**نشرة إعلامية فصلية تصدر عن قسم الوقاية والأمان في هيئة الطاقة الذرية السورية**

**في هذا العدد:**

* الوقاية الاشعاعية في تعرض الجمهور
* الجرعات الاشعاعية الناجمة عن التلوث السطحي بالسترونسيوم90
* قياس جرعة الأشعة UVA بواسطة الكاشف الهلامي المتلون بالإشعاع
* تعليمات عامة لتجنب التلوث الإشعاعي في المخابر الإشعاعية
* الآثار الاشعاعية على الجنين
* الدورة التدريبية الوطنية حول الوقاية الإشعاعية في التعرضات الطبية التشخيصية والعلاجية

## الوقاية الاشعاعية في تعرض الجمهور

نصت القواعد التنظيمية العامة للوقاية الإشعاعية وأمان المصادر الأشعة وأمنها المرافقة المنفذة لأحكام المرسوم التشريعي رقم /64/ تاريخ 3/8/2005 فيما يخص الوقاية الاشعاعية في تعرض الجمهور على:

**المادة 61: إطلاق مواد مشعة في البيئة**

أ) يمنع إطلاق المواد المشعة الناجمة عن ممارسات أو مصادر مرخصة في البيئة بما فيها النفايات المشعة إلا إذا كان الاطلاق ضمن الحدود التي تعتمدها الهيئة أو التي تحددها في الترخيص، وعلى أن يكون الإطلاق بأسلوب متحكم به مرخص من الهيئة.

ب) يمنع اطلاق مواد مشعة غير قابلة للانحلال في الماء الى شبكة الصرف الصحي العامة.

ت) على المستثمر القيام بالمراقبة البيئية خلال تشغيل المنشآت أو المصادر التي بحوزته وفقاً للتعليمات الصادرة عن الهيئة.

ث) على المستثمر إبلاغ الهيئة بأي إطلاق يتجاوز الحدود المسموح بها.

**المادة 62: حدود تلوث مياه الشرب والمواد الغذائية والسلع**

لا يجوز عرض مياه الشرب أو أية مادة غذائية أو سلعة للاستهلاك في الأراضي السورية أو تداولها إذا وجد فيها تلوث إشعاعي بمواد مشعة يتجاوز الحدود المعتمدة من قبل الهيئة.

**المادة 63: المنتجات الاستهلاكية**

أ. لا يجوز إدخال المنتجات الاستهلاكية الحاوية على مواد مشعة الى القطر إلا في الحالات التالية:

(1) اذا كان التعرض الناتج عنها مستثنى من القواعد بموجب المادة 4.

(2) إذا كانت هذه المنتجات مستوفية لمتطلبات الإعفاء المحددة في المادة 5 أو كانت معفاة بشكل آخر من قبل الهيئة.

(3) اذا وافقت الهيئة على استخدام هذه المنتجات من قبل الجمهور.

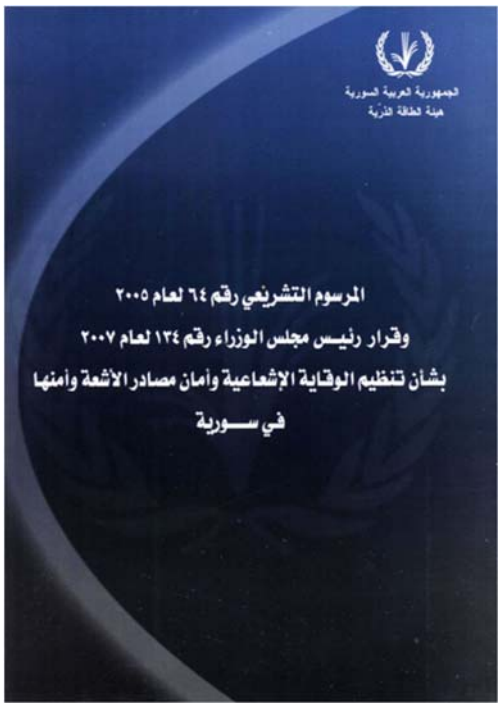
ب. على من يقوم بإدخال منتجات استهلاكية قد تسبب تعرض الجمهور، بغرض بيعها أو توزيعها، أن يرفق مع طلب الترخيص المقدم الى الهيئة ما يفيد موافقة بلد المنشأ على بيع أو توزيع هذه المنتجات للجمهور فيه.

