ضبط جودة قياسات مطيافية غاما باستخدام كواشف الجرمانيوم عالية النقاء

أحمد وائل دبل و محمود الغفري
قسم الفيزياء - كلية العلوم - جامعة دمشق - سورية

تاريخ الإيداع 2010/05/13
قبل للنشر في 2010/11/29

الملخّص

جرى التركيز في هذه الدراسة على وضع إجراء لضبط جودة التحاليل والقياسات في مخبر مطيافية غاما باستخدام كواشف أنصاف النواقل من الجرمانيوم عالية النقاء، وتحديد الخطوات الرئيسة لتقدير الارتياب في نتائج القياسات وطرائق الاختبار والمعايرة وتعرف كفاءة الطريقة المستخدمة في الظروف الحقيقية للتشغيل: المحلل، الجهاز، البيئة، المخبر وإلى تقدير المواصفات الإحصائية للطريقة وتقييمها، بحيث تكون هذه المواصفات أساساً لوضع معايير قبول النتائج أو رفضها، ولتقييم جودة التحاليل الناتجة عن استخدام هذه الطريقة.

الكلمات المفتاحية: مطيافية غاما، مخطط السبب والأثر، التكرارية، قابلية الإعادة، الحد الأدنى للكشف، مخططات الضبط الإحصائي.

Quality Control Of Gamma Spectrometry Using HPGE Detectors

A. W. Doubal and M. Alghafri
Department of Physics, Faculty of Sciences, Damascus University, Syria

Received 13/05/2010
Accepted 29/11/2010

ABSTRACT

Quality Control procedure Of Gamma Spectrometry measurements using semi conductor HPGe Detectors and determination the uncertainty budget of the measurements and calibrations have been prepared.

Depending on this procedure we can evaluate the quality of the results to be accepted or not, and where the correction actions should be used.

Key words: Gamma spectrometry, Fishbone diagram, Detection Limit, Repeatability and reproducibility, Control Charts.

1- مقدمة

إن التغيرات والتحولات الجذرية المهمة التي شهدها العالم خلال العقدين الأخيرين والتي تمثلت بثورة المعلومات وازدياد المنافسة في السوق الدولية وظهور عوامل المفاضلة بين المنتجات والخدمات، جعلت من الجودة قضية العصر.

وكما هو معروف فإن تطبيق أنظمة إدارة الجودة تعمل على تحسين نوعية المنتجات وتطويرها، كما تعمل على خفض تكاليف التشغيل وتنسيق مراحل العمل وتحقيق التحسين المستدام في الطريقة المتبعة.

ومن هنا تولدت الحاجة لتطبيق نظام الجودة وفقاً لمبادئ المواصفات العالمية 9000 ISO.

وتهدف المواصفات القياسية الدولية ISO 9000 الخاصة بإدارة أنظمة الجودة المطبقة في منشآت الإنتاج والخدمة والاختبار إلى تأكيد وضمان تقديم المنتج أو الخدمة للزبون وفق متطلباته وبمستوى الجودة نفسه في كل مرة.

إن تطبيق هذه المواصفات يؤهل الطريقة بأن تتمتع بصفات الثبات والاستقرار والمحافظة على درجة الجودة المحددة، وأنها تتبع سياسة التطوير والتحسين المستدام.

ويمكن تعريف ضمان الجودة [1] بأنه النشاطات المدروسة كلّها والمنهجية المطبقة في نظام الجودة التي يمكن إثباتها عند الحاجة لإعطاء الثقة الكافية بأن مؤسسة ما تفي بمتطلبات الجودة.

أما ضبط الجودة فهو الأساليب العملية والنشاطات التي تهدف إلى مراقبة العمليات وإزالة أسباب الأداء غير المقبول في مراحل دورة الجودة كلّها.

2- التحقق من صلاحية طريقة القياس Method Validation [2,3]

ويقصد من التحقق من صلاحية الطريقة إجراء عدد من القياسات والتحاليل بواسطة الطريقة المتبعة في ظروف المخبر لتعرف معاملات الطريقة ومتانتها، ومن ثم مقارنة هذه المعاملات بمتطلبات القياس أو التحليل المطلوب، واعتماد هذه الطريقة في حال مطابقتها لمتطلبات الجودة المطلوبة. ويتضمن هذا الإجراء تحديد ثلاثة حدود أساسية:

الحد الأدنى للكشف، والتحقق من تكرارية الطريقة، وقابلية الإعادة.

2-1- الحد الأدنى للكشف Method Detection Limit

ويقصد بالحد الأدنى للكشف أقل كمية من المادة المفحوصة التي يمكن كشفها في العينة.

