</b>
18	<sup>57</sup> Co	22/02/18	<b>3,2</b>	<b>5451</b>

**Tab.7** Restanti sorgenti sigillate di taratura detenute presso INAF-OAS - Attività al 4/5/21

Come mostrato in Tab. 7, la maggioranza delle sorgenti OAS ha un'età compresa tra i 29 ed i 38 anni. Atteso che le attività di calibrazione richiedano l'utilizzo di queste sorgenti e che non si possano dismettere nel breve termine per non interrompere le attività di ricerca, è opportuno programmare una loro sostituzione in tempi ragionevoli con nuove sorgenti di caratteristiche similari, a questo fine è necessario fare una ricerca di mercato, una valutazione del budget e conseguente reperimento fondi in accordo col DL.

## Smear test

L'età ragguardevole dei radionuclidi (e dei materiali che li incapsulano) non in smaltimento rende necessaria la programmazione di misure indirette della contaminazione radioattiva superficiale ed in aria al fine di stimare l'esposizione derivante dall'eventuale dispersione e successiva risospensione di materiale radioattivo per valutarne il contributo alla dose totale.

In OAS tutte le sorgenti di taratura detenute sono permanentemente inserite all'interno di un secondo contenitore in plexiglass, in grado di prevenire potenziali rischi di contaminazione superficiale durante il loro impiego, per maggiore sicurezza, occorre tuttavia prevedere l'esecuzione di misure della contaminazione superficiale rimovibile condotta con tecnica "smear test" o di strofinio su tutte le sorgenti di taratura.



## Miglioramento dell'archivio

A valle del lavoro rendicontato in questo Report si è deciso di prestare maggiore attenzione alla gestione della documentazione che accompagna i radionuclidi all'acquisto e che deve seguire mandatoriamente tutta la vita della sorgente. A questo fine si è deciso di riorganizzare l'archivio della Radioprotezione e di prevederne uno condiviso su Drive consultabile dal DL e dal personale preposto al servizio della sorveglianza fisica della radioprotezione.

INAF - Elenco completo delle sorgenti radioattive solide sigillate detenute

Radionuclide	Bq	kBq	Cod-interno	DataRiferimento
Am-241	383748	384	01	31/12/1982
Co-60	16000	16	02	31/12/1982
Am-241	349608	350	03	01/05/1984
Cs-137	1570647	1571	04	15/10/1984
Cs-137	166520	167	05	30/11/1984
Fe-55	125771	126	06	30/05/1985
Ba-133	122193	122	07	11/05/1990
Na-22	2649	3	08	01/07/1992
Co-57	0,02	0,00	09	15/06/1997
Co-57	0,16	0,00	10	07/01/1999
Co-57	0,17	0,00	11	10/02/1999
Y-88	0,00	0,00	12	20/03/2000
Co-57	1,4	0,00	13	10/08/2000
Co-57 (*)	5,8	0,0	14	01/03/2002
Co-57 (*)	49,2	0,0	15	15/06/2004
Cd-109 (*)	21926,7	21,9	16	15/06/2004
Cd-109 (*)	37660712,6	37660,7	17	17/10/2017
Co-57 (*)	16908337,0	16908,3	18	22/02/2018

Attività al 24-9-19

**(\*) SORGENTI CON CERTIFICATI ORIGINE**

**Sorgenti solide sigillate da caratterizzare tramite  
spettrometria gamma**

<b>Radionuclide</b>	<b>Bq</b>	<b>kBq</b>	<b>Cod-interno</b>
<b>Am-241</b>	<b>383748</b>	<b>384</b>	<b>01</b>
<b>Am-241</b>	<b>349608</b>	<b>350</b>	<b>03</b>
<b>Ba-133</b>	<b>122193</b>	<b>122</b>	<b>07</b>
<b>Cs-137</b>	<b>1570647</b>	<b>1571</b>	<b>04</b>
<b>Cs-137</b>	<b>166520</b>	<b>167</b>	<b>05</b>
<b>Fe-55</b>	<b>125771</b>	<b>126</b>	<b>06</b>
<b>Na-22</b>	<b>2649</b>	<b>2,6</b>	<b>08</b>

Attività riferite al 24-9-19

**Sorgenti sigillate da smaltire**

<b>Radionuclide</b>	<b>Bq</b>	<b>Cod-interno</b>
<b>Co-60</b>	<b>16000</b>	02
<b>Co-57</b>	<b>0,02</b>	09
<b>Co-57</b>	<b>0,16</b>	10
<b>Co-57</b>	<b>0,17</b>	11
<b>Co-57</b>	<b>1,4</b>	13
<b>Co-57</b>	<b>5,8</b>	14
<b>Co-57</b>	<b>49,2</b>	15
<b>Y-88</b>	<b>0,00</b>	12

Attività al 24-9-19