ت. لا يسمح بإدخال منتجات استهلاكية حاوية على مواد مشعة بغرض بيعها او توزيعها في القطر ما لم يستوف ما يلي:

(1) وجود علامات ومعلومات واضحة وثابتة على المنتج الاستهلاكي وغلافه باللغة العربية تبين:

- أن المنتج يحوي مواد مشعة.
- أن بيع المنتج أو توزيعه إلى الجمهور حاصل على موافقة الهيئة.

(2) إرفاق المعلومات والتعليمات الأساسية مع المنتج باللغة العربية والتي تبين النظائر المشعة الموجودة فيه ونشاطها الاشعاعي ومعدلات الجرعة الاشعاعية خلال الاستخدام العادي والصيانة، والاحتياطات اللازم اتخاذها خلال التعامل به بأي شكل من الأشكال (تركيب المنتج واستخدامه وصيانته والتخلص منه...).



# الجرعات الإشعاعية الناجمة عن التلوث السطحي بالسترونسيوم90

تستخدم في المجال الطبي مواد مشعة مفتوحة تختلف بإصداراتها من نظير مشع لآخر وغالباً ما تكون ذات أعمار نصف قصيرة، حيث يستخدم اليود المشع (I-131 وI-123) لتشخيص ومعالجة الغدة الدرقية وضمورها وزيادة إفرازها وكما يستخدم التكنسيوم (Tc-99) في تصوير القلب والنضح الرئوي والأوعية الدموية والكثير من الاستخدامات الأخرى، بالإضافة إلى استخدام الكريبتون (Kr-81) والفاليوم (Ga-67) لتشخيص ومعالجة الأورام، والسيلينيوم (Se-75) لتصوير الغدة الدرقية والايتريوم (Y-90) الذي يجري تحضيره من السترونسيوم90 لتصوير العظام.

تعد مخابر إنتاج المواد الصيدلانية والطبية المشعة لأغراض المعالجة والتشخيص، وأماكن استعمالها من المناطق المعرضة للتلوث الإشعاعي، ومهما كانت نشاطية هذه المواد منخفضة أو مرتفعة فإن التماس المباشر للعاملين معها في حال تسربها سوف يشكل خطراً اشعاعياً لاسيما عند تعرض الجهاز التنفسي لهذه المواد.

يعد السترونسيوم90 (Sr-90) عنصراً مشعاً يتشكل نتيجة الانشطار النووي لليورانيوم والبلوتونيوم ويُعزى وجوده في البيئة إلى اختبارات الأسلحة النووية الجوية، وحوادث مفاعلات الانشطار النووية. يستخدم السترونسيوم90 كمقفي أثر في البحوث الطبية والزراعية بالإضافة إلى استخدامه في توليد الطاقة عن طريق البطاريات الذرية.

يتفكك السترونسيوم90 (عمر النصف 29 سنة) إلى عنصر الايتريوم90 (عمر النصف 64 ساعة) مصدراً جسيمات بيتا بنسبة 100% وبطاقة عظمى تقدر بـ 546 كيلو إلكترون فولت وطاقة وسطية 195 كيلو إلكترون فولت، وبدوره يتفكك الايتريوم90 إلى الزركونيوم (Zr-90) المستقر مصدراً جسيمات بيتا بطاقة عظمى وقدرها 2.283 ميغا الكترون فولت، وطاقة وسطية 0.93 ميغا إلكترون فولت.

يدخل السترونسيوم90 إلى الجسم عبر الطرق التنفسية والهضمية وغالباً ما يتم اندخاله بنسبة كبيرة عن طريق استهلاك الطعام والماء وله سلوكية الكالسيوم ذاتها، حيث يتوضع في العظام والنسج المولدة للدم (نقي العظم) مسبباً أمراض السرطان واللوكيميا وسرطان الأنف والرئة. يُمتص السترونسيوم في الجسم بنسبة 20 إلى 30%، في حين يُطرح الباقي، وتتوضع ما يقارب 99% من الكمية الممتصة في العظام حيث يتفكك مع الزمن أو يطرح مع البول خلال عمليات الأيض إلى خارج الجسم.