2-2- تكرارية الطريقة Repeatability

وتعرف بمدى تقارب النتائج المنفردة من بعضها بعضاً والناتجة عن إجراء تحليل أو

قياس على عينة ما وبطريقة معينة وضمن شروط ثابتة (الجهاز، المحال، المعايرة، أقصر زمن تحليلي ممكن...

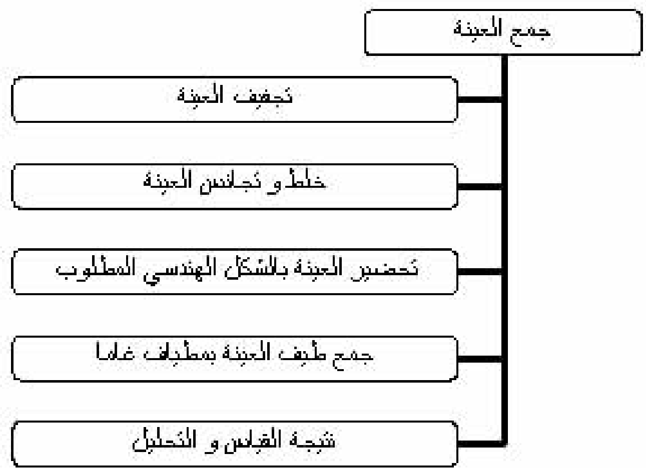
2-3- قابلية الإعادة Reproducibility

وهي مدى تطابق نتائج قياس عدة عينات مقتطعة من عينة متجانسة عند تكرار الطريقة التحليلية المدروسة عليها في مخابر مختلفة (دراسة مشتركة أو دراسات مقارنة).

3- دراسة الارتياب:[4,5]

لتوثيق نتائج القياس لا بد من تقدير ارتياب القياس عبر مخطط السبب والأثر، وتوضيح مساهمة كل من المركبات الجزئية للارتياب في المحصلة النهائية لارتياب القياس.

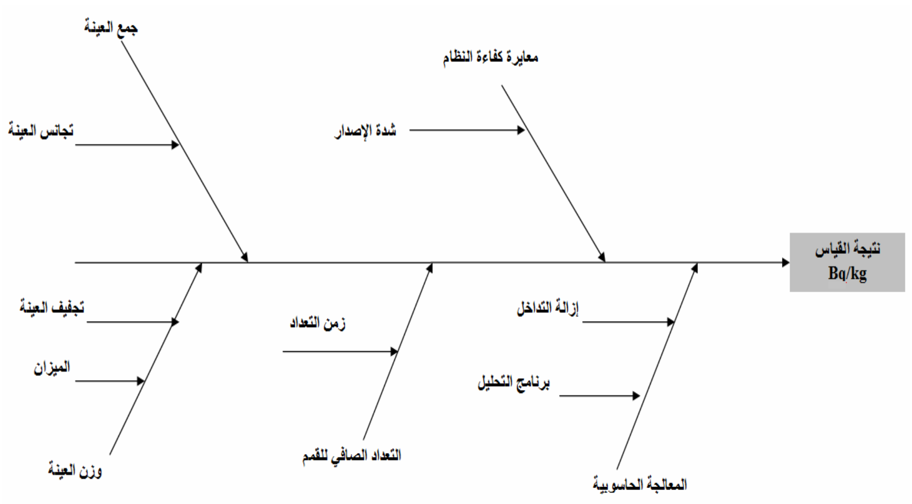
ويوضح الشكل (1) مخططاً صندوقياً يحدد الخطوات الأساسية في طريقة القياس والمعايرة حيث نجد من خلاله المعاملات الرئيسية التي تؤثر في نتيجة القياس.



الشكل (1) المخطط الصندوقي لمراحل عمل الطريقة

1-3- **تحديد مصادر الارتياب:**

تُحدد مصادر الارتياب في قياسات مطيافية غاما انطلاقًا من النموذج الرياضي للمقدار المقيس، وهو نشاط العينة A(Bq/kg). وبمعرفة المعاملات الرئيسية التي تدخل بشكل مباشر في عبارة الارتياب في هذه القيمة، ومن ثم تفصيل جميع المعاملات الجزئية المؤثرة في تلك المعاملات الرئيسية، كما يوضح ذلك مخطط السبب والأثر (الشكل 2).



الشكل (2) مخطط السبب والأثر في قياسات مطياف غاما

3-2- تقدير الارتياب في حساب نشاط العينة المقيسة[6]:

لتقدير الارتياب في حساب نشاط العينة يمكننا انطلاقاً من العلاقة الأساسية في تحديد النشاط تحديد المتغيرات المؤثرة في قيمة النشاط الكلي.

$$A_m = \frac{S_n}{t_a} \times \frac{100}{\varepsilon} \times \frac{100}{M_i} \times \frac{1}{w} \times k \times C_d \qquad (1)$$

إذ:

A_m نشاط العينة في تاريخ القياس بالنسبة إلى خط طيفي معين (بيكرل/كغ)

S_n مساحة القمة الصافية

t_a زمن تعداد العينة (ثانية)

ε كفاءة التعداد لطاقة غاما المدروسة (نسبة مئوية %)

M_i شدة الإصدار الطيفية لطاقة غاما المدروسة (نسبة مئوية %)

w وزن العينة (كغ)

C_d معامل تصحيح التفكك لحظة التعداد

k معامل تحويل وحدة النشاط، ويمثل النسبة بين وحدة البيكريل (Bq) ووحدة النشاط المطلوب.

3-2-1- تصحيح زمن التفكك

يمكن إجراء تصحيح زمن تفكك النظائر المشعة المدروسة على مرحلتين. المرحلة الأولى معامل تصحيح التفكك خلال زمن تعداد العينة، ويطبق هذا الإجراء إذا كان عمر نصف المادة المشعة المدروسة أصغر من زمن تعداد العينة نفسها؛ وذلك وفق العلاقة الآتية:

$$C_{d1}=\frac{\lambda t_L}{1-e^{-\lambda t_L}} \qquad (2)$$

إذْ:

C_{d1} معامل تصحيح التفكك في أثناء زمن التعداد
λ ثابت التفكك للنظير المشع المدروس
t_L زمن تعداد العينة

المرحلة الثانية معامل تصحيح التفكك لزمن معين (زمن جمع العينة أو لزمن مرجعي) وذلك وفق العلاقة الآتية:

$$C_{d2}=e^{-\lambda(t_r-t_s)k} \qquad (3)$$

إذْ:

C_{d2} معامل تصحيح التفكك لغاية زمن التعداد
t_r زمن جمع العينة (زمن مرجعي)
t_s زمن بداية تجميع طيف العينة
k معامل تحويل الزمن إلى ثانية

ومن ثم يتم تصحيح نشاط العينة المقيسة في تاريخ القياس بواحدة البيكرل اعتماداً على العلاقة:

$$A'_{g_i}=A_{g_i}C_d \qquad (4)$$

إذْ: $C_d=C_{d1}\times C_{d2}$

ويقدر الخطأ في حساب النشاط المصحح لتاريخ القياس بالعلاقة:

$$\sigma_{A'_{gi}}=\sigma_{A_{gi}}C_d \quad (5)$$

ومن ثم بإهمال الارتياب في تصحيح الزمن، يعطى الارتياب في قيمة النشاط وفق العلاقة:

$$\sigma_{A_m}=A_m\sqrt{\left(\frac{\sigma_{S_n}}{S_n}\right)^2+\left(\frac{\sigma_{\varepsilon_i}}{\varepsilon_i}\right)^2+\left(\frac{\sigma_{M_i}}{M_i}\right)^2+\left(\frac{\sigma_w}{w}\right)^2} \qquad (6)$$

3-3- وسطي النشاط والارتياب الموافق:[7]

ويتم حساب قيمة النشاط الكلي للعينة في حال وجود أكثر من منطقة مدروسة باعتماد علاقة الوسطي الموزون وفق العلاقة:

$$A=\frac{\sum_i A_i\big/(\sigma_{A_i})^2}{\sum_i 1\big/(\sigma_{A_i})^2} \qquad (7)$$

ويعطى الارتياب في قيمة الكفاءة الكلية الموزونة وفق العلاقة:

$$\sigma_A = \frac{1}{\sqrt{\sum_i 1 \Big/ (\sigma_{A_i})^2}} \qquad (8)$$

4- حساب الحد الأدنى للكشف

يعرف الحد الأدنى للكشف (MDL) وفـق دليـل (Eurachem2000)[4,5] بأنـه التركيز الأدنى الذي يمكن لأجهزة المختبر التحليلية أن تكتشفه في العينة المحلّلة ضـمن حد الثقة المطبق بالطريقة.

ويمكن حساب الحد الأدنى للكشف اعتماداً على طيـف الخلفيـة الطبيعيـة الخـاص بالكاشف التي قيست به العينة؛ إذْ يمكننا حساب الحد الأدنى للكشف بشكل مـستقل عـن نشاط العينة، ولكن مرتبط بكل منطقة مدروسة حيث تُطبق صيغتان، الأولى في حالة قمة أحادية لا تتداخل مع قمة أخرى

$$MDL(Bq/kg) = \frac{8.8\sqrt{R(keV)\times B}\,(cps/keV)}{T(\sec)\times \varepsilon(cps/Bq)\times I \times w(kg)}$$

$$MDL = 8.8\sqrt{R\times B}\times C \qquad (9)$$

إذْ:

$$C = \frac{1}{T\times\varepsilon\times I\times W}$$

أما الصيغة الثانية في حال وجود تداخل في القمة مع قمم أخرى فهي:

$$MDL = 3.96\sqrt{6\times R\times B + 2\times Si}\times C \qquad (10)$$

إذْ:

S_i مساحة القمة الصافية للقمة المتداخلة
R مقدرة الفصل عند القمة المدروسة keV
B وسطي تعداد الخلفية الطبيعية للقمة المدروسة (cps/keV)
I شدة الإصدار الطيفي(%)
T زمن التعداد (s)

5- الأجهزة والأدوات المستخدمة:

لإتمام قياسات مطيافية غاما بشكل صحيح يجب أن تتم أولاً معايرة النظـام، ويـشير الجدول (1) إلى مواصفات التجهيزات المستخدمة في معايرة منظومة المطيافية باستخدام كواشف الجرمانيوم عالية النقاء HPGe.

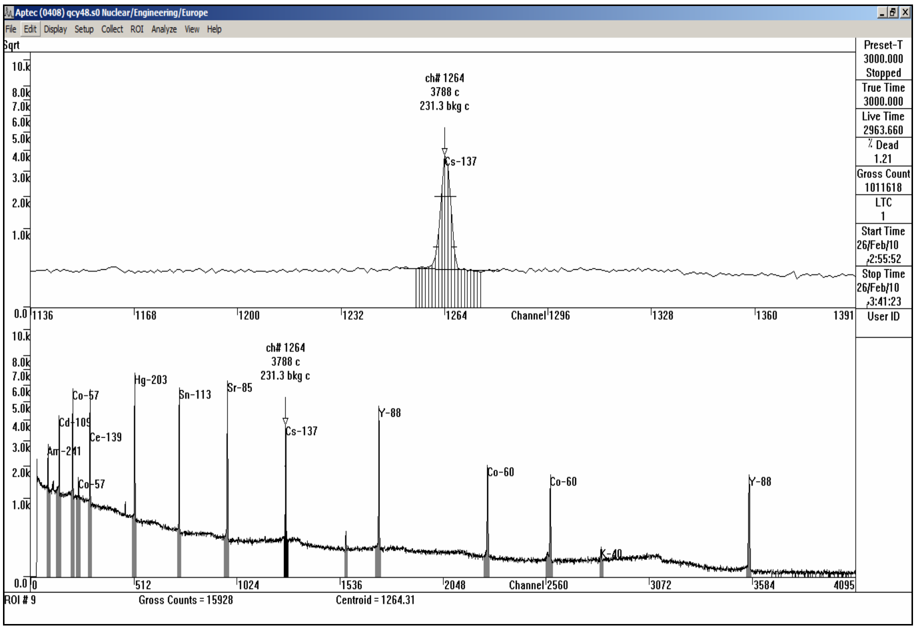
الجدول (1) التجهيزات المستخدمة في معايرة مطيافية غاما التقليدية

الكاشف	المواصفات
كاشف جرمانيوم عالي النقاء	*P-Type-RE80%Eurisys Measures France*
محلل متعدد الأقنية	*MCA Aptec-Canada*
مضخم طيفي	*Amplifier Canberra USA*
وحدة جهد عال	*High voltage Canberra USA*
منابع نقطية عيارية	*Amersham point source Amersham-UK*
عينات عيارية مرجعية	*RGU-1,RGTH,RGK IAEA-VIENNA*
برنامج تحليل طيفي	*InterWiner-4.5Eurisys Measures France*

6- القياسات والنتائج:

جرى تحضير العينة العيارية QCY48 بالشكل الهندسي المحدد للقياس وتعداد العينة عشر مرات على كاشف الجرمانيوم عالي النقاء، فضلاً عن تحضير عينة تربة حقيقية تحتوي (10بيكريل/كيلوغرام) من Cs-137 لتستعمل في تحديد الحد الأدنى للكشف (MDL).

حيث جرى جمع طيف للعينات المدروسة بتطبيق تقنية مطيافية غاما كما هو موضح في الشكل (11)، نلاحظ من الطيف الخطوط الطيفية العائدة للنظائر المشعة الطبيعية والصنعية.



الشكل (3) طيف غاما المسجل للعينة QCY48 باستخدام مطياف غاما

1-6-تحديد الحد الأدنى للكشف للطريقةMethod Detection Limit

يمكن أن نلخص الإجراء المتبع بتحديد الحد الأدنى للكشف بالخطوات الأساسية الآتية:

1. تؤخذ عينة تربة محللة مسبقًا ومعلومة النشاط، بحيث تكون قيمة العنصر المـدروس نحو 5 - 7 مرات قيمة الحد الأدنى للكشف النظري لمطياف غاما.