تحسب الجرعة الإشعاعية الفعالة للتعرض الخارجي الناجمة عن الأرض الملوثة تلوثاً ثابتاً أو غير ثابت خلال فترات مختلفة (شهر واحد، شهرين) وخلال مدة زمنية طويلة نوعاً ما (خمسين سنة) من خلال معاملات تحويل ثابتة خاصة بهذه الفترات الزمنية، وتتضمن هذه الجرعة التعرض الخارجي والجرعة المودعة الناجمة عن التعرض الداخلي (عن طريق التنفس) معاً. وبمعرفة تركيز المواد المشعة المترسبة على الأرض (التلوث السطحي)، يمكن تقدير الجرعة الفعالة من العلاقة التالية:

$$E_t = C_{ground} \cdot CF_{ground,t}$$

حيث:

$E_t$: الجرعة الفعالة بالميلي سيفرت (mSv) الناجمة عن البقاء على أرض ملوثة لمدة زمنية t

t: تقدر بمدة شهر، شهرين أو خمسين عام وهي مرتبطة بالمعامل ($CF_{ground,t}$).

$C_{ground}$: التركيز الوسطي للنكليدات المشعة على الأرض مقدراً بـ كيلو بكرل/م$^2$

$CF_{ground,t}$: معامل تحويل يعبر عن الجرعة الخارجية والجرعة الداخلية (التي تسببها المعلقات عن طريق التنفس) نتيجة البقاء على أرض ملوثة تلوثاً ثابتاً وغير ثابت خلال فترة زمنية محددة، ويقدر بالميلي سيفرت لكل كيلو بكرل/م$^2$

وفي حال تواجد أكثر من نظير مشع على السطوح الملوثة فإن الجرعة الفعالة تمثل مجموع الجرعات الفعالة لكافة النظائر المتواجدة. حيث توجد معاملات تحويل تعطي الجرعة الفعالة بالميلي سيفرت (mSv) الناجمة عن واحدة التلوث السطحي مقدراً بـ كيلو بكرل/م$^2$ لكل نظير بشكلٍ مستقل.

يسلك السترونسيوم في الجسم سلوكاً مشابهاً للكالسيوم حيث يتوضع بشكل نهائي في العظام مما يؤدي إلى حدوث سرطان نقي العظام كونه يتمتع بعمري نصف بيولوجي $T_b$ (49.32 سنة) وفيزيائي $T_r$ (29 سنة) طويلين نسبياً. ويقدر عمر النصف الفعال عملياً من خلال العلاقة

$$T_e = \frac{T_r \, X \, T_b}{T_r + T_b}$$

$$T_e = \frac{29 \, X \, 49.32}{29 + 49.32} = 18.26 \, Y$$

ويدخل السترونسيوم إلى الجسم عن طريق التنفس والابتلاع أو الجروح، فمثلاً يدخل عبر التنفس ويتركز في العضو الهدف من الجسم بمعامل نسيج مرجح يختلف من عضو لآخر ويقدر للرئة بـ 0.12 وعليه فإن جرعة نسج الرئة التي تعطي الجرعة السنوية هي:

20 ميلي سيفرت / 0.12 = 167 ميلي سيفرت

تدخل الجرعة الداخلية الناتجة عن التنفس ضمن المعامل ($CF_{ground,t}$)، الذيُ تحسب من خلاله الجرعة الفعالة عند المكوث على أرض ملوثة لمدد زمنية محددة.

إن تناول كمية متوازنة من الأغذية الحاوية على الكالسيوم والبروتين وفيتامين (د) بإمكانه أن يخفف كثيراً من امتصاص السترونسيوم في الجسم. ويفضل تناول الكالسيوم على شكل أقراص أو حقن وريدية كونها تعمل على زيادة طرح السترونسيوم في البول. هذا ومن المفيد في حال تلوث الجروح إضافة 1 غرام من مادة (Calcium rhodizonate) التي تقوم بترسيب السترونسيوم وجعله غير منحل ومنع امتصاصه إلى داخل الجسم، ويجب أن تكون المعالجة سريعة وذلك خلال فترة أقل من 15 دقيقة بعد الابتلاع. وكما يستعمل ملح لاكتات السترونسيوم في حال التلوث الداخلي حيث يعطى على شكل أقراص (300 ميلي غرام) يومياً لعدة أسابيع أو على شكل حقن وريدية (600 ميلي غرام).