2. ومن ثم تقاس وتحلل العينة في الشروط نفسها 10 مـرات، ويحـسب الانحـراف المعياري وفق المعادلة (11)، تحسب قيمة الحد الأدنى للكشف النظـري للطريقـة وفـق المعادلة (12):

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{I=1}^{I=n}(X_{I}-\overline{X})^2}{(n-1)}} \qquad (11)$$

$$MDL=3\times SD \qquad (12)$$

3. وتُقارن نتائج الحد الأدنى للكشف النظري والمحسوبة من خلال برنـامج التحليـل المستخدم InterWinner، كما يظهر في الجدول (2).

الجدول(2) مقارنة حساب قيمة الحد الأدنى للكشف MDL، كفاءة الكاشف 80%، زمـن العـد 1000 ثانية، الشكل الهندسي للعينة اسطواني، الوزن 174 gr

Activity Bq/kg	SD	MDL=3×SD Bq/kg	MDL Bq/kg (InterWinner)
10.3	0.76	2.29	2.96
9.1			3.73
9.7			3.63
9.7			2.76
9.4			4.1
11.6			3.09
8.9			4.07
9.7			2.94
9.5			3.77
9.2			3.67

نلاحظ من الجدول (2) أن الحد الأدنى للكشف المحسوب وفق برنامج التحليل يتوافق مع الطريقة القياسية (MDL=3×SD)، ويظهر فـي الجـدول (3) نتـائج قـيم MDL المحسوبة للنظائر المشعة الطبيعية والصنعية باستخدام عينات حقيقية اعتماداً على المعادلة (10).

الجدول (3) حساب MDL بالنسبة إلى كاشف HPGe 80% بزمن عد، 5000 ثانية.

radionuclide	Energy (keV)	R (keV)	B (counts/keV)	C	MDL (Bq/kg)
Am-241	59.5	0.9	453.8	6.7	26.9
Co-57	122	1.3	380.4	52.8	3.7
Ra-226	186	1.1	1530	23	18.6
Cs-137	661	1.6	133.2	22.4	5.7
Co-60	1332	2.1	33.5	14.7	4.9
K-40	1460	2.1	54	17.1	12.4

2-6- تحديد تكرارية الطريقة Repeatability

يمكن أن نلخص الإجراء المتبع بتحديد تكرارية الطريقة بالخطوات الأساسية الآتية:

1. تؤخذ عينة طبقًا لماهية العينة ذات قيمة معلومة، بحيث تقع هذه القيم في وسط منحنى المعايرة تقريباً.

2. تقاس العينة 10 مرات في الشروط نفسها وأقرب ما يمكن إلى الثباتية في شروط القياس والتحليل وبأقصر زمن تحليلي ممكن، أي نقوم بالتحليل على الجهاز ذاته، وبالمحال ذاته وفي اليوم ذاته.

3. تحسب القيم التالية من هذه النتائج:

معامل الانحراف المعياري للتكرارية SDr حسب المعادلة (11) كما في حساب SD -

حدود الثقة $$CL = \frac{t \times SD_r}{\sqrt{n}} \qquad (13)$$

إذْ: t=2.82 عند حد الثقة 98 %

الانحراف المعياري النسبي للتكرارية:

$$RSD = \frac{SD_r}{\bar{X}} \times 100 \qquad (14)$$

الجدول (4) اختبار تكرارية الطريقة

رقم	القيمة المقيسة		
1	38.1	36.52	القيمة الوسطية التجريبية
2	34.1	1.52	الانحراف المعياري
3	36.1	4.16 %	الانحراف المعياري النسبي
4	37.5	1.36	*CL*
5	35.5		
6	36.3		
7	36.0		
8	35.5	التكرارية	
9	36.6	$x = \bar{x} \pm (std \times t)/\sqrt{n}$	
10	39.5	6 1.3± 36.52	

نلاحظ من الجدول (4) عند تطبيق اختبار تكرارية الطريقة أن معامل الانحراف المعياري للتكرارية (1.36) أقل من قيمة الانحراف المعياري للقيمة الوسطية التجريبية (1.52). وهذا مؤشر على جودة اختبار تكرارية الطريقة التحليلية.

6-2- قابلية الإعادةReproducibility :

يمكن أن نلخص الإجراء المتبع بتحديد قابلية الإعادة بالخطوات الأساسية الآتية:

نستعمل العينة العيارية المستخدمة في اختيار التكرارية نفسها. حيث يتم عد العينة عشر مرات عشرة أيام، مرة كل يوم. ويوضح الجدول (5) قيم اختبار قابلية إعادة الطريقة حيث تم عد العينة العيارية QCY48 عشر مرات، وحسبت القيمة الوسطى التجريبية والانحراف المعياري لعشرة مكررات من أجل Cs-137.