## قياس جرعة الأشعة UVA بواسطة الكاشف الهلامي المتلون بالإشعاع

تعد الأشعة فوق البنفسجية ضارة للمتعضيات الحيوية حيث أن لها القدرة على تحريض تفاعلات كيميائية حيوية. إن الأشعة UVA (315-400 نانومتر) هي الجزء الرئيسي من الأشعة فوق البنفسجية الشمسية (حوالي 97% قيست عند سطح البحر عند خط العرض 52 درجة شمالاً). وبسبب وجود نسبة عالية من الأشعة فوق البنفسجية UVA في الأشعة UV الطبيعية، إضافةً إلى الاختراق الكبير لهذه الأشعة لنسيج الجلد البشري بالمقارنة مع الأشعة UVB (285-315 نانومتر)، وقد بينت النشرات العلمية أن للأشعة UVA دوراً هاماً في نقصان مناعة الجسم وحتى في تخريب الـ DNA وتسرطن الجلد البشري، وفي إحداث تجاعيد الجلد وتقرنه وشيخوخته المبكرة. إن للكاشف الهلامي المتلون بالإشعاع FXG تطبيقات واسعة في قياس جرعة الأشعة السينية وأشعة غاما وقياس الجرعة ثلاثية الأبعاد، غير أن التجارب أثبتت أن لهذا الكاشف تطبيق هام في قياس جرعة الأشعة فوق البنفسجية UVA. في الحقيقة، تطبق العديد من المركبات الكيميائية في قياس جرعة الأشعة UVA وذلك بفضل فعاليتها الكيميائية. لقد تم التحقق تجريبياً من أن مادة الهلام المتلون بالإشعاع FXG تمتلك سلوكاً خاصاً عند تعرضها للأشعة UVA؛ وقد وجد أن العلاقة بين جرعة الأشعة UVA وتغير امتصاص الضوء المرئي تتبع معادلة من الدرجة الثانية وبدقة مناسبة. إن أهمية تطبيق هذا النوع من الكواشف تكمن في قدرته على كشف سويات منخفضة من الأشعة وعند معدلات تشعيع تماثل سويات الأشعة UVA الشمسية الطبيعية؛ إضافةً إلى أن التغير اللوني الحاصل في مادة الهلام نتيجة التعرض للأشعة UVA يحدث في المجال المرئي أي أنه من الممكن تخمين الجرعة بالعين المجردة. تم تقصي خواص الامتصاص الضوئي للهلام والخطية والتفاعل المتحرض بعد نهاية التعريض والثباتية الزمنية والإشعاعية عند سويات مختلفة لمعدل الجرعة. وقد تبين أن العلاقة بين جرعة الأشعة UVA والتغير في الامتصاصية الضوئية مستقلة عن معدل التعرض للأشعة UVA والذي يتضمن سوية الأشعة UVA الشمسية العظمى المقاسة عند مستوى سطح البحر. تمتص مادة الهلام FXG أكثر من 90% من الأشعة UVA في سماكة 1 سم، ونحتاج إلى سماكة 2 سم من مادة الكاشف لاعتبار حدوث الامتصاص الكلي. إن معامل الخطية، وعند حدود متدرجة تتضمن مستوى الأشعة UVA الشمسية الطبيعية، قريب جداً من الواحد وباختلاف إحصائي أقل من 2%. يستمر التفاعل المتحرض في الظلام لمدة أربع دقائق تقريباً بعد نهاية التشعيع بالأشعة UVA، وهذا ما يجب أخذه بعين الاعتبار لأنه يزيد في قيمة الارتياب المرافق لنتيجة القياس. من جهة أخرى، يمتلك الكاشف الهلامي ثباتية زمنية جيدة حتى تحت تأثير تعرض شديد للأشعة UVA؛ ويبقى امتصاص الهلام في المجال الطيفي للأشعة UVA ثابتاً حتى بعد جرعات عالية.

## تعليمات عامة لتجنب التلوث الإشعاعي في المخابر الإشعاعية

يجب على مسؤولي الوقاية الإشعاعية في المخابر مراعاة الأمور التالية للتقليل من احتمالات حصول التلوث الإشعاعي، والتأكيد على جميع العاملين في المخابر للتقيد التام بها:

1. استخدام ملابس مخبرية خاصة (ملابس عمل) في المخابر الإشعاعية وعدم إخراجها من المخابر.
2. إجراء العمليات المخبرية والتجارب في المناطق المخصصة فقط.
3. عدم نقل وتداول المواد المشعة اللازمة إلا تحت إشراف المختصين.
4. إدخال المواد المشعة اللازمة والضرورية للعملية المخبرية أو التجربة فقط ويفضل إدخال المواد المشعة مادةً مادة .
5. استخدام الأدوات الخاصة والمناسبة لامتصاص (أو شفط) المواد المشعة أثناء القيام بالتجارب وعدم استخدام الفحم بتاتاً لهذه الغايات.
6. وضع النفايات المشعة (الصلبة والسائلة) في الأماكن المخصصة لها وحفظها جيدا وترقيمها ووسمها.
7. تعد المناديل والقفازات وما بحكمها نفايات مشعة، ومراعاة قلب القفازات من الداخل إلى الخارج عند نزعها حتى لا يصل التلوث إلى الأيدي.

8. منع الأشخاص المصابين بجروح في الأيدي – أسفل المرفق- من التعامل مع المواد المشعة.
9. منع إدخال المواد الغذائية والمشروبات إلى المخابر وكذلك منع التدخين وإدخال المساحيق أو مواد وأدوات التجميل.
10. يجب أخذ قياسات إشعاعية للأدوات والمعدات والأواني المستخدمة في المخابر بشكل دوري وكذلك المناطق المختلفة التي يتم فيها أي ممارسات إشعاعية أو تجارب تستخدم فيها المواد أو العناصر المشعة.
11. بعد الانتهاء من العمل وفي كل يوم التأكد من خلو كل من :
    - اليدين والرجلين والملابس من اية تلوثات اشعاعية، والأخذ بالتدابير الصحيحة عند وجود التلوث.
    - ملابس العمل والأجهزة والمقاييس المستخدمة من اية تلوثات إشعاعية.
12. غسل اليدين والوجه جيداً واستخدام مواد التنظيف والمحاليل المناسبة عند الضرورة .
13. إعادة أجهزة القياس الى الاماكن المخصصة لها بعيدا عن احتمال اية تلوثات ممكن ان تحصل لها .

## الآثار الاشعاعية على الجنين

من الممكن أن تتعرض المضغة أو الجنين من خلال مادة مُشعة انتقلت الى الأم عن طريق الغذاء او المياه (تعرض داخلي) أو مباشرة من خلال التعرُّض الخارجي. وبما أن الجنين محمي في الرحم، فإن جرعته الإشعاعية تميل لأن تكون أقل من جرعة الأم في كثير من حالات التعرُّض الاشعاعي. ومع ذلك تكون المضغة أو الجنين حساسة للإشعاع والعواقب الصحية، ومن الممكن أن تكون حادة حتى عند جرعات إشعاعية أقل من تلك التي تؤثر على الأم. ويمكن أن تشمل هذه العواقب تأخر النمو والتشوهات وإختلال وظائف المخ والسرطان وتطوير الثدييات في الرحم تقع تقريباً في ثلاث مراحل. ومن المعروف أن الإشعاع قد يقتل الجنين في الرحم في المرحلة الأولى التي تستمر من الحمل حتى نقطة استقراره في جدار الرحم حيث يشمل أول أسبوعين من الحمل عند البشر، ومن الصعب جداً دراسة ما يحدث في هذه المرحلة. ومع ذلك، فإن المعلومات المتوفرة عن التجارب على الحيوانات تؤكد الأثر المميت على الجنين في وقت مبكر من جرعات إشعاعية فوق عتبات معينة خلال المرحلة التالية، والتي تستمر من الأسبوع الثاني حتى الأسبوع الثامن في البشر. أما الخطر الرئيسي هو أن الإشعاع سوف يؤدي بالأعضاء النامية لتصبح مشوهة، وربما يسبب الوفاة عند ميعاد الولادة. وأظهرت التجارب على الحيوانات أن الأعضاء (مثل العيون والمخ والعمود الفقري) بشكل خاص هي أكثر الأعضاء عرضة للتشوه فقط في حالة التشعع عند لحظة نموهم ويبدو أن التلف الأعظم يحدث في الجهاز العصبي المركزي بعد الأسبوع الثامن، عند بدء المرحلة الثالثة والأخيرة من الحمل. وقد تمَّ إحراز تقدم كبير في فهم آثار الإشعاع على المخ للأطفال الذين لم يولدوا بعد. فعلى سبيل المثال، كان فقط لثلاثين طفلاً من الناجين من القصف الذرّي (اليابان) مجموعة 1600 طفلاً تعرضوا من قبل الولادة الى جرعة 1 غراي لديهم إعاقة عقلية بالغة. وما زال هناك جدل حول ما إذا كان تعرُّض الأجنة لإشعاع يسبب السرطان في مرحلة حياتية لاحقة. وقد فشلت التجارب على الحيوانات من إظهار أي علاقة خاصة.