الجدول (5) اختبار (قابلية إعادة) الطريقة

رقم	القيمة المقيسة		
1	41.1	38.8	القيمة الوسطية التجريبية
2	40.2	2.3	الانحراف المعياري
3	41.4	%5.8	الانحراف المعياري النسبي
4	34.5	2.04	*CL*
5	36.2		
6	38.4		
7	38.1		
8	40.1	التكرارية	
9	37.3	$x = x \pm (std \times t)/\sqrt{n}$	
10	40.4	2.04 ± 38.8	

نلاحظ من الجدول (5) عند تطبيق اختبار قابلية إعادة الطريقة أن معامل الانحراف المعياري لقابلية الإعادة (2.04) أقل من قيمة الانحراف المعياري للقيمة الوسطية التجريبية (2.3).

فضلاً عن أن قيمة معامل الانحراف المعياري للتكرارية من الجدول 4 (1.36) أقل من قيمة معامل الانحراف المعياري لقابلية الإعادة الجدول 5 (2.04)، وهذا بسبب تغيير أحد الشروط التحليلية من درجة حرارة المخبر أو الرطوبة النسبية، أو التغير النسبي في موضع العينة على سطح الكاشف في أثناء إجراء القياس.

6-6-تقدير الخطأ النسبي لطريقة القياس

تؤخذ عينة مرجعية موثقة وصالحة للاستعمال وتحلل 10 مرات، وتحسب القيمة الوسطية X، ثم نحسب الخطأ النسبي على الشكل الآتي:

$$RE(\%) = \frac{\overline{X} - reference.value}{reference.value} \times 100$$

الجدول (6) نتائج تقدير الخطأ النسبي لطريقة القياس

رقم	القيمة المرجعية	القيمة المقيسة	الخطأ النسبي $RE(\%)$
1	39.96	38.1	-4.65
2	39.96	34.1	-14.66
3	39.96	36.1	-9.66
4	39.96	37.5	-6.16
5	39.96	35.5	-11.16
6	39.96	36.8	-7.91
7	39.96	36.2	-9.41
8	39.96	35.5	-11.16
9	39.96	36.6	-8.41
10	39.96	39.5	-1.15
average	39.96	36.59	-8.43

نلاحظ من الجدول (6) أن نتائج تقدير الخطأ النسبي لطريقة القياس تشير إلى وجود خطأ نسبي سالب (-8.43%)، وهذا يدل على أن نتائج القياس تعاني من انحراف نحو القيم الدنيا بنسبة يمكن تصحيحها وفق العلاقة الآتية:

$$A_r = A_m \times (1 + RE\%)$$

إذْ:

A_r قيمة النشاط الحقيقي للعينة بعد إجراء التصحيح Bq/Kg

A_m قيمة النشاط المقيس للعينة Bq/Kg

7- مخططات الضبط الإحصائي

نستخدم مخططات الضبط الإحصائي لمراقبة أداء نظام مطيافية غاما وندرس ثلاثة متغيرات أساسية وهي: الخلفية الطبيعية وكفاءة التعداد وعرض القمة في منصف المجال (FWHM)، ونستخدم لمراقبة كفاءة التعداد و(FWHM) منبع نقطي أوعينة عيارية موثقة QCY48 معبأة في الشكل الهندسي الاسطواني المستخدم، كما نراقب الشروط التشغيلية في المخبر من درجة الحرارة ونسبة الرطوبة.

7-1- مخططات الضبط الإحصائي باستخدام العينة العيارية QCY48:

نضع العينة العيارية على سطح الكاشف ونجمع طيف العينة مدة 5000 ثانية.

عند انتهاء العد نجري عملية بحث عن قمم وتحليل العينة لرسم بطاقات الضبط الإحصائي للمتغيرات المحددة، إذْ إن قيمة نشاط العينة العيارية معلومة. ويحدد حدا التحذير (المرتفع والمنخفض) وحدا اتخاذ القرار (المرتفع والمنخفض) وفق المعادلات الآتية:

حد التحذير المرتفع $HWL = Average + 2\sigma$

حد التحذير المنخفض $LWL = Average - 2\sigma$

حد اتخاذ القرار المرتفع $HAL = Average + 3\sigma$

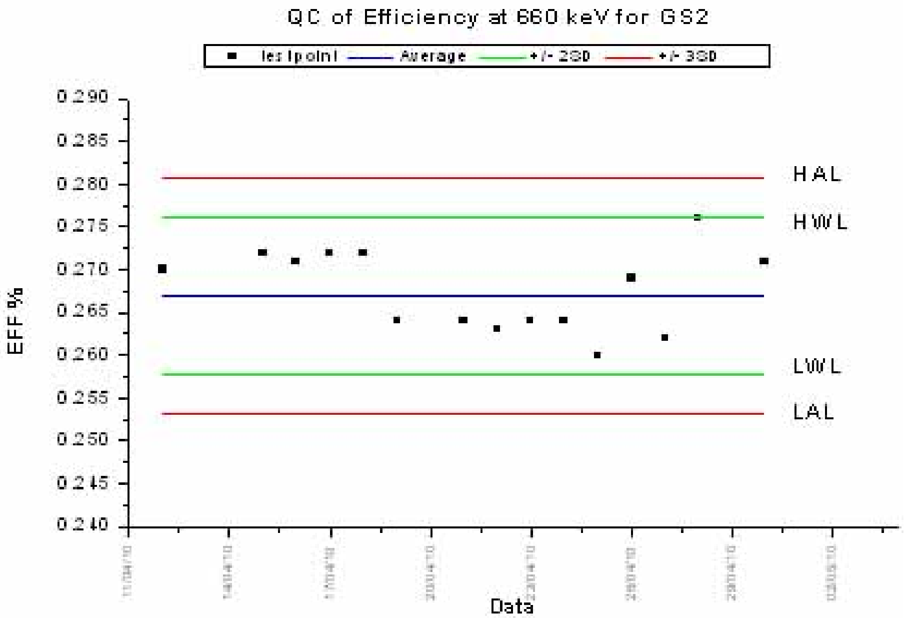
حد اتخاذ القرار المنخفض $LAL = Average - 3\sigma$

ومن ثم في حال انحراف قيمة الكفاءة المسجلة باتجاه قيمة (أدنى أوأعلى) بمقدار يزيد على قيمة الانحراف المعياري لحساب الكفاءة بمرتين تصحح نتائج العينات المقيسة فـي تلك المدة بالنسبة نفسها.

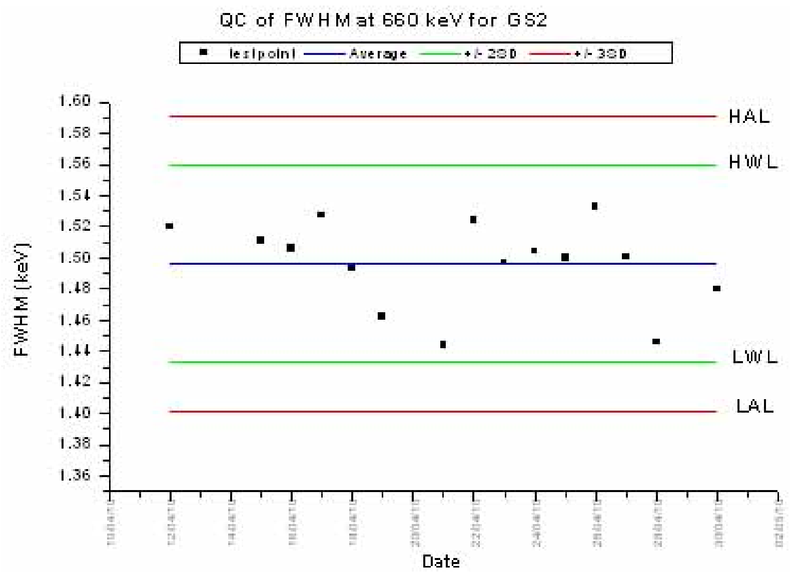
أما في حال انحراف قيمة الكفاءة المسجلة باتجاه قيمة (أدنى أو أعلى) بمقـدار يزيـد على قيمة الانحراف المعياري لحساب الكفاءة بثلاث مرات فيتحرى عن الـسبب، وتعـاد معايرة النظام فضلاً عن تصحيح نتائج العينات المقيسة في تلك المدة بالنسبة نفسها.

ويوضح الشكلان (4-5) مخططات الضبط الإحصائي لمراقبة كفاءة ومقـدرة فـصل الكاشف على التوالي باستخدام العينة العيارية QCY48، فـي حـين يبـين الـشكل (6) مخططات الضبط الإحصائي لمراقبة الخلفية الطبيعية الكاشف.