وحاولت اللجنة العلمية أن تقوم بتقدير المخاطر الكلية على الأطفال الذين لم يولدوا بعد لعدد من الآثار الإشعاعية (الموت والتشوه والإعاقة العقلية والسرطان). ومن مسارات تعرض الجنين للإشعاع المؤين، التعرض الداخلي عن طريق تناول الأمهات المستحضرات الصيدلانية الاشعاعية بهدف المعالجة او التشخيص او عن طريق استهلاك أغذية ملوثة، أو عن طريق التعرض الخارجي من خلال تعرض الأمهات للأشعة السينية او أشعة غاما.

## الدورة التدريبية الوطنية حول الوقاية الإشعاعية في التعرضات الطبية التشخيصية

في إطار الجهود المستمرة التي تبذلها هيئة الطاقة الذرية السورية لرفع سوية الوقاية الإشعاعية في التطبيقات العملية كافة، عقدت الدورة التدريبية الوطنية حول الوقاية الإشعاعية في التعرضات الطبية التشخيصية والعلاجية في الفترة من 8 حتى 10 أيار الجاري بإشراف قسم الوقاية والأمان وبحضور عدد من المشاركين من مختلف القطاعات الطبية في سوريا، تضمن برنامج الدورة عدداً من المحاضرات العلمية التخصصية في المجالات التالية:

1. مقدمة عامة عن المصادر الإشعاعية في الطب والواحدات وتفاعل الإشعاع مع المادة
2. التأثيرات البيولوجية للإشعاع
3. مبادىء الوقاية الإشعاعية في التعرض الطبي
4. المتطلبات الرقابية والتراخيص لمصادر الإشعاع في المنشآت الطبية
5. برنامج المراقبة الفردية للعاملين
6. الوقاية الإشعاعية في التصوير الإشعاعي التشخيصي البسيط والتدخلي
7. الوقاية الإشعاعية في الطب النووي
8. الوقاية الإشعاعية في المعالجة الشعاعية الداخلية والخارجية
9. إدارة ومعالجة النفايات المشعة في الطب النووي
10. دور مسؤول الوقاية الإشعاعية في تعزيز السلامة والأمان من أخطار الإشعاع

تم التركيز خلالها على متطلبات الوقاية الإشعاعية في التعرض الطبي وبما يضمن وقاية المرضى والعاملين وعموم الناس من أخطار الأشعة المختلفة. وقد أجاب السادة المحاضرون على كافة استفسارات المتدربين حول النقاط المطروحة وبخاصة فيما يتعلق بسبل تحقيق الوقاية الإشعاعية من الناحية العملية.

وفي ختام الدورة تم إجراء مناقشة عامة تمنى خلالها المشاركون أن تستمر الهيئة في إجراء الدورات التدريبية التثقيفية الدورية في مجال الوقاية الإشعاعية للأطباء والفنيين الشعاعيين. هذا ويقوم قسم الوقاية والأمان بإجراء العديد من الدورات التدريبية المختلفة دورياً ويمكن الاطلاع على برامج هذه الدورات بزيارة صفحة المركز التدريبي في هيئة الطاقة الذرية على العنوان الإلكتروني التالي: http://www.aec.org.sy/nsttc/

***شارك في هذا العدد:***

***د.محمد سعيد المصري  د. م. يحيى لحفي***
***د. عصام أبو قاسم  إبراهيم عواد***
***محمد الأحمد***

***الإخراج الفني: زهير شعيب***

***للمراسلة:***
***هيئة الطاقة الذرية السورية—قسم الوقاية والأمان***
***دمشق - سوريا - ص.ب 6091***
**هاتف: 00963112132580- فاكس:00963116112289**
**بريد إلكتروني: protection@aec.org.sy**
**الموقع الالكتروني: www.aec.org.sy**


الصفحة 4