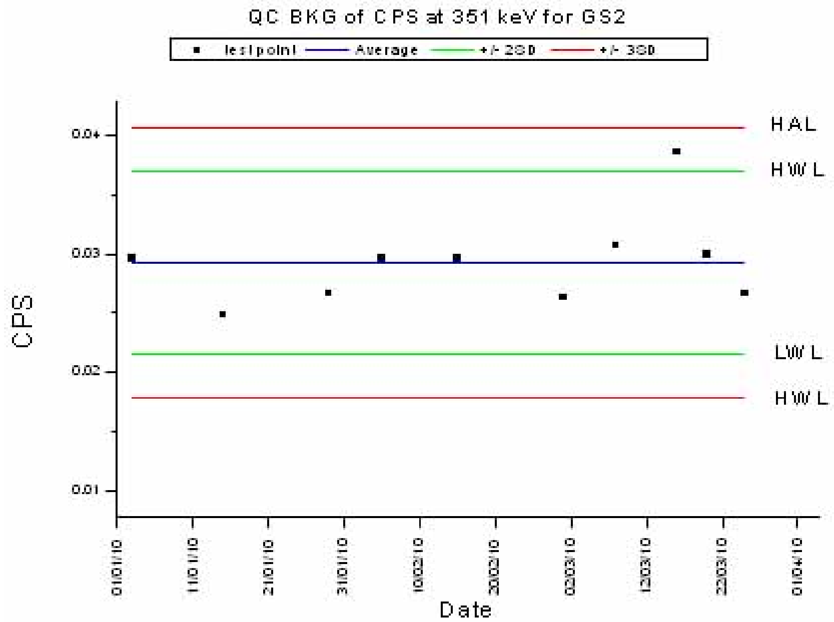
ونلاحظ من الأشكال (4-5-6) عدم وجود قيم شاذة خارج نطاق حد اتخـاذ القـرار، وهذا مؤشر على استقرار منظومة الكشف والقياس.



الشكل (4) بطاقة الضبط الإحصائي لمراقبة كفاءة الكاشف باستخدام العينة العيارية QCY48



الشكل (5) بطاقة الضبط الإحصائي لمراقبة مقدرة فصل الكاشف باستخدام العينة العيارية QCY48.



الشكل (6) بطاقة الضبط الإحصائي لمراقبة الخلفية الطبيعية للكاشف

7-2- مراقبة درجة حرارة المختبر

توثق درجة الحرارة والرطوبة النسبية يومياً (القيمة العظمى والدنيا خلال 24 ساعة السابقة) وتفقد شروط التبريد إذا تجاوزت الحرارة 26 درجة.

8- الاستنتاجات والتوصيات:

جرى العمل في هذه الدراسة على وضع إجراء لضبط جودة القياسات في مخبر مطيافية غاما باستخدام كواشف أنصاف النواقل من الجرمانيوم عالية النقاء، كما جرى تحديد الخطوات الرئيسية لتقدير الارتياب في نتائج القياسات وتحديد طرائق الاختبار التي تؤكد وثوقية الطريقة التحليلية وتقدير المواصفات الإحصائية للطريقة وتقييمها، بحيث تكون هذه المواصفات أساساً لوضع معايير قبول النتائج أو رفضها، ولتقييم جودة التحاليل الناتجة عن استخدام هذه الطريقة.

وتوصي الدراسة بضرورة تنفيذ القياسات والتحاليل وفق إجراء موثق ومنهجي لضمان جودتها، ويجب أن يتم توثيق نتائج التحليل بالشكل المناسب في سجلات وتطبيق آليات منهجية لضبط جودتها.

أما التجهيزات فيجب أن تُرمز بالشكل المناسب، وتمييز تلك التي لا تعمل بشكل جيد أو تلك التي مازالت قيد الاختبار للحيلولة دون استخدامها في القياسات دون أن تكون جاهزة فنياً، وإجراء برامج معايرة دورية وصيانة وقائية لها.

أما ضبط الوثائق فيجب أن يتم توثيق الأعمال والإجراءات في المخبر كافة.

كما يجب أن تتم مراجعة نظام ضمان الجودة بشكل دوري بهدف التحسين والتطوير.

كلمة شكر

نتوجه بالشكر الجزيل للأستاذ الدكتور إبراهيم عثمان مدير عام هيئة الطاقة الذرية السورية على مساندته ودعمه لإنجاز هذا البحث.

وشكر خاص للعاملين في مخبر القياسات الإشعاعية في هيئة الطاقة الذرية ولكل يد أسهمت في إتمام هذه الدراسة.

REFERENCES المراجع

1. **International standard. (2005). General Requirements for the Competence of Testing and Calibration Laboratories. *ISO/IEC-17025*, switzrland, 36p.**
2. **US FDA.ICH Guidelines Q2A. (1995). Text on validation of analytical procedures, Rockville, MD,15p.**
3. **US FDA.ICH Guidelines Q2B. (1997). Validation of Analytical Procedures: Methodology, Rockville, MD, 12p.**
4. **EURACHEM/CITAC Guide. (2000). Quantifying Uncertainty in analytical Measurement, Second Edition, UK,126p.**
5. **EURACHEM Guide. (1996). The Fitness for Purpose of Analytical Methods - A Laboratory Guide to Method Validation and Related Topics, UK,75p.**
6. ***INTER WINNER CATALOGUE VR.4.1***
7. **J.C Miller and J. N. Miller. (1993). Statistics For Analytical Chemistry, New York, 233 p